

846

L'ESSOR
DES
INDUSTRIES CHIMIQUES EN FRANCE

RESSOURCES ET AVENIR

DE CES

INDUSTRIES

Industries Chimiques Étrangères

PAR

EUGÈNE GRANDMOUGIN

INGÉNIEUR-CHIMISTE (E. C. M.)
DOCTEUR ÈS-SCIENCES
PROFESSEUR DE CHIMIE INDUSTRIELLE

† 5 DÉC. 1941

PARIS (VI^e)

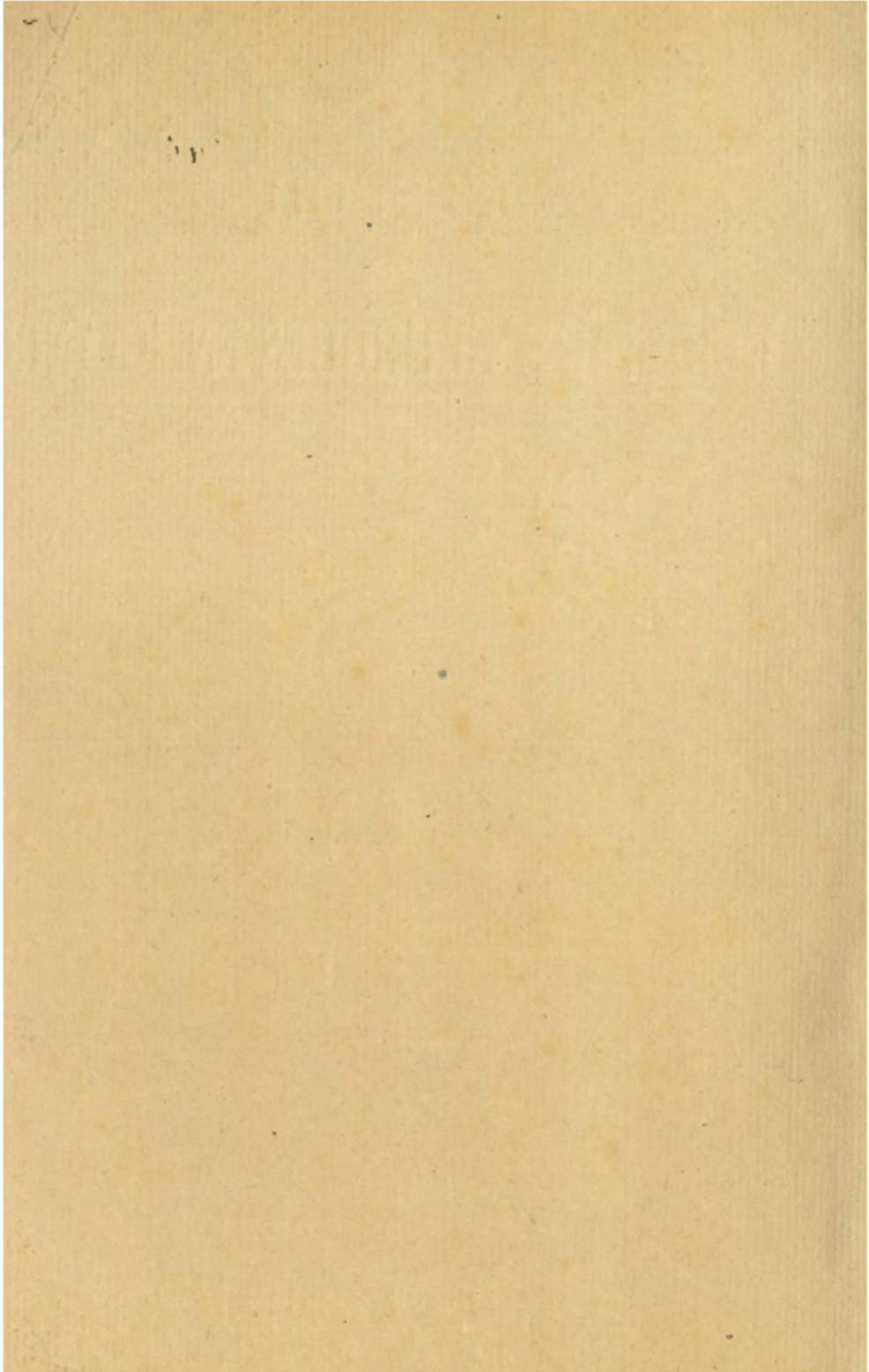
H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

47 ET 49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

1917

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.
Copr. by Dunod et Pinat 1917.





Vit. 15. B

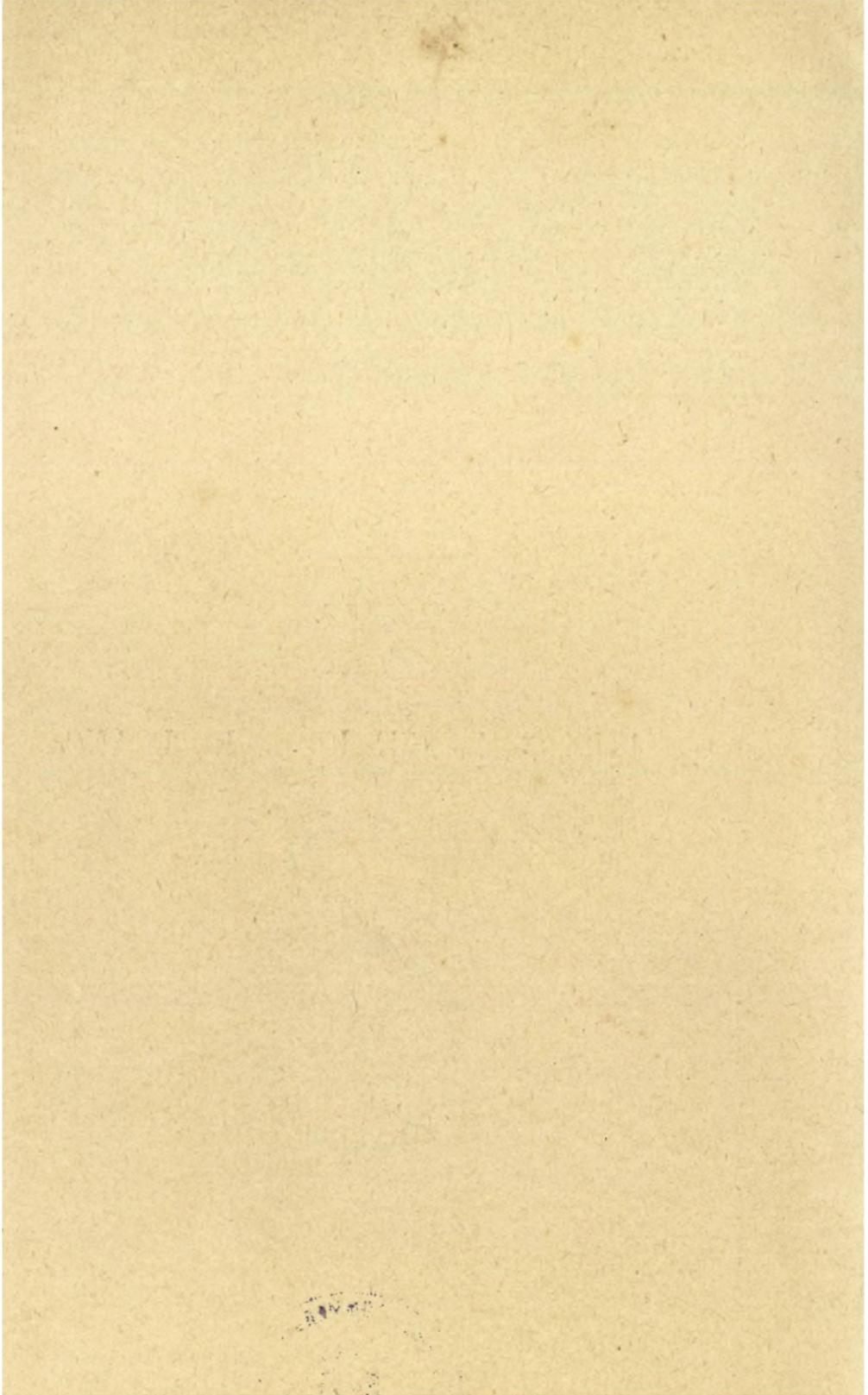


B.M.C. 36

L'ESSOR
DES
INDUSTRIES CHIMIQUES EN FRANCE

15 DEC. 1941





N° Bis 386 299 / -101767

15 DÉC. 1941

L'ESSOR DES INDUSTRIES CHIMIQUES EN FRANCE

RESSOURCES ET AVENIR
DE CES
INDUSTRIES

Industries Chimiques Étrangères

PAR

EUGÈNE GRANDMOUGIN

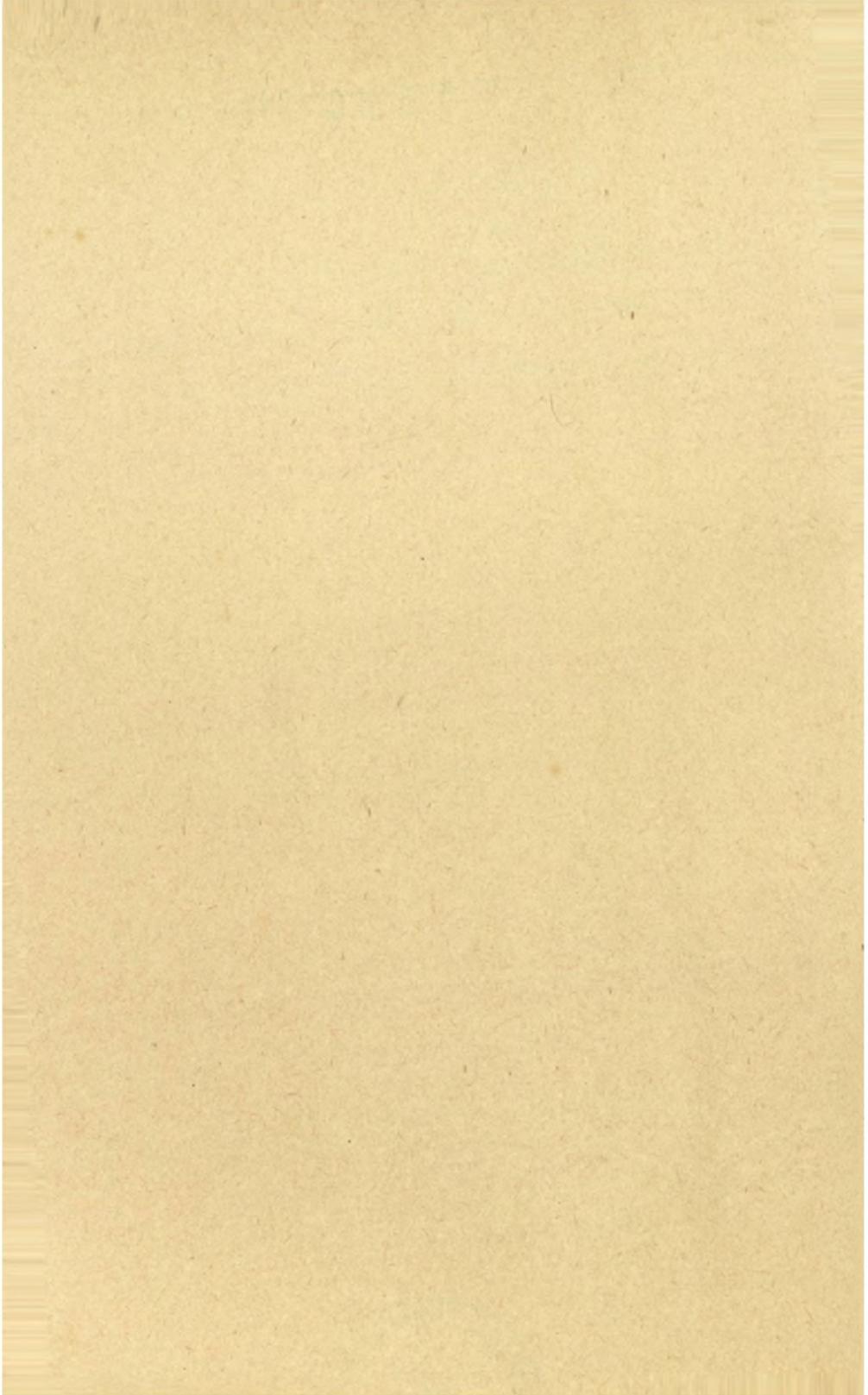
INGÉNIEUR-CHIMISTE (E. C. M.)
DOCTEUR ÈS-SCIENCES
PROFESSEUR DE CHIMIE INDUSTRIELLE

PARIS (VI^e)

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS
47 ET 49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.
© by Dunod et Pinat 1917.





PRÉFACE

Ce livre est né de la guerre et, dans des circonstances moins troublées que celles que nous traversons, sa forme eût été sensiblement modifiée.

Mais on a dit, et avec raison, qu'actuellement un livre valait un acte ; nous n'avons donc pas cru devoir différer plus longtemps la publication de cet ouvrage.

Nous avons attaché la plus grande importance aux documents que nous avons réunis. Ce sont eux qui donnent au livre sa principale valeur. Nous ne nous dissimulons pas toutefois qu'en ce qui concerne le travail de statistique, il est difficile d'atteindre la perfection dans ce domaine.

Aussi est-ce avec gratitude que nous accueillerons tous les renseignements que l'on voudra bien nous communiquer en vue d'une édition future.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont bien voulu nous fournir des indications utiles, en particulier M. Blondel, directeur de la *Revue des Produits chimiques*. C'est dans cette revue que ces études ont d'abord paru avant d'être réunies sous la forme actuelle.

Mon frère, M. Paul Grandmougin, a bien voulu se charger de la rédaction des industries chimiques étrangères qu'il nous a paru intéressant d'annexer à cet ouvrage à titre documentaire.

Nous espérons que ce livre servira à faire comprendre le rôle important que la chimie est appelée à remplir dans l'avenir, et nous serions heureux que notre modeste travail pût contribuer à appeler à la vie une industrie chimique nationale, grande, forte et prospère.

EUG. GRANDMOUGIN.

Paris, février 1916-avril 1917.

INTRODUCTION

Dans les chapitres qui vont suivre, l'auteur se propose de tracer, dans ses grandes lignes, l'avenir de nos industries chimiques en tenant compte aussi bien des ressources naturelles de notre pays que des progrès et des perfectionnements réalisables dans les divers domaines industriels. Si dans certains de ces domaines, et notamment dans les industries inorganiques, notre industrie chimique occupait un rang digne de son passé et maintenait son prestige, on ne peut nier un certain recul pour les industries organiques en particulier, et il nous faudra progresser sérieusement pour faire aussi bien que nos concurrents.

Tout en tenant compte du fait que la France est, avant tout, un pays agricole, il faut néanmoins développer notre industrie de façon à couvrir tous nos besoins et cela sans industrialiser notre pays à l'excès. Ce but pourra être atteint en utilisant au mieux nos richesses naturelles et en tenant compte, plus que par le passé, des progrès incessants de la chimie pure et appliquée. Il s'agit, en somme, d'obtenir le plus grand rendement possible avec le moins de main-d'œuvre — qui sera forcément diminuée par la guerre — en modernisant les installations existantes et en les transformant d'après des données scientifiques. Dans d'autres cas, il faudra s'appliquer à créer de toutes pièces de nouvelles

industries pour éliminer la concurrence étrangère et éviter des importations onéreuses.

Enfin le développement pris par certaines industries du fait de la guerre, comme la fabrication de l'acide sulfurique par exemple, demande qu'on s'occupe, dès à présent, de trouver des débouchés pour l'excédent de ce produit, une fois que les hostilités seront terminées. L'industrie française consommait environ 700.000 tonnes de pyrites avant la guerre, ce qui correspond à un million de tonnes en acide sulfurique ; cette consommation a sérieusement augmenté pendant la guerre. Il y a surtout la fabrication de l'acide sulfurique fumant qui a pris un développement considérable pour les besoins de la défense nationale. Or, avant la guerre, il n'existait guère d'emplois pour cet acide fumant qui sert surtout pour l'industrie des colorants.

Il en est de même pour l'industrie du chlore liquide, qui était à peu près inexistante avant la guerre, et qui est devenue si importante qu'on estime sa production à près de 10.000 tonnes annuellement. On s'est également vu obligé de monter la fabrication du brome que l'on importait, autrefois, en totalité de l'étranger.

L'auteur a donc été forcément amené à tenir compte de ces faits dans l'exposé qui va suivre. Il faut cependant remarquer, ici, que ce travail se borne uniquement aux grandes lignes des diverses industries, de leurs ressources et de leur avenir et que, pour les détails, il faudra nécessairement avoir recours aux monographies et aux ouvrages spéciaux qui seront cités quand il y aura lieu.

L'ESSOR DES INDUSTRIES CHIMIQUES

I

GÉNÉRALITÉS

Quoique l'état de guerre semble être devenu chronique, il faut espérer quand même arriver, dans un avenir pas trop éloigné, à l'état de paix, le seul favorable pour le développement de toutes les industries. Comme l'a dit, à ce propos, un journaliste : si nous n'avions pas préparé la guerre, ce n'est pas une raison pour ne pas préparer la paix. En effet, la guerre actuelle a démontré, jusqu'à l'évidence, les nombreux inconvénients de l'improvisation si chère à notre pays : les retards considérables dans l'exécution, les frais élevés et même exagérés, les à-coups inévitables et l'infériorité vis-à-vis d'adversaires bien organisés et bien outillés.

Il nous a donc paru intéressant de tracer, dès à présent, un programme concernant nos industries chimiques, programme qui pourrait et devrait être mis à exécution, dès que les hostilités seront terminées. Car le prix élevé de la main-d'œuvre, par suite de sa raréfaction, la cherté des matières diverses et des matériaux de construction en particulier, les délais de livraison à longue échéance, etc., ne sont guère favorables à l'exécution de grandes entreprises pendant l'état de guerre. Nous n'avons nullement la prétention de vouloir, en ces quelques notes, épuiser un sujet aussi considérable que l'industrie chimique avec ses nom-

breuses ramifications. Il sera sans doute suffisant d'esquisser, dans ses grandes lignes, l'avenir de l'industrie chimique, tel qu'il nous apparaît en mettant à contribution toutes les ressources naturelles du pays et les expériences techniques et scientifiques diverses encore insuffisamment mises à profit dans notre industrie. C'est, si l'on veut, une espèce d'inventaire des richesses que nous allons dresser en exposant la manière rationnelle de les utiliser, au mieux des intérêts généraux et particuliers.

Une pareille étude sera forcément imparfaite et comportera, nécessairement, une large part d'hypothèses sujettes parfois à des aléas considérables. Cela tient, d'une part, à ce que la transformation industrielle, telle que nous la concevons, ne peut s'effectuer immédiatement, mais qu'elle demandera de nombreuses années avant d'arriver à une réalisation complète. D'autre part, comme les opérations militaires ne sont pas terminées, et qu'une partie des départements industriels du Nord et de l'Est sont encore envahis, il ne faut pas se dissimuler que les ruines seront nombreuses et qu'il faudra un temps assez considérable pour rétablir les usines, endommagées ou détruites, dans leur intégrité et leur plein rendement. Enfin, si l'Alsace-Lorraine doit faire retour à la France, elle sera un appoint considérable, non seulement au point de vue industriel, mais aussi, et surtout, au point de vue des richesses du sous-sol : fer, potasse, pétrole et sel. Certains optimistes escomptent même l'acquisition du bassin houiller de la Sarre. Il nous a semblé prudent de ne pas tenir compte, provisoirement, de ces richesses qui, si elles doivent nous revenir, ne sont pas encore réalisées. Nous nous contenterons d'indiquer, quand il y aura lieu, l'importance de ces acquisitions possibles et l'influence qu'elles pourront exercer sur nos industries.

* * *

Mais pour établir une industrie florissante — et les considérations qui vont suivre s'appliquent, du reste, à l'industrie tout court — il nous faudra ; des hommes, de l'argent, du temps, du travail et de la méthode.

Des hommes d'abord, et en quantité et en qualité. La mise en valeur de notre empire colonial et de la France elle-même, qui pourrait nourrir le double d'habitants qu'elle possède, n'est possible qu'avec un élément humain nombreux. Il faut espérer que la femme française qui, elle aussi, était devenue partisan du moindre effort en maternité, aura compris la terrible leçon de la guerre et saura remplir, à l'avenir, les devoirs de sa fonction physiologique. La qualité ensuite. Il importe que l'on comprenne enfin, chez nous, la valeur des spécialistes et que, contrairement à l'opinion courante, n'importe qui n'est pas bon à n'importe quoi. Il faut réformer nos méthodes d'enseignement défectueuses qui poursuivent le but chimérique de former des hommes que l'on peut mettre n'importe où, des encyclopédistes pouvant servir à tout et, par le fait même, propres à rien.

Ce qu'il nous faudra surtout, ce sont des grands chefs d'industrie, des hommes n'abusant pas de l'artifice et des habiletés et n'ayant que du savoir-faire, dépouillés des petitesesses inhérentes à notre race : l'économie exagérée, l'esprit mesquin, tâillon et procédurier. Des chefs, enfin, ayant le savoir, l'autorité, la méthode, équitables pour leurs employés et leurs collaborateurs, ne visant pas uniquement aux résultats immédiats, mais capables d'envisager un problème d'une grande envergure, voyant juste, grand et loin.

Quant à l'argent, si la France est, par définition, le banquier du monde, il faudra précisément pour cela une réforme profonde de notre système bancaire et de la mentalité de nos capitalistes.

Il nous faudra, enfin et surtout, du travail et du temps. Il faut bien se pénétrer de l'idée que, pour rattraper l'avance que nos concurrents et nos adversaires possèdent par quarante ans d'un labeur acharné, il ne suffira ni de quelques mois, ni même de quelques années. Si cela était, ce serait la faillite du travail. Armons-nous donc de patience, de ténacité, d'obstination, de toutes ces qualités que la guerre d'usure actuelle nous a enseignées et persuadons-nous bien que l'effort méthodique et continu vient à bout de toutes les difficultés.

La refonte de nos méthodes industrielles n'ira, évidemment, pas sans le remaniement complet et parallèle de nos méthodes

et moyens commerciaux. Le nouvel esprit, qui doit nous animer, devra, en effet, exercer son action sur tous les domaines de notre activité. C'est la condition *sine qua non* de la réussite et du triomphe.

C'est pourquoi il nous faudra accorder à l'étude des problèmes commerciaux une attention toute spéciale. Nous devons outiller largement nos moyens de transport et les mettre à la disposition de nos industries dans des conditions qui permettront à celles-ci de lutter efficacement contre nos concurrents. Il faudra augmenter l'outillage de nos ports qui ne doivent plus être des culs-de-sacs, où les marchandises iront s'entasser, mais les pores de notre organisme industriel et commercial rénové et par où notre commerce et notre industrie respireront largement. Cela leur permettra de reconquérir non seulement les marchés perdus, mais de nous approvisionner aussi en matières premières indispensables. Le complément de l'outillage de nos ports sera le développement de notre marine marchande où, plus que partout ailleurs, les intérêts politiques et particuliers devront disparaître devant l'intérêt général. Il faudra donner une impulsion vigoureuse à notre navigation fluviale. Nous avons déjà le réseau de canaux le plus développé de l'Europe. Tâchons de le conserver et de l'améliorer encore, si possible.

En prévision de la paix à venir, sachons, dès maintenant, nous ménager avec nos alliés des traités commerciaux qui consacreront les excellentes dispositions d'esprit et d'entente actuelles. Au moment de la paix, il faudra imposer à nos adversaires des tarifs de douane, non pas improvisés, mais bien étudiés, dont les différentes taxes ne correspondent pas uniquement à la protection des intérêts particuliers, mais à la protection raisonnée d'une ou de plusieurs industries déterminées, dont la modalité aura fait l'objet d'une étude préalable extrêmement sérieuse.

Il nous faudra, enfin, remanier la loi des brevets et certaines lois ouvrières. Nous ne pouvons entrer ici dans des détails. Mais il est peut-être nécessaire de faire remarquer qu'on devra se méfier des improvisations législatives qui, sous une apparence anodine, ont parfois des répercussions profondes sur notre vie économique.

LES COMBUSTIBLES ET LEURS SOUS-PRODUITS (1)

Une question primordiale pour les industries chimiques et métallurgiques, et pour l'industrie en général, est la question des combustibles.

Sous ce rapport, la France n'est guère bien partagée : elle ne produit, en effet, qu'environ 40 millions de tonnes de houille annuellement (40.394.177 tonnes en 1912 ; 40.129.410 tonnes en 1913) et 800.000 tonnes de lignite (751.000 tonnes en 1912 ; 792.793 tonnes en 1913). On ne peut naturellement tabler sur la production actuelle, qui est diminuée de près de deux tiers par suite de l'envahissement des départements du Nord et du Pas-de-Calais. Les quantités produites en temps normal étant insuffisantes, il fallait importer pour les usages industriels et domestiques : 3.700.000 tonnes de houille allemande, plus de 11 millions de tonnes de houille anglaise (11.257.000 tonnes) et 3.670.000 tonnes de Belgique, en 1913, sans compter les importations de coke nécessaire à l'industrie sidérurgique.

Voici du reste comment se répartissaient les 60 millions de tonnes de houille consommées en France (pour 1911) :

(1) Bibliographie : *Combustibles industriels*, par FÉLIX COLOMER et CHARLES LORDIER (1906). *La fabrication du coke et les sous-produits de distillation de la houille*, par ADRIEN SAY (1912).

Chemins de fer	7.650.000 tonnes
Usines à gaz.....	4.931.000 »
Marine marchande	1.282.000 »
Industries diverses	18.195.000 »
Métallurgie.	10.911.000 »
Mines.....	4.931.000 »
Usages domestiques	11.110.000 »
Total	<u>59.010.000</u> »

La France est donc tributaire de l'étranger pour son approvisionnement en houille, ce qui met ses industries métallurgiques et chimiques dans une position d'infériorité vis-à-vis de ses concurrents et voisins, et notamment de l'Allemagne et de l'Angleterre.

Nous n'examinerons pas ici la question de savoir si la production des mines françaises ne pourrait être augmentée, au point de couvrir la consommation indigène, ce qui serait avantageux à bien des points de vue, mais qui irait sans doute à l'encontre d'intérêts particuliers très considérables. L'argument principal contre cette élévation de production est, à part la pénurie de main-d'œuvre, surtout le faible montant de la réserve française, estimée à 17 milliards de tonnes, alors que l'Allemagne possède encore, d'après des estimations sans doute un peu aléatoires, environ 300 à 400 milliards de tonnes.

Il semble toutefois que l'on pourrait augmenter la production de lignite, qui est un combustible de valeur inférieure à la houille, mais qui peut donner néanmoins, dans bien des cas, des résultats satisfaisants. La production indigène a été, avant la guerre, de 792.793 tonnes. Faut-il faire remarquer, à ce sujet, que la production allemande s'élève à plus de 80 millions de tonnes (87.116.000 tonnes en 1913), ce qui indique la valeur industrielle de ce combustible.

Enfin, la France possède des tourbières, notamment dans la vallée de la Somme, dans les Vosges et les Ardennes et, si ce combustible ne peut concurrencer sérieusement la houille ou le lignite, il constitue cependant une réserve d'énergie latente digne d'intérêt.

Certains optimistes pensent que le bassin de la Sarre pourrait être annexé et qu'il constituerait alors un appoint sérieux pour l'industrie française, car sa production est un dixième de la production allemande, c'est-à-dire au moins 15 millions de tonnes annuellement (avec des réserves estimées à 17 milliards de tonnes) ; elle compenserait donc les importations que nous sommes obligés de faire. Il est cependant plus prudent de ne pas tenir compte, dans notre exposé, de faits qui dépendent, avant tout, du succès complet des opérations militaires.

La pénurie de combustibles constatée se fait d'abord ressentir dans l'industrie sidérurgique et nécessite l'importation d'une quantité considérable de coke métallurgique (environ 3 millions de tonnes). Une certaine quantité est, il est vrai, produite en France, soit environ 2.750.000 tonnes, mais il faut insister sur le fait que, jusqu'à présent, la carbonisation ne se fait qu'en partie avec récupération des sous-produits, comme dans les mines de la Loire, de Lens et de Béthune notamment. Or, il faut, de toute nécessité, arriver à la récupération des sous-produits de la totalité de la houille carbonisée, pour ne pas gaspiller le combustible qui nous est déjà mesuré d'une façon aussi parcimonieuse. On ne compte, en effet, en France qu'environ 2.000 fours à coke avec récupération des sous-produits alors qu'en Allemagne ce chiffre s'élève à près de 30.000.

Il ne peut entrer dans notre idée de traiter ici la réalisation technique d'un problème qui comporte plusieurs solutions. Que l'on donne la préférence aux systèmes Evence Coppée, Semet-Solvay, Koppers, Otto-Hoffmann, Hilgenstock ou autres, l'important est qu'il ne se perde aucun calorique ni aucun produit qui puisse être condensé.

Si nous admettons que l'on carbonise, comme avant la guerre, 4 millions de tonnes de houille, il est facile de faire le compte des produits que l'on pourra obtenir. On peut estimer que, par tonne de houille carbonisée, on recueillera 100 mètres cubes de gaz excédent qui ne servira pas au chauffage des fours, 40 kilos de goudron, 12 kilos de sulfate d'ammoniaque et, si l'on possède une installation pour le lavage des gaz, environ 5 kilos de benzol. Ces chiffres sont des moyennes qui, dans certains

cas, peuvent être dépassés ; dans d'autres, ils ne seront peut-être pas atteints ; en tous les cas ils n'ont rien d'exagéré.

On obtiendra donc : 2.800.000 tonnes de coke métallurgique, 400 millions de mètres cubes de gaz, 160.000 tonnes de goudron, 48.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque et, enfin, 20.000 tonnes de benzol.

Il faut ajouter à ces chiffres les produits résultant de la carbonisation de la houille dans les usines à gaz ; il s'agit d'une quantité légèrement supérieure, soit environ 4.495.000 tonnes (en 1912). En prenant comme base 4 1/2 millions de tonnes, on voit qu'en dehors de 1.350 millions de mètres cubes de gaz d'éclairage et de chauffage (à raison de 300 mètres cubes par tonne de houille) on obtiendra encore 225.000 tonnes de goudron (en comptant un rendement de 50 kilos par tonne) et 45.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque.

Le débenzolage du gaz d'éclairage n'est pas une opération courante en temps normal. Le fait de guerre a amené les usines à gaz des villes de Paris, Lyon, Bordeaux et Marseille à faire cette opération et elles obtiennent, par ce fait, 6.000 tonnes de benzol et 2.000 tonnes de toluène annuellement. Il est possible que quelques autres usines suivent encore dans cette voie, mais cette opération est forcément limitée aux grandes installations. Elle a, en outre, l'inconvénient de diminuer le pouvoir calorifique du gaz d'environ 10 0/0 et il ne faut donc pas encourager un procédé qui n'offre d'intérêt que par suite des conditions particulières que nous traversons.

D'autre part, les 400.000 tonnes de goudron obtenues fourniront par distillation 6.000 tonnes de benzol (1 1/2 0/0 environ), de telle sorte qu'on arrive à un total de près de 35.000 tonnes de benzol brut en admettant que l'on continue à débenzoler le gaz d'éclairage après la guerre et que l'on distille la totalité du goudron produit en France. Cela ne paraît pas probable puisque ce produit trouve encore d'autres applications (cartons bituminés, goudronnage des routes, coaltarisation diverses, etc.).

Les chiffres qui viennent d'être cités ne sont évidemment qu'approximatifs. Cela tient d'abord aux rendements variables, obtenus avec des houilles de qualité et d'origine différentes et

ensuite au procédé de carbonisation. Ainsi, tandis que la distillation de la houille dans les cornues à gaz fournit de 5 à 6 0/0 de goudron, cette proportion tombe de 2 1/2 à 4 0/0 dans les fours à coke; si la distillation se fait dans les fours à chambre, comme c'est le cas dans les grandes usines à gaz, on obtiendra des rendements intermédiaires.

On comprendra donc que les estimations peuvent varier dans de certaines limites. Ainsi, M. Fleurent est arrivé à estimer la quantité de goudron susceptible d'être produite annuellement en France à 472.000 tonnes (1), donc à un chiffre un peu supérieur à notre évaluation qui, comme on le voit, n'a ainsi rien d'exagéré.

Enfin, par distillation du goudron, on obtient encore d'autres matières premières : phénols, naphthaline, anthracène, pyridine, etc., intéressantes pour les industries organiques, puis notamment aussi 80.000 tonnes d'huiles de goudron pouvant servir pour les moteurs et d'autres emplois. Si, enfin, au lieu d'importer annuellement 3 millions de tonnes de coke étranger, cette quantité pouvait être produite également chez nous avec récupération des sous-produits, on verrait s'augmenter les productions en gaz, benzol, goudron et sulfate d'ammoniaque dans des proportions importantes.

Les gaz produits dans les fours à coke ne sont généralement pas épurés par voie sèche, comme cela se pratique pour le gaz d'éclairage. Il y aurait peut-être lieu de les purifier d'après certains procédés plus récents (procédé Bueb) en vue de récupérer le cyanogène qui y est contenu. Ces masses ou boues d'épuration peuvent servir de matières premières pour la fabrication des cyanures, ferrocyanures et sulfocyanures. En présence de l'emploi considérable des cyanures, il y a là une matière résiduaire digne d'intérêt.

Il est bien évident que les quantités ainsi obtenues sont faibles quand on les compare à la production allemande. L'Allemagne carbonise 32 millions de tonnes de houille pour

(1) *Les industries chimiques en France et en Allemagne*, p. 75 (Berg et Levrault).

produire du coke métallurgique et 8 millions pour le gaz d'éclairage. Elle peut donc produire annuellement 1 1/2 million de tonnes de goudron, près de 250.000 tonnes de benzol et 550.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque.

Mais on ne peut établir de comparaison entre l'Allemagne et nous, car ce pays possède des houillères considérables et extrait annuellement de son sous-sol près de 200 millions de tonnes de houille (191.511.000 tonnes en 1913), c'est-à-dire à peu près cinq fois autant que la France. Nous verrons, du reste, par la suite, les moyens pour remédier à cette infériorité en utilisant d'autres ressources.

On peut, évidemment, regretter, au point de vue de l'industrie chimique, que le rendement en produits condensables n'excède pas 4 à 5 0/0 du poids de la houille carbonisée. Et l'on peut se demander si, à ce point de vue spécial, il n'y aurait peut-être pas intérêt à transformer la totalité de la houille en goudrons, par exemple, de façon que ceux-ci ne soient plus un sous-produit mais le produit principal. Dans l'industrie du gaz, le problème ainsi posé a été réalisé et la gazéification complète de la houille sous forme de gaz pauvre, de gaz mixte ou de gaz à l'eau sont autant de solutions diverses de ce problème. Pour les produits condensés, le problème n'a pas encore été réalisé industriellement. Il ne semble pas impossible d'y parvenir, mais nous ne pensons pas qu'il y ait lieu d'envisager pour le moment l'exécution de ce programme, et nous n'insisterons donc pas sur la voie qu'il faudrait suivre pour arriver à ce but. On pourrait, soit dit en passant, préparer du carbure de calcium avec la houille, puis polymériser, par un procédé approprié, l'acétylène obtenu par décomposition du carbure par l'eau. Il ne paraît même pas impossible de diriger la condensation de façon à faire prédominer dans le produit final, qui sera forcément un mélange, l'un ou l'autre composant plus particulièrement intéressant.

Cette fabrication n'aurait de l'intérêt que le jour où la France se trouverait, par suite de conditions particulières, — un blocus par exemple — obligée de tirer de son sous-sol tout ce dont elle pourrait avoir besoin pour se défendre.

Mais, en temps normal, il n'y a pas lieu de s'émouvoir de la faible production française en sous-produits dérivés du goudron de houille qui, du reste, ainsi que nous aurons encore l'occasion de le démontrer par la suite, suffirait parfaitement pour une industrie nationale des matières colorantes et des produits pharmaceutiques.

Cet emploi ne représenterait, en effet, qu'une fraction de la consommation en benzol, dont la plus grande partie sert pour les moteurs, comme dissolvant, etc. En Allemagne, où l'industrie organique est particulièrement développée, on estime que 30 0/0 seulement des benzols sont employés par cette industrie et 70 0/0 pour d'autres usages.

Avant la guerre, la France ne produisait guère plus de 15.000 tonnes de benzol et était obligée d'en importer de fortes quantités. Elle s'adressera à l'avenir à ceux qui en auront un excédent. Car si l'on songe que les Etats-Unis d'Amérique seuls produisent annuellement près de 40 millions de tonnes de coke et qu'on est en train d'y multiplier les installations pour la récupération des sous-produits, il est certain qu'on trouvera ailleurs qu'en Allemagne le complément nécessaire à nos besoins. Il y a, en outre, la Belgique, dont la production en benzol avant la guerre était supérieure à la production française, et aussi l'Angleterre, qui est également en train de transformer son outillage industriel en le modernisant.

Actuellement, la demande en benzol est considérable, parce que l'acide phénique, qui en dérive, est la matière première pour les explosifs modernes. Mais une fois l'état de paix arrivé, il y aura plutôt excès en benzol et produits analogues, au moins pour les besoins de l'industrie chimique. Inutile de dire que ces sous-produits de carbonisation, et notamment les huiles de goudron, garderont toute leur importance pour l'alimentation des moteurs à explosion et c'est surtout dans cette voie que nous apercevons leur emploi qui ira en s'accroissant de plus en plus.

Le gaz, formé lors de la carbonisation de la houille dans les fours à coke, constitue également une source d'énergie considérable. Nous avons estimé sa production avec les houilles cokéi-

fiées en France à au moins 400 millions de mètres cubes, d'un pouvoir calorifique d'environ 4.000 calories. Il trouvera son emploi pour la production de force motrice, pour le chauffage et même, après épuration, pour l'éclairage des cités avoisinant les usines de fours à coke.

Nous ajouterons que, d'après les calculs faits précédemment, la production de sulfate d'ammoniaque, obtenu lors de la carbonisation de la houille, s'élèverait à près de 85.000 tonnes. En y ajoutant le produit obtenu par le traitement des eaux-vannes, vinasses de betteraves, etc., on pourrait arriver à près de 100.000 tonnes. Cette quantité dépasse de près de 30.000 tonnes la production actuelle, qui n'est que de 70.000 tonnes environ (68.500 tonnes en 1912). Comme la fabrication de cette quantité excédente exigerait pour le moins 35.000 tonnes d'acide à 53°, on voit que la récupération complète de l'ammoniaque aurait aussi l'avantage d'utiliser une certaine quantité de l'acide sulfurique qui sera en excès après la guerre.

Il importe, toutefois, de signaler que, dans les procédés actuels de carbonisation, un cinquième seulement de l'azote ou de la houille est récupéré sous forme d'ammoniaque. On en obtiendra, par contre, près des trois quarts en gazéifiant complètement la houille et en lavant les gaz obtenus. Ce procédé offre un intérêt incontestable pour utiliser les menues houilles, les déchets de laveries et autres résidus inutilisables comme combustible. Il sert notamment en Angleterre (procédé Mond) et mériterait d'attirer l'attention de nos techniciens. On obtient, par ce procédé, de 25 à 40 kilos de sulfate d'ammoniaque par tonne de combustible et une proportion variable d'un gaz pauvre utilisable pour la production de force motrice, par exemple,

Quant à la récupération de l'ammoniaque, elle se fait habituellement par lavage des gaz avec de l'eau dans des scrubbers, mais on est aussi arrivé à absorber l'ammoniaque par l'acide sulfurique après dégoudronnage (procédés Solvay, Otto, Koppers, etc.). En présence de la production considérable d'acide sulfurique disponible après la guerre, il ne nous semble pas, soit dit en passant, que les procédés utilisant le soufre du gaz

pour la formation du sulfate d'ammoniaque (Burkheiser) présentent un intérêt spécial.

Toutefois, la quantité d'ammoniaque obtenue en France comme sous-produit de la carbonisation, même en la portant au maximum possible, ne paraît pas suffisante pour les besoins du pays et notamment pour ceux de l'agriculture. Du reste, la solution du problème de l'azote doit être cherchée par ailleurs et nous reviendrons plus en détail sur cette question dans un des chapitres suivants.

Les tourbières constituent aussi un réservoir d'ammoniaque et en même temps d'énergie latente. En gazéifiant la tourbe dans des conditions particulières, on peut produire un gaz pauvre, qui peut servir, dans des moteurs appropriés, à la production d'énergie, en même temps qu'une notable partie de l'azote peut être recueillie sous forme d'ammoniaque. En présence de la pénurie de notre pays en houille, ce problème mérite de retenir toute l'attention de nos techniciens. Si une solution définitive du problème ne semble pas encore avoir été trouvée, on a cependant obtenu, par ailleurs, des résultats encourageants et qui engagent à persévérer. On estime à 80.000 hectares les gisements de tourbe disponibles. La superficie des tourbières classées se monte à 9.500 hectares, dont 2.000 hectares en Vendée et 1.000 hectares dans les Hautes-Pyrénées.

La France ne possède pas de combustibles liquides et si certains indices permettent de supposer qu'il pourrait y avoir des gisements de naphte (notamment en Algérie), il faudrait, avant tout, procéder à des sondages méthodiques. Le retour de l'Alsace nous fournirait les mines de Pechelbronn fort importantes, dont la production en naphte dépasse 100.000 tonnes annuellement d'une valeur de 7 millions de francs environ. Ce serait autant de moins à importer. Le naphte d'Alsace est un naphte lourd (densité 0,9) qui, à la distillation, fournit au plus 5 0/0 de benzines, 25 0/0 de pétrole lampant et de 65 à 75 0/0 d'huiles minérales et de résidus. Le coke restant lors de la distillation est une matière



première fort prisée dans l'industrie électrique pour la fabrication des agglomérés, électrodes, charbons, etc.

Nous sommes donc tributaires de l'étranger pour tous les dérivés du pétrole. Nos raffineries s'alimentent en matières premières aux Etats-Unis, en Roumanie et en Russie (en 1913 pour 32 millions de francs de naphte brut, sur un total de 165 millions pour pétroles et huiles de schistes).

Toutefois, il faut, autant que possible, remplacer les produits étrangers par des produits indigènes. Ainsi à la benzine, qui sert aux extractions dans les huileries, on pourra, dans certains cas, substituer le tétrachlorure de carbone. On ne peut songer à remplacer l'essence par le benzol, car notre production de ce produit est trop faible, mais il y aurait lieu d'envisager l'emploi de l'alcool carburé, qui a donné de bons résultats ailleurs.

(On utilise actuellement en Allemagne, vu la pénurie d'essence, un mélange de 50 p. alcool, 25 p. benzène et 25 p. pétrole ou de 50 p. alcool et 50 p. benzène avec un carburateur approprié.) Ce serait une excellente utilisation de l'alcool dans le cas où de grandes quantités de ce produit deviendraient disponibles par suite de l'interdiction des boissons alcooliques.

ANNEXES AU CHAPITRE II

Production mondiale en combustibles fossiles (1912) (en tonnes)

	Houille	Lignite
Etats-Unis	464.351.713	—
Angleterre.....	260.416.338	—
Allemagne.....	177.094.917	82.339.583
France.....	40.560.097	751.000
Russie.....	28.802.592	—
Belgique.....	22.983.460	—
Autriche-Hongrie.....	16.336.000	34.380.000 (en 1913).
Indes anglaises.....	14.942.376	—
Nouvelle-Galles du Sud.....	10.044.480	—
Espagne.....	3.454.394	—
Italie.....	360.291	—

Production mondiale du coke (en tonnes)

	1910	1911
Etats-Unis.....	37.838.000	32.252.000
Allemagne.....	23.600.000	25.405.000
Angleterre.....	19.642.000	19.262.000
Belgique.....	3.111.000	3.161.000
Russie.....	2.748.000	3.316.000
France.....	2.688.000	2.911.000
Autriche.....	1.999.000	2.058.000
Canada.....	819.000	849.000
Espagne.....	521.000	516.000
Italie.....	397.000	363.000
Divers.....	3.143.000	—
Total :	<u>96.506.000</u>	—

Importations françaises de combustibles liquides en 1913

	en million de frs.
Huiles de pétrole et de schiste :	
Brutes.....	31.973
Raffinées.....	38.657
Essences.....	68.440
Huiles lourdes et résidus de pétrole.....	<u>25.503</u>
	164 573

HOUILLE BLANCHE ET ÉLECTRO-CHIMIE (1)

Si la France est assez mal partagée, actuellement, au point de vue de la houille noire, il ne faut pas perdre de vue qu'elle possède de la houille blanche en quantités considérables, et c'est surtout dans l'exploitation de cette richesse que nous voyons un des facteurs essentiels de son essor industriel. Il y a plus ; cette réserve naturelle qui est transformable en énergie calorifique, électrique et chimique se trouve en Savoie, dans le Dauphiné et dans les Pyrénées, c'est-à-dire dans des contrées pauvres en combustibles fossiles et ne possédant, en général, qu'une industrie peu développée. On pourrait peut-être ajouter, — et c'est l'expérience qui découle de la guerre actuelle, — qu'il peut y avoir intérêt à posséder une industrie éloignée des contrées qui, dans les chocs périodiques où se heurtent et se heurteront toujours les nations, sont, malgré tout, exposées à l'invasion et à la destruction.

La guerre moderne nécessite de plus en plus le concours de l'industrie, et il est donc prévoyant de posséder des usines suffisamment éloignées des opérations militaires possibles.

La richesse en houille blanche de notre pays est évaluée à près

(1) Bibliographie à consulter : *Les grandes forces hydrauliques des Alpes*, tomes I à VI, publiés par le Ministère de l'Agriculture ; *Service des forces hydrauliques. Région du Sud-Ouest (Pyrénées)*, tomes I et II. *La soude électrolytique*, par A. BROCHET. *L'Ozone et ses applications industrielles*, par H. DE LA COUX (1910).

de 10 millions de chevaux qui sont loin d'être captés et dont la mise en valeur nécessitera des travaux de grande envergure et fort coûteux. Si l'on veut retenir ce chiffre, on verra qu'il représente plus que la force motrice pouvant être fournie par la production annuelle de la houille en France. Ce calcul est facile à établir. En admettant une consommation de 5 kilos de vapeur par cheval et par heure, soit, en 24 heures, 120 kilos, correspondant à une consommation de 15 kilos de houille (1 kilo de bonne houille peut vaporiser dans une installation convenable, 8 kilos d'eau), on voit que 10 millions de chevaux hydrauliques sont équivalents à 150.000 tonnes de houille par jour, soit 45 millions de tonnes par an, chiffre même supérieur à notre production nationale.

Cette quantité d'énergie serait largement suffisante pour l'électrification de toutes les lignes de chemins de fer et pour la production de force motrice dans les usines chimiques et mécaniques. Elle permettrait de développer l'éclairage à l'électricité, si propre, si pratique et si hygiénique, et de diminuer proportionnellement la consommation du gaz pour l'éclairage.

En outre, l'énergie électrique est excessivement utile pour l'exécution des réactions nécessitant une haute température : hauts fourneaux électriques pour la production de la fonte, four électrique pour la fabrication de l'acier, synthèse du carbure de calcium et de la cyanamide calcique, préparation des nitrures, et en particulier de l'azoture d'aluminium, production de l'acide nitrique par combustion de l'air, fabrication du phosphore, du carborundum (siliciure de carbone) et du corindon (alumine cristallisée), pour l'industrie des ferros : ferro-chrome, ferrotungstène, ferro-manganèse, ferro-silicium, etc., pour la préparation de nombreux métaux ou leur affinage : zinc, cuivre, aluminium, sodium, magnésium, calcium, etc.

Beaucoup de ces fabrications sont d'invention française et bien représentées chez nous ; on les développera au fur et à mesure des demandes et des besoins. Quelques-unes seront à installer ou à créer : celle du magnésium, par exemple, car ce métal est nécessaire pour l'exécution de certaines réactions organiques dans l'industrie des produits pharmaceutiques et des parfums

synthétiques ; du calcium, nécessaire à la fabrication de l'hydrolyte (hydrure de calcium) ; du cérium pour la fabrication du ferro-cérium, indispensable pour les briquets.

Mentionnons encore l'industrie du quartz fondu (vitréosil, verre de quartz, etc.) fort précieux pour l'appareillage dans les usines d'acides ; l'industrie des pierres précieuses synthétiques : rubis, émeraude, topaze, saphir, etc. ; la fabrication des métaux pour les lampes à filaments métalliques, en particulier du tungstène.

Le courant électrique est aussi indispensable pour les procédés électrolytiques : fabrication de l'hydrogène et de l'oxygène par électrolyse de l'eau, pour la fabrication de la soude caustique, du chlore et des chlorures décolorants (hypochlorites), l'industrie des chlorates, de l'eau oxygénée et des persels. Dans d'autres cas encore, on utilise l'action chimique du courant : ainsi dans la régénération des sels de chrome pour leur réoxydation en chromates, ou son action réductrice comme pour la réduction des bisulfites en hydrosulfites, de l'acide oxalique en acide glycolique, etc. On emploiera aussi, de plus en plus, les procédés électrolytiques dans les industries organiques : fabrication du p. aminophénol, de la benzidine, de l'iodoforme, etc. Il y a aussi les applications des effluves électriques pour la fabrication de l'ozone (dont les emplois sont multiples), de l'acide cyanhydrique, en partant du méthane, la production des rayons ultra-violetts pour la stérilisation, etc.

Nous aurons encore à revenir, dans le cours de ces études, plus en détail sur plusieurs de ces applications du courant électrique aux industries chimiques.

On ne peut assez insister sur l'utilisation des forces naturelles pour le développement de toutes nos industries, chimiques et mécaniques. Déjà, actuellement, près de 1.200.000 chevaux sont captés dont 300.000 servent pour l'électro-chimie et environ cinq millions pourraient l'être avec des aménagements pas trop dispendieux.

Cette quantité serait certainement suffisante pour nous affranchir des importations étrangères en combustibles, en tenant notre production indigène à son niveau actuel, afin de ne pas accélérer l'épuisement de nos réserves.

Voici pour la région des Alpes, qui pourrait fournir 4 millions de chevaux hydrauliques en eaux moyennes, l'utilisation actuelle des chutes d'eau :

	Chevaux	%
Force et lumière.....	291.000	40
Métallurgie.....	255.000	34
Electrochimie.....	147.000	20
Traction.....	16.000	3
Industries du bois, etc.....	23.000	3
Divers.....	6.000	
Total :	738.000	100

Il faut toutefois faire remarquer que la mise en valeur de nos forces naturelles est intimement liée à celle de l'industrie électrique qui, chez nous, a certainement besoin de se développer d'une façon plus intense. C'est encore un domaine où, hélas ! nous avons été devancés par des voisins plus entreprenants qui ont opéré la mainmise sur la plupart des entreprises électriques. Sachons aussi nous inspirer de ce que font les Américains en utilisant les chutes du Niagara et les Norvégiens dont l'industrie du salpêtre a été patronnée par la banque française. Ce sont des exemples dont il faudrait nous inspirer.

ANNEXE AU CHAPITRE III

Production mondiale du carbure de calcium

	1913 en tonnes
Etats-Unis.....	80.000
Norvège.....	80.00
Suisse.....	40.000
Italie.....	37.500
France.....	34.500
Autres pays.....	100.000
Mondiale.....	372.000

**LES PRODUITS DU SOUS-SOL.
LES RICHESSES MINIÈRES ET NATURELLES (1)**

Ainsi que nous venons de l'exposer sommairement, nous possédons des ressources considérables en houille blanche qui peuvent remplacer, dans bien des cas, celles en houille noire qui nous ont été mesurées d'une façon un peu parcimonieuse. Nous sommes mieux pourvus pour d'autres richesses naturelles, et la France vient en première ligne en Europe avec ses 4 milliards de tonnes de minerais de fer reconnus dans le bassin de Briey, dans le Calvados, dans l'Anjou, en Bretagne, en Algérie et en Tunisie, sans compter les mines de l'Ouenza dont il faut bien espérer qu'elles seront, enfin, mises en exploitation. Le retour à la France de la Lorraine annexée mettrait plus de la moitié de la réserve mondiale en minerais de fer entre nos mains, ce qui assurerait à la France la maîtrise du marché mondial.

Il faut cependant faire observer que cette richesse a été une des principales causes déterminantes de la guerre actuelle, car

(1) Bibliographie à consulter : *L'évolution de la sidérurgie française*, par P. ANGLÈS-D'AURIAC (1912). *Le Haut Fourneau électrique*, par PAUL NICOU (1913). *L'aluminium et ses alliages, ses emplois, sa fabrication*, par AD. MINET. *Les alliages métalliques, étude industrielle*, par L. GUILLET (1906). *Progress des métallurgies autres que la sidérurgie et leur état actuel en France*, par L. GUILLET (1912). *Industries du manganèse, du chrome, du nickel et du cobalt*, par L. OUVIARD. *Industries des métaux secondaires et des terres rares*, par P. NICOLARDOT. *Statistique minérale de la France*, éditée par le ministère des travaux publics, 1912.

les besoins de l'Allemagne en minerais de fer vont en croissant sans cesse, malgré sa production annuelle de 32 millions de tonnes et sa réserve estimée à près de 3.600 millions de tonnes. La France extrait annuellement de ses mines 22 millions de tonnes de minerais de fer divers, dont elle exporte au moins la moitié, car elle ne produit dans ses 117 hauts fourneaux qu'environ 5 millions de tonnes de fonte (la production allemande fut de 19 millions de tonnes, celle des Etats-Unis de 28 millions de tonnes, en 1913). Ce qui limite précisément, chez nous, le développement de l'industrie du fer c'est le manque de combustible déjà signalé plusieurs fois. Sur 5 1/2 millions de tonnes de coke métallurgique nécessaire à notre industrie sidérurgique, 2 1/2 millions environ seulement sont produits par nos moyens et 3 millions devaient être importés, dont près de 2 1/2 millions environ provenaient d'Allemagne. Mais à défaut de houille noire nous avons, on ne peut assez le répéter, de la houille blanche en quantité et qu'il s'agit d'employer au mieux.

Nous ne pouvons, dans une étude qui s'intéresse plus particulièrement aux industries chimiques, donner un développement excessif aux questions électrométallurgiques dont la solution doit constituer un programme pour l'avenir. Il faudra, évidemment, toujours une certaine proportion de carbone pour opérer la réduction de l'oxyde de fer, mais, en employant le courant électrique, on économisera la quantité de combustible bien plus considérable nécessaire à la production de la haute température à laquelle se fait la réaction.

Le rapport entre ces quantités est approximativement de 1 : 2 (on compte pour la production d'une tonne de fonte : 350 kilos de charbon pour la réduction et 650 kilos pour le chauffage), c'est-à-dire qu'au lieu de 5 1/2 millions de tonnes de coke nécessaires actuellement à la production de la fonte, cette quantité pourrait être réduite à moins de 2 millions, ou en employant la même quantité de coke on pourrait tripler la production de fonte. Le minerai de fer ne nous manquerait pas et, par la voie fluviale qui serait à créer ou à améliorer, on pourrait l'amener ainsi que le coke dans les régions de la houille blanche.

Toutefois, il importe de remarquer que le haut fourneau élec-

trique ne peut concurrencer le haut fourneau métallurgique que dans des conditions bien déterminées, lorsque le prix de revient de l'énergie électrique est particulièrement réduit. En tablant sur un prix de 35 francs pour la tonne de coke, le kilowatt-an ne devrait guère dépasser 30 francs environ, ce qui n'est pas toujours facile à réaliser. Il est donc peu probable, qu'à moins de conditions spéciales, on arrive à s'affranchir dans notre pays du haut fourneau métallurgique, tout au moins en partie. Cette question ne se poserait même pas si l'on pouvait, comme le suggèrent certains optimistes, annexer les houillères de la Sarre. La proximité du bassin de Briey permettrait à l'industrie lorraine et à celle des régions avoisinantes d'accroître la production nationale dans des proportions considérables et dans des conditions particulièrement favorables quant au prix de revient.

Cela ne doit pas nous empêcher de donner à nos industries métallurgiques et houillères tout le développement qu'elles sont encore susceptibles de prendre. Il y a notamment aussi la question des sous-produits de l'une et l'autre industrie qui méritent une attention toute spéciale.

Pour l'industrie houillère, nous avons déjà indiqué, dans un chapitre précédent, dans quel sens nous entendions que ce développement se lit.

Pour l'industrie métallurgique, les perspectives paraissent moins étendues. Néanmoins, l'utilisation des gaz des hauts fourneaux a marqué un grand progrès dans l'emploi d'un sous-produit dont le gaspillage, depuis des siècles, représente une somme d'énergie considérable. L'épuration même de ces gaz a donné naissance à des procédés de purification fort intéressants au point de vue de la récupération des corps qui y sont contenus (procédé Walther Feld, par exemple). D'autre part, le laitier des hauts fourneaux et de nos aciéries semble pouvoir être mieux utilisé qu'il ne l'a été jusqu'à présent. Sans parler de l'importance des scories des fours Thomas pour l'agriculture, le laitier courant peut être utilisé pour la fabrication de briques, qui paraissent très estimées par ceux qui les utilisent. La laine de laitier fournit un excellent isolant ; le laitier granulé est une bonne matière de construction et de remblai pour les mines. On a éga-

lement étudié l'emploi du laitier pour la fabrication des ciments.

Il semble sans grand intérêt d'entrer ici dans des détails concernant la transformation ultérieure de la fonte en aciers divers. Mentionnons simplement, pour fixer les idées, qu'environ 3 millions de tonnes de cette fonte donnent de l'acier Thomas, tandis que la production d'acier Martin-Siemens atteint environ 1 1/2 million de tonnes. Une très petite quantité (un peu plus de 100.000 tonnes) est transformée en acier Bessemer, une quantité plus faible encore (30.000 tonnes environ) forme l'appoint donné par les aciers au creuset. Quant à l'acier électrique, sa production ne dépassait pas 15.000 tonnes en 1913, dans 22 fours électriques. C'est surtout ce dernier chiffre que nous aimerions voir augmenter sérieusement par le développement de notre électrometallurgie qui fournirait ainsi des produits de choix et bien payants.

Avec l'essor qu'ont pris nos connaissances métallographiques, le développement de l'industrie des aciers spéciaux s'est trouvé considérablement facilité et leur domaine très élargi. L'erreur cependant, selon nous, fut de généraliser à l'excès l'emploi de ces méthodes, notamment dans la grosse métallurgie. Appliquées à dose convenable, elles sont un moyen d'investigation très précieux. Mais elles ne paraissent, quant à présent tout au moins, pas destinées à remplacer les anciennes méthodes d'essais dont on s'est trop bien trouvé jusqu'ici pour y substituer de nouvelles méthodes qui sont loin d'avoir fait leurs preuves décisives.

Notre territoire est également très riche en *bauxite* que l'on trouve dans le Var, l'Ariège, le Vaucluse et l'Hérault et nous jouissons de ce fait d'une situation privilégiée qui rend les autres pays de l'Europe tributaires de nos mines. La production s'élève à 300.000 tonnes annuellement (304.314 tonnes en 1913) dont une notable partie est exportée par le port de Marseille (80.000 tonnes en 1911).

Cette matière première sert à la fabrication de l'aluminium dont la production est fort importante dans notre pays, car elle s'élève à 18.000 tonnes annuellement (en 1913), soit plus d'un quart de la production mondiale (68.300 tonnes en 1913) (1). Si la fabrication de l'azoture d'aluminium passait dans le domaine des réalisations, il faudrait s'attendre à un développement considérable de l'industrie de ce métal. Car par la préparation de l'azoture, en partant de la bauxite, on provoque non seulement la séparation de l'oxyde de fer, toujours contenu dans la matière première, mais on fixe l'azote de l'air qui est ensuite dégagé sous forme d'ammoniaque. On obtient donc un double résultat : l'alumine nécessaire à la préparation du métal et, en outre, du sulfate d'ammoniaque comme produit accessoire. Nous aurons encore l'occasion de revenir, par la suite, sur cette question fort importante en parlant de la fixation de l'azote. Une augmentation sensible de la production de l'aluminium aurait pour conséquence une nouvelle baisse de prix, ce qui permettrait d'augmenter encore les emplois fort divers et fort nombreux de ce métal.

Faut-il rappeler que ce métal peut avantageusement remplacer le cuivre, — quand il ne s'agit pas de températures trop élevées — dans l'industrie des corps gras, dans la stéarinerie, la brasserie, dans l'industrie des vernis et des copals, etc., et que sa résistance à l'acide nitrique, aux vapeurs nitreuses et à l'acide acétique le rend particulièrement intéressant pour l'industrie chimique ? On ne peut le souder, il est vrai, mais comme on peut le braser, cela permet de construire toutes espèces d'appareils utilisables dans ces diverses industries, soit en l'employant seul, soit en l'associant à d'autres métaux.

En outre, il est très intéressant pour l'industrie électrique où son emploi va aussi en augmentant grâce à sa grande conductibilité. Enfin, l'aluminium est la matière première pour certains procédés thermiques : soudures des rails par la thermité, par exemple, préparation de certains métaux et métalloïdes : chrome.

(1) Les installations en cours, une fois terminées, cette production pourra s'élever à 20.000 tonnes pour la France et à 100.000 tonnes au moins pour toutes les nations industrielles.

manganèse, silicium, bore, tungstène etc., par réduction de leurs oxydes. Il est, évidemment, regrettable que les procédés aluminothermiques ne permettent pas la préparation du cérium pour lequel il faut avoir recours aux procédés électro-chimiques.

La bauxite sert de plus en plus pour la fabrication des sels d'alumine et en particulier du sulfate d'alumine, fort employé pour l'industrie des papiers, la mégisserie, la teinturerie, l'industrie des laques, l'épuration des eaux usées, etc. Le développement aisé de cette industrie permettra d'utiliser encore une partie de l'excédent d'acide sulfurique qui sera disponible après la guerre.

La production actuelle de l'alun de potasse et d'ammoniaque peut être évaluée à environ 3.000 tonnes et celle du sulfate d'alumine à environ 10.000 tonnes par an.

Mentionnons aussi ici la fabrication de la cryolithe artificielle (fluorure double d'aluminium et de sodium) qui se fait en Allemagne (voir le brevet allemand 293.944 du 4/7 1913).

Il y aurait d'autant plus lieu de développer la production et les emplois de l'aluminium que, pour la plupart des autres métaux usuels dans l'industrie et les arts, nous sommes tributaires de l'étranger. Ainsi, la France produit environ 65.000 tonnes de zinc annuellement, mais la consommation de ce métal s'élève à 82.000 tonnes. Pour la production de ce métal en particulier, le four électrique présente un intérêt considérable, car on emploie dans les procédés métallurgiques plus de 3 tonnes de combustible pour une tonne de minerai.

Comme avec un cheval-an on peut extraire une tonne de zinc, on pourrait donc utiliser dans cette industrie près de 50.000 chevaux hydrauliques, ce qui réaliserait une économie de combustible des plus sérieuses.

La production du *plomb* n'est que de 33.000 tonnes, alors que nous en employons plus de 100.000 tonnes par an.

L'*étain* provient en presque totalité de l'étranger (7.400 tonnes contre 500 tonnes de production indigène). Il y aura encore lieu de revenir plus tard sur la question du désétamage des déchets, qui, pour différentes raisons, était devenu un monopole étranger.

Pour le *cuivre* aussi nous sommes tributaires de l'étranger et

notamment des Etats-Unis, qui sont les plus gros producteurs de ce métal; notre production indigène s'élève à environ 13.000 tonnes alors que nous en consommons sept fois plus (95.000 tonnes environ). Nous noterons ici la consommation de ce métal pour la fabrication du sulfate de cuivre, qui est devenu un produit indispensable en viticulture. Rien que pour le cuivrage des vignobles, on consomme près de 60.000 tonnes annuellement de ce produit. Sur cette quantité, 20.000 tonnes environ sont, en temps normal, importées d'Angleterre. Il y aurait lieu de fabriquer ce produit en totalité dans nos usines, ce qui absorberait encore environ 10.000 tonnes d'acide sulfurique à 53° Bé. Il est évidemment regrettable que cette quantité de sulfate de cuivre, qui correspond à près de 16.000 tonnes de métal, soit complètement perdue et qu'il n'y ait pas de possibilité pour la récupération.

Parmi les métaux secondaires, le *nickel* mérite d'être mentionné plus particulièrement, car la Nouvelle-Calédonie peut nous fournir le minerai nécessaire. Elle a extrait, en 1914, 172.365 tonnes de minerai de nickel de ses mines. Les emplois de ce métal vont en augmentant rapidement, car la production mondiale a passé de 12.000 tonnes, en 1904, à 30.000 tonnes, annuellement, en 1913. La France est devancée comme production par les Etats-Unis et le Canada (plus de 15.000 tonnes), l'Angleterre (5.200 tonnes), et l'Allemagne (5.000 tonnes); avec un peu plus de 2.000 tonnes, elle ne vient donc qu'au cinquième rang.

Signalons, en passant, le procédé Mond pour obtenir du nickel très pur par la décomposition pyrogénée du nickel-carbonyle volatil et, incidemment, l'emploi de ce métal pour des ustensiles de laboratoire, pour les aciers au nickel, le métal invar et la platinite.

Comme producteur d'*antimoine*, la France vient au second rang après la Chine. La production de 5.000 tonnes environ (5.406 tonnes en 1912) est [tout près d'un tiers de la production mondiale (16.495 tonnes en 1911).

Une notable quantité des minerais provient de la Lucette (4.933 tonnes en 1912).

Quant aux minerais de cobalt, les mines de la Calédonie four-

nissaient autrefois la plus grande partie de ce produit (production : 445 tonnes en 1914) qui sert pour le bleu de cobalt et pour la coloration des verres et des émaux ; depuis quelques années, le Canada a développé considérablement sa production.

La matière indispensable à la fabrication de la soude carbonatée, de la soude caustique, ainsi que des autres sels de sodium, et notamment du sulfate de soude, est le *chlorure de sodium* provenant des salines de Meurthe-et-Moselle et des marais salants de l'Océan et de la Méditerranée. Sans être parmi les grands producteurs de sel, la France est néanmoins pas trop mal partagée avec 1.150.000 tonnes annuellement (Allemagne: 2.994 000 tonnes; Angleterre : 2.083.000 tonnes; Russie : 1.873.000 tonnes en 1910).

Le retour de la Lorraine annexée, et notamment du bassin de Dieuze et de Château-Salins, augmenterait cette production de près de 100.000 tonnes encore.

Les eaux-mères des marais-salants contiennent du *brome* et il a été souvent question, dans ces derniers temps, de monter cette fabrication en France ; cela vient d'être réalisé en pleine guerre.

N'oublions pas toutefois, pour l'avenir de cette industrie, que les Etats-Unis produisent plus de 300 tonnes de brome annuellement (317 tonnes en 1910) et que cette production peut être doublée (676 tonnes en 1907). D'autre part, le brome est un sous-produit de l'industrie des sels de potasse de Stassfurt, et il semble assez difficile de s'affranchir de ce quasi-monopole. Il faudrait, si possible, augmenter la consommation de cet élément qui ne dépasse pas 120 tonnes actuellement. C'est surtout l'industrie organique (colorants et produits pharmaceutiques) qui serait susceptible d'en absorber des quantités plus considérables.

Ce qui manque surtout à notre pays, c'est la *potasse*. On en obtient bien une certaine quantité comme sous-produit de diverses industries : lors du lavage des laines (Roubaix et Tourcoing), par le traitement des résidus des sucreries, par lixivation des cendres de bois et de varechs (à côté de 60 tonnes d'*iode*),

mais cette production est insuffisante pour les besoins industriels, en particulier pour ceux de la verrerie, et surtout pour les besoins de l'agriculture.

A ce point de vue principalement, le retour de la Haute-Alsace avec ses mines très riches en sels de potasse, qui peuvent servir directement comme engrais, serait une acquisition de tout premier ordre.

Nous aurons encore l'occasion de revenir sur cette question en étudiant la question des engrais artificiels.

Nous sommes, par contre, mieux partagés pour une autre matière première nécessaire à notre agriculture : les *phosphates naturels* dont les principaux centres de production sont la Tunisie et l'Algérie. En 1913, la production tunisienne (Galsa) était de 2 millions 285.000 tonnes, celle de l'Algérie : 461.000 tonnes, (sans compter la production indigène : 313.151 tonnes en 1912) et celle plus faible des autres colonies. Ces phosphates, importés en partie en France, avec 120.000 tonnes de phosphates de Floride, servent à la fabrication des superphosphates, dont nous aurons encore l'occasion de parler par la suite.

Enfin, pour une industrie chimique florissante, il faut encore, autant que possible, trouver chez nous les appareils et matériaux nécessaires. Nous disposons des argiles indispensables pour la confection des faïences fines et des produits réfractaires, ainsi que pour les poteries communes, briques, tuiles, etc. Il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer, à ce sujet, que nous possédons, d'après les spécialistes compétents, une excellente *terre à poterie* à La Chapelle-aux-Pots. Toutefois, la fabrication des poteries se borne à des pièces simples. Il serait désirable de voir cette industrie se développer sous l'impulsion d'un spécialiste, afin de s'affranchir de l'étranger pour la livraison d'appareils compliqués. Nous avons également d'autres matériaux indispensables : grès, lave de Volvic, une bonne porcelaine pour les instruments de laboratoire et industriels (Bayeux), le quartz nécessaire à la préparation du verre de quartz (vitréosil, thermal, argentan, etc.). Si, d'autre part, nos verreries et cristalleries de Saint-Gobain, Cirey, Baccarat, Montluçon, Clichy et autres (en attendant le retour de celle de Saint-Louis-Münzthal, en Lorraine

annexée) soutiennent, au point de vue artistique, le renom de notre industrie verrière, il serait désirable aussi qu'elles arrivent à préparer des verres pouvant remplacer, pour le laboratoire et l'optique, les fameux produits de Bohême et de Iéna. Il s'agit là sans doute plutôt d'une question économique que d'un problème technique, la composition de ces verres étant connue.

Nous n'aborderons pas ici la question des chaux hydrauliques, ciments divers, pouzzolanes, etc., dont la fabrication dépend aussi des calcaires et argiles que nous possédons dans notre sol (1).

Pour terminer cet exposé des ressources minières de notre pays, nous mentionnerons encore la production annuelle de 13.620 tonnes (en 1912) de sulfate de baryte naturel et de 8.127 tonnes de spath fluor. Ces deux produits trouvent de multiples emplois dans les arts ; le spath pesant est le point de départ pour les sels de baryum et certaines couleurs minérales (lithopone), le spath fluor est la matière première pour les fluorures et l'acide fluorhydrique.

*
* *

Comme on le verra par cet exposé, forcément sommaire, notre pays n'est pas trop mal partagé au point de vue minier et des produits minéraux. Certainement, il y a des matières pour lesquelles nous dépendons des pays étrangers. En dehors de ceux que nous avons déjà signalés, il faut notamment mentionner les *pyrites*, qui sont la matière indispensable pour la fabrication de l'acide sulfurique. Les mines de Saint-Bel ne produisent que 250.000 tonnes par an (249.000 tonnes en 1912 sur une production totale française de 282.202 tonnes), ce qui nous oblige, en temps normal, à en importer près du double (500.000 tonnes) surtout d'Espagne, de Norvège ou d'ailleurs.

Il en est de même du soufre, qui venait autrefois surtout de Sicile (112.897 tonnes en 1912) mais qui est fortement concurrencé par le soufre de la Louisiane. L'importation américaine

(1) *Pierres et matériaux artificiels de constructions*, par A. GRANGER.

s'est élevée récemment à 30.000 tonnes annuellement, diminuant d'autant l'importation de Sicile.

Notre industrie des terres rares, qui a toujours été une des spécialités françaises, importe aussi des minerais étrangers : monazite, carnotite, autunite, chalcopite, rutile, pechblende, wolframite, etc. Le développement des exploitations minières dans notre empire colonial nous procurera certainement encore bien des minerais intéressants.

Ainsi les mines de Madagascar ont fourni, en 1913, 6.000 tonnes de graphite (7.749 tonnes en 1914), les mines d'Indo-Chine, 310 tonnes de minerais d'étain et de tungstène (en 1914), 22.751 tonnes de minerais de zinc (en 1910); celles de Calédonie, 71.000 tonnes de minerais de chrome et 172 365 tonnes de minerais de nickel (en 1914); celles d'Algérie, 84.495 tonnes de minerais de zinc (en 1912); puis nos colonies produisent près de 6.000 kilogrammes d'or, etc., etc.

Nous sommes aussi tributaires de l'étranger pour le mercure, l'argent, l'or, le platine, l'amiante et d'autres produits naturels.

ANNEXES AUX CHAPITRES III ET IV

Production mondiale de la fonte.

	1913 en tonnes	1914 en tonnes	1915 en tonnes
Etats-Unis	31.461.610	23.705.458	30.394.872
Allemagne.....	19.309.172	14.389.547	11.790.199
Angleterre.....	10.649.628	9.149.992	8.934.358
France.....	5.311.316	5.025.000	4.750.000
Russie.....	4.548.396	4.261.008	3.696.560
Autriche-Hongrie....	2.369.864	2.020.000	1.960.000
Canada.....	1.128.967	783.164	928.339
Belgique.....	2.484.690	1.560.000	—
Italie.....	426.755	385.340	395.000
Espagne.....	424.744	435.000	419.000
Suède.....	730.000	635.100	767.000
Divers.....	550.500	495.000	480.000
Totaux.....	79.395.472	62.844.609	64.515.928

Production mondiale de l'acier.

	1913 en tonnes
Etats-Unis.....	31.802.000
Allemagne.....	17.614.000
Angleterre.....	7.787.000
France.....	4.635.000
Russie.....	4.224.000
Belgique et Luxembourg.....	3.800.000
Autriche-Hongrie.....	2.578.000
Suède, Espagne, etc.....	1.300.000
Italie, Canada.....	1.703.000
Total.....	<u>75.443.000</u>

Production mondiale du cuivre.

	1913 en tonnes	1915 en tonnes
Etats-Unis.....	555.990	646.212
Mexique.....	55.323	30.969
Canada.....	34.880	47.202
Australie.....	47.325	32.512
Pérou.....	25.487	32.410
Chili.....	39.434	47.442
Japon.....	73.152	75.000
Russie.....	34.316	16.000
Allemagne.....	25.308	35.000
Afrique.....	22.870	27.000
Espagne et Portugal.....	54.696	95.000
France.....	13.000	—
Divers.....	34.197	36.836
Totaux.....	<u>1.055.978</u>	<u>1.061.283</u>

Production mondiale du zinc

	1913 en tonnes
Etats-Unis.....	308.549
Allemagne.....	277.051
Belgique.....	193.245
France.....	63.412
Angleterre.....	58.298
Hollande.....	23.958
Autriche.....	20.736
Russie.....	15.708
Espagne.....	8.917
Australie.....	3.366
Total.....	<u>973.540</u>

Production mondiale du plomb

	1911 en tonnes	1912 en tonnes
Etats-Unis.....	384.600	386.700
Espagne.....	171.600	186.700
Allemagne.....	161.300	180.800
Mexique.....	120.000	120.000
Australie.....	99.600	107.400
Belgique.....	30.800	57.000
Angleterre.....	27.100	29.000
France.....	23.000	33.000
Autriche Hongrie.....	19.600	21.400
Italie.....	16.700	20.500
Grèce.....	14.300	14.500
Turquie d'Asie.....	12.400	—
Canada.....	10.700	16.200
Japon.....	3.500	4.500
Divers.....	22.600	—
Total.....	<u>1.117.800</u>	—

Production mondiale de l'étain

	1911 en tonnes
Angleterre	18.350
Pays-Bas.....	17.387
Allemagne.....	12.412
Asie (Strait-Settlements)	57.944
Chine	6.000
Australie.....	5.150
France.....	500
Bolivie.....	500
Total.....	118.200

Production mondiale de l'aluminium

	1913 en tonnes
Etats-Unis.....	22.500
France.....	18.000
Angleterre.....	7.500
Canada	5.900
Norvège	1.500
Italie.....	800
Allemagne, Suisse, Autriche	12.000
Total.....	68.200

Production mondiale de l'antimoine

	1912 en tonnes
Chine.....	9.900
France.....	5.500
Mexique	4.000
Etats-Unis.....	2.500
Hongrie.....	1.000
Japon.....	250
Italie.....	345
Autriche.....	162
Total.....	22.762
L'Essor des industries chimiques	3

Production mondiale du nickel

	1913 en tonnes
Etats-Unis et Canada	17.000
Angleterre	5.200
Allemagne	5.000
France	2.000
Norvège.....	800
Total.....	<u>30.000</u>

Production mondiale du sel

	1910 en tonnes
Etats-Unis.....	3.077.000
Allemagne	2.994.000
Angleterre	2.083.000
Russie.....	1.873.000
Indes anglaises	1.224.000
France.....	1.150.000
Espagne.....	824.000
Japon	597.000
Autriche-Hongrie.....	576.000
Italie.....	503.000
Tunis.....	199.700
Algérie	21.500
Divers.....	332.000
Total.....	<u>15.454.200</u>

**LES PRODUITS DU SOL : LES INDUSTRIES AGRICOLES
ET LES INDUSTRIES CHIMIQUES QUI S'Y RATTACHENT (1)**

La France est, avec 26 millions d'hectares de terres labourables, 6 1/2 millions d'hectares de prairies et près de 1 1/2 million d'hectares de vignobles, avant tout, un pays agricole. Sa production en produits alimentaires divers est donc fort importante, soit 87 millions de quintaux de blé (en 1914), 6.674.015 tonnes de betteraves (pour la campagne 1912-1913), 128 millions de quintaux de pommes de terre, 56 millions d'hectolitres de vin (en 1914), sans compter l'appoint des colonies (10 1/2 millions d'hectolitres de vin pour l'Algérie en 1914-1915), pour ne citer que les produits qui intéressent plus particulièrement les industries chimiques. Il est connu que le rende-

(1) Bibliographie à consulter : *Production et utilisation du froid*, par L. MARCHIS (1906).

Monographie sur l'état actuel de l'industrie du froid en France, par J. DE LOVERDO (1910).

Comptes rendus sur les travaux du congrès international du froid et du congrès français du froid (1908-1913).

La conservation de la viande et des matières organiques alimentaires par des moyens naturels, par CH. TELLIER (1913).

L'industrie de l'équarrissage, par H. MARTEL (1912).

Fabrication des colles animales, par VICTOR CAMBON (1907).

Conserves alimentaires, par DE NOTER.

ment en produits agricoles subit des fluctuations assez importantes d'une année à l'autre, et l'état de guerre, par suite de la raréfaction de la main-d'œuvre, la pénurie d'engrais, les difficultés de transports, etc., a eu une répercussion fâcheuse sur ce rendement, et cette diminution continuera à se faire sentir encore très longtemps après les hostilités. C'est une raison pour insister sur le fait que notre agriculture peut encore profiter, plus que par le passé, des progrès de la science agronomique. Il faudra augmenter la dose des engrais en tenant compte, évidemment, dans leur choix, de la nature du terrain et du produit à cultiver, perfectionner les méthodes de culture, développer l'irrigation souvent insuffisante, améliorer les rendements en principes actifs par la sélection des graines, etc.

Le manque de main-d'œuvre nous obligera, plus que par le passé, à employer des machines agricoles et des instruments aratoires perfectionnés pour ensemer, pour cultiver et pour récolter. Par suite du morcellement des terres, il faudra aussi envisager certaines modifications dans les mœurs paysannes : création d'associations régionales pour la mise en commun des moyens mécaniques nécessaires aux labourages, aux récoltes, au battage des blés, etc.

La France est aussi un pays d'élevage ; ainsi, en décembre 1915, on comptait 12 1/2 millions d'animaux de l'espèce bovine, à peu près le même nombre de l'espèce ovine, 5 millions de pores, 1 1/4 million de chèvres, sans compter les animaux de basse-cour. Il faut encore ajouter que, par sa configuration géographique, notre pays, situé sur deux mers, a des pêcheries fort importantes de thons, sardines, crevettes, huitres, harengs, morue et baleine (Terre-Neuve, Saint Pierre et Miquelon).

Un chiffre fixera l'importance du mouvement des abattoirs : dans une année normale on compte 1.800.000 têtes de bœufs de boucherie. On voit par cette indication non seulement l'importance des transactions de notre élevage, mais aussi la quantité des déchets : graisses, sang, issues, peaux, oreillons, os et des sous-produits divers qui en résultent pour l'alimentation de nos usines d'engrais, d'albumine, de colle, de gélatine, de noir d'os pour la margarinerie, la stéarinerie, la tannerie, etc., etc. Il

importe, évidemment, qu'aucun déchet ou sous-produit ne reste inutilisé.

Les peaux, par exemple, iront à la *tannerie*. Quoique gros producteurs et exportateurs d'extraits de châtaignier, de quebracho, d'écorces de tan, etc., nous sommes cependant tributaires de l'étranger pour certains produits tannants. Nous pourrions, il est vrai, utiliser d'une façon plus rationnelle nos produits coloniaux. Ainsi Madagascar exporte plus de 50.000 tonnes d'écorces de palétuvier mais qui vont en Allemagne.

Les sumacs viennent de la Sicile (importation 3.633 tonnes), les noix de Galle et le libidibi de l'Orient (3.700 tonnes en 1913), le bois de quebracho de l'Argentine (3.563 tonnes en 1913); d'autre part les sels de chrome ne sont pas fabriqués en France ou du moins en quantités insuffisantes. Il y a donc intérêt à signaler que l'on a préparé des matières synthétiques pouvant remplacer, dans certains cas, les matières tannantes d'origine végétale par action de la formaldéhyde sur le phénol, entre autre, en présence d'acide sulfurique. Les résultats obtenus jusqu'à présent avec des produits ainsi préparés (néradol par exemple) paraissent satisfaisants. En présence de l'excès de phénol, qui va être disponible après la guerre, il semble qu'il pourrait y avoir là un débouché intéressant pour ce produit.

Comme nous avons du reste une école pour la tannerie à Lyon, elle pourra certainement s'occuper de ce problème particulier et donner les indications nécessaires aux industriels qui s'intéresseraient à cette question. Quant aux produits pouvant remplacer le cuir, nous aurons sans doute l'occasion d'en parler en traitant plus tard la question des matières plastiques et des succédanés.

* *

Il ne peut entrer dans notre idée de vouloir traiter ici toutes les industries agricoles et alimentaires qui sont en relations avec la culture du sol, l'élevage et les pêcheries. Pour un certain nombre d'entre elles, on procède, guidé par des expériences et des traditions souvent séculaires, par empirie comme c'est le

cas pour les industries de la panification, les industries laitières, du beurre et du fromage, les industries vinicoles et des boissons fermentées : vins, poirés, cidres, eaux-de-vie, etc., etc. Cela n'empêche que beaucoup de ces industries soient susceptibles de perfectionnements. La centralisation de la production de certaines régions par des moyens mécaniques appropriés permettrait de livrer des produits d'une composition plus constante, d'une valeur comestible supérieure, sans compter que les manipulations se feraient dans des conditions hygiéniques bien plus favorables. Nous songeons ici, entre autres, aux laiteries collectives possédant les turbines nécessaires pour l'écémation, des batteuses mécaniques pour la préparation du beurre, une fromagerie perfectionnée, un laboratoire d'analyse pour le contrôle, etc. La place nous manque, malheureusement, pour entrer dans le détail des progrès qui pourraient être réalisés dans cette voie.

Si au point de vue de la qualité des produits, la France occupe certainement une première place, on ne peut cependant assez insister sur le fait que les progrès de la science n'ont pas encore suffisamment pénétré nos coutumes routinières. Un grand nombre des denrées, produites par le sol ou par l'élevage, sont de nature périssable, et il y a donc intérêt à pouvoir les conserver sans altération pour en régulariser la consommation. A côté des méthodes empiriques : par dessiccation ou séchage, employées pour les foins, fruits, etc., par magasinage dans des silos pour les betteraves, pommes de terre, etc., il y a, avant tout, l'emploi du froid et de l'*industrie frigorifique* qui constitue un progrès des plus importants. On peut être surpris que des établissements aussi importants que les abattoirs de la Villette ou les Halles Centrales de Paris ne possèdent pas d'installations frigorifiques, d'autant plus que l'application du froid à la conservation et au transport des denrées périssables est une invention française (Tellier).

Malheureusement, comme trop souvent dans notre pays où l'intérêt particulier prime l'intérêt général, et malgré que les congrès du froid aient bien démontré notre infériorité dans ce domaine, les efforts faits pour l'application du froid sont venus

se briser à une opposition irréductible. Il faut espérer que la guerre amènera une évolution des idées et que le renchérissement des vivres, en particulier, favorisera l'application croissante des méthodes frigorifiques.

Tout permet de croire qu'après la guerre les constructeurs d'appareils frigorifiques et d'installations appropriées auront des commandes en quantité et un avenir largement assuré. C'est du moins ce que nous espérons et à quoi il faudra tendre avec toute l'énergie possible.

Un autre procédé pour conserver les produits altérables est mieux utilisé chez nous : c'est celui par l'élimination de l'air. C'est ce procédé qui sert dans l'industrie des conserves végétales, des viandes de conserves, pour la conservation des produits des pêcheries, etc. Sans atteindre comme production, dans ce domaine, l'importance des usines américaines, par exemple, on peut dire que la qualité de nos produits donne toute satisfaction.

On ne peut non plus assez insister sur l'emploi du vide pour l'évaporation des solutions dans les industries les plus diverses : industries de la colle, de la gélatine, pour l'évaporation de l'albumine d'œufs ou de sang, son emploi lors de la concentration du lait à l'état condensé, lors de la fabrication des extraits tannants et des extraits tinctoriaux, dans les industries du sucre de lait, du glucose, de la glycérine, etc., en définitive pour tous les produits organiques. Certaines de ces fabrications ne sont possibles que dans ces conditions ; en tous les cas on obtient par l'emploi du vide des produits bien supérieurs à ceux préparés avec des méthodes d'évaporation surannées.

La stérilisation est aussi un procédé usité pour la conservation de certaines denrées. On peut obtenir ce résultat soit par une élévation de température qui détruit les organismes nocifs (lait, vins par exemple), ou par l'action chimique de produits antiseptiques : acide borique, acide salicylique, etc. L'hypochlorite de soude s'emploie pour les eaux, mais on peut aussi avoir recours aux moyens physico-chimiques : filtration, action des rayons ultra-violets, ozone, etc. Nous ne pouvons qu'effleurer en passant ces problèmes intéressant tout particulièrement la

santé publique. Signalons aussi l'emploi de la stérilisation pour la préparation de boissons exemptes d'alcool par le traitement des jus de fruits divers, pour les limonades, etc.

*
* *

La guerre aura fait une consommation formidable de bois par suite de la destruction des forêts situées dans la zone des opérations et par les emplois de rondins pour la construction des tranchées. Malgré nos richesses sylvestres, il sera nécessaire d'économiser cette matière jusqu'à ce que nos forêts soient reconstituées. Nous estimons donc que, comme la carbonisation de la houille, la *carbonisation du bois* devra se faire, autant que possible, en vase clos avec récupération de tous les sous-produits formés. Contrairement à l'opinion qui a fréquemment cours, le charbon de bois obtenu en vase clos ne le cède nullement en qualité à celui fait en meules ; mais le premier procédé permet en outre de condenser les produits volatils et d'obtenir ainsi de l'esprit de bois, du goudron de bois, du pyrolignite de chaux, de l'acide acétique et de l'acétone. Les proportions de produits formés dépendent de la nature des bois employés ; on peut compter qu'on obtient, en moyenne, de 20 à 25 0/0 de charbon de bois, 40 0/0 d'acide pyroligneux à 5 0/0, 8 à 10 0/0 de goudron végétal et 20 à 25 0/0 de produits gazeux pour 100 parties de bois carbonisé. Le gaz de bois obtenu n'a, il est vrai, qu'un faible pouvoir calorifique ; il peut néanmoins être utilisé pour le chauffage des cornues de distillation. Le méthylène formé se trouve avec le liquide aqueux ; on l'en sépare, par distillation, après neutralisation de l'acide par la chaux. L'acide pyroligneux neutralisé par la chaux donne du pyrolignite de chaux qui, par distillation sèche, fournit de l'acétone. En le distillant par contre avec l'acide sulfurique, on prépare l'acide acétique industriel. Il est vrai que pour certains de ces produits, nous pourrions nous adresser aux gros producteurs : aux Etats-Unis en particulier et à la Suède.

Cela serait surtout nécessaire avec le développement de nos

industries organiques. L'alcool méthylique est la matière première pour la formaldéhyde et pour les méthylations ; la production française s'élève à 2 millions de kilogrammes annuellement, tandis que la consommation représente le double de ce chiffre. L'acide acétique sert pour les acétates, l'anhydride acétique, l'acide chloracétique, l'acétanilide et de nombreuses synthèses organiques ; du goudron de bois on peut tirer du gaïacol, qu'il sera sans doute plus intéressant de faire par voie synthétique, en partant de l'ortho-anisidine, etc.

Nous sommes aussi tributaires de l'étranger pour la *pâte de bois* et la *cellulose sulfite* qui sont fournies par le Canada, la Suède et d'autres pays riches en forêts. On doit toutefois insister sur l'intérêt qu'il y aurait à utiliser pour ces fabrications des produits indigènes, la paille, l'alfa, etc., ou d'autres plantes à grand rendement que pourrait nous fournir notre empire colonial, grâce à son climat tropical (1). Ainsi la production de l'Algérie en alfa s'est élevée, en 1914, à 89.000 tonnes, dont seulement 230 tonnes furent utilisées par l'industrie française, la majeure partie étant exportée en Angleterre.

Nous signalerons aussi l'utilisation des résidus de ces industries ; en Suède on prépare de l'alcool en faisant fermenter le glucose contenu dans les liqueurs sulfiteuses provenant de la cuisson du bois avec le bisulfite de chaux (2,3 0/0 de sucres dont 1,6 0/0 sont fermentescibles). Le rendement est d'environ 60-80 litres d'alcool pour une tonne de bois. On a, d'autre part, isolé de ces eaux résiduaires, qui contiennent la moitié en poids du bois mis en œuvre, un acide sulfolignique, dont le sel calcaire a trouvé des emplois pour le mordantage de la laine.

Il pourrait y avoir intérêt, en présence d'une industrie chimique organique prospère, à fabriquer, comme nous l'indiquons déjà plus haut, l'acide acétique par une autre voie que celle de la carbonisation du bois. Il semble possible d'en faire indus-

(1) *La fabrication des celluloses de papeterie autres que celle du bois*, par H. DE MONTESSUS DE BALLORE (1913). — *Végétaux propres à la fabrication de la cellulose et du papier*, par L. ROSTAING, M. ROSTAING et FLEURY-PERCIÉ-DU SERT (1904).



triellement en partant de l'acétylène. Celui-ci par hydratation, en présence de sels mercuriques, donne de l'aldéhyde qui peut être oxydée ultérieurement en acide. L'étude technique de ce procédé semblait suffisamment avancée pour qu'une usine en Allemagne en ait projeté l'exécution industrielle.

On peut, d'autre part, remplacer dans certains cas l'acide acétique par l'*acide formique*, dont la synthèse industrielle s'effectue par le procédé Goldschmidt : action de l'oxyde de carbone sur la soude caustique (1). Une usine exerce cette fabrication dans la région rouennaise et sa production paraît couvrir la consommation française puisque les importations sont insignifiantes (20 tonnes en 1916 contre 200 tonnes en 1915).

Le formiate obtenu d'après le procédé signalé peut aussi servir à la synthèse des oxalates et de l'*acide oxalique*. Voilà encore une fabrication pour laquelle nous dépendons de l'étranger (importation : 850 tonnes), mais que l'on est également en train d'installer dans notre pays.

L'industrie de l'acide formique et de l'acide oxalique consomment les deux de l'acide sulfurique nécessaire à la décomposition des formiates et des oxalates ; pour les quantités indiquées, cela nécessiterait environ 1.000 tonnes.

*
* *

Le département des Landes et les départements avoisinants fournissent, grâce à leur richesse de pins, plus de 100.000 tonnes de résines, qui, par distillation donnent de la térébenthine et de la colophane dont nous sommes des exportateurs importants (plus de 10.000 tonnes d'essence de térébenthine et 50.000 tonnes de produits résineux). Il faut noter ici que la térébenthine peut servir de matière première pour la fabrication du *camphre synthétique*, lequel peut parfaitement remplacer le produit naturel dans ses emplois industriels et notamment pour la préparation du celluloïd. Nous importons près de 1.000 tonnes annuellement

(1) *L'acide formique ou methanoïque*, par ANDRÉ DUBOSC (1912).

de camphre du Japon, d'une valeur de 4 à 5 millions de francs. Malheureusement, ce problème résolu par l'industrie allemande (Schering, Rheinische Kampferfabrik) et dans des conditions moins favorables que chez nous, puisqu'elle doit importer sa matière première, n'a pas donné en France des résultats satisfaisants. Cela tient sans doute à une étude insuffisante des procédés employés (1).

Nous ne dirons qu'un mot de l'industrie des *parfums naturels* qui est une spécialité de notre littoral de la Méditerranée. Rien qu'à Grasse on traite annuellement : 4,4 millions de livres de fleurs d'oranger, 3,3 millions de livres de pétales de roses, 2,64 millions de livres de jasmin, 880.000 livres de violettes, 660.000 de tubéreuses, etc. C'est une industrie très florissante qui doit marcher de pair avec celle des parfums synthétiques, car les deux se complètent parfaitement.

Il faudra aussi mettre en valeur pour ces produits notre empire colonial (2).

Déjà la Côte d'Ivoire peut nous fournir des essences de palmarosa, de thym, de lemongrass et de basilic, intéressantes pour les industries chimiques spéciales; la Martinique produit des gousses de vanille; nos autres colonies, des plantes et graines oléagineuses (arachides); puis il faut signaler: le copal dur de Madagascar et de la Réunion, les gommes du Sénégal, les lianes et plantes caoutchoutifères de l'Afrique centrale et du Tonkin, le sapindus utilis d'Algérie, riche en saponine, le cacao de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane (et, tout récemment, 400 tonnes du Cameroun allemand conquis), certaines fibres textiles, etc., etc. Nous aurons encore l'occasion de revenir sur plusieurs de ces produits du sol et le développement à donner à ces cultures (3).

(1) EUG. GRANDMOUGIN, *La fabrication industrielle du camphre synthétique*, *Génie civil*, LVIII, 366 (1911).

(2) *Plantes à parfums*, par PAUL HUBERT (1909).

(3) *Bibliothèque pratique du colon*, par PAUL HUBERT.

INDUSTRIES ALIMENTAIRES ET INDUSTRIES CONNEXES (1)

Les produits récoltés : blés, pommes de terre, betteraves, riz, (provenant de l'Indo-Chine) etc., servent d'une part à l'alimentation directe, et, d'autre part, de matières premières pour certaines industries, telles que la fabrication de l'amidon, de la fécule, du sucre et des produits qui en dérivent : amidons grillés divers, glucose, dextrine, caramels, etc.

Nous n'insisterons pas sur la *féculerie*, qui est une industrie particulière aux Vosges et à l'Oise, car les moyens qu'elle emploie sont essentiellement mécaniques. L'amidon étant préformé dans le tubercule, il suffit de râper la pomme de terre pour en isoler la fécule par tamisage suivi d'un dépôtage, puis du séchage. Nous sommes du reste tributaires de l'étranger pour une certaine quantité de ce produit. (Importation : environ 8.500 tonnes en 1913.) Il y avait, en France, en 1913, environ 185 féculeries produisant de 300.000 à 350.000 quintaux métriques de fécule. La fabrication de l'amidon, en partant du blé, du riz ou du maïs, importés d'Indo-Chine, de la République Argentine, de Russie et de Roumanie, nécessite par contre l'intervention de procédés chimiques ou de fermentation pour séparer les albumines végétales (gluten), qui sont contenues dans

(1) Bibliographie à consulter : *Les industries agricoles et alimentaires*, par L. FRANÇOIS et R. VALLIER (1914).

Le pain, par l'intendant militaire SÉRAND (1911).

Technologie sucrière, par GASTON DEJONGHE (1910).

les matières premières et qu'il est important de récupérer sous une forme comestible ou industrielle.

Les produits ainsi obtenus peuvent servir pour les besoins alimentaires; pour l'industrie des apprêts, on peut utiliser l'amidon isolé du marron d'Inde, qui, lui, n'est pas comestible ou la *fécule de tavolo*, originaire de Madagascar et qui est d'importation récente.

L'industrie de la panification consomme la majeure partie de nos farines (environ 60 millions de quintaux). Il n'est peut-être pas inutile de rappeler à ce sujet que le procédé de mouture aux cylindres, créé en Hongrie vers 1873, n'a été introduit dans nos moulins que vers 1885, et que, dans ce domaine aussi, nos méthodes routinières n'ont cédé que devant la diminution notable de nos exportations. Le pain fait à Paris est, avec le pain viennois, un des meilleurs qui existent. Néanmoins nos procédés de panification ont besoin d'être modernisés. Que dans les campagnes et les bourgades éloignées on pétrisse la pâte d'après des procédés datant des origines de l'humanité, cela peut, à la rigueur, se concevoir. Mais, dans les grandes agglomérations, on devrait trouver partout le pétrin et le four mécaniques, qui sont les seules installations répondant à l'hygiène moderne. Du reste, la pénurie de main-d'œuvre après la guerre obligera les boulangers à avoir recours, plus que par le passé, à la force motrice pour le travail de la pâte. Nous n'examinerons pas ici la question s'il y aurait intérêt à remplacer la levure par des procédés chimiques. Mais nous croyons intéressant de signaler l'importance prise dans les pays anglo-saxons par les poudres à lever — *baking-powders* — composées essentiellement de bicarbonate de soude et de crème de tartre. C'est une fabrication qui, grâce à notre production en crème de tartre, pourrait parfaitement s'exécuter chez nous et prendre même un certain développement.

..

Une autre de nos industries alimentaires fort importante est l'*industrie sucrière*, qui, jusqu'en 1875, était la première d'Europe.

Depuis elle a été fortement devancée par celle de l'Allemagne qui s'est appliquée surtout à améliorer le rendement en sucre des racines. Elle a aussi employé avant nous le principe de la diffusion, imaginé par Mathieu, de Dombasle, mais exécuté industriellement, en premier lieu, par Robert en Moravie. Notre dernière campagne de 1913-1914 avant la guerre, avait donné, avec une surface cultivée en betteraves d'environ 250.000 hectares, une récolte de 5.827.960 tonnes de racines et 738.440 tonnes de sucre, obtenu dans 213 usines, alors que l'Allemagne produisait dans 342 fabriques : 2.478.700 tonnes de sucre avec 15.797.400 tonnes de betteraves. On voit que le rendement est de 15,7 0/0 en Allemagne contre 12,7 0/0 en France et le rapport reste approximativement le même pour la campagne 1912-1913 (France : 960.900 tonnes de sucre avec 6.674.015 tonnes de betteraves. Allemagne : 2.700.913 tonnes de sucre avec 16.634.214 tonnes de racines, soit respectivement : 14,4 et 16,2 0/0).

Il ne faut pas oublier que le jus de betteraves est chez nous une importante source d'alcool, ce qui explique ces différences. Néanmoins il y a encore des perfectionnements à faire, par la sélection des graines, par l'augmentation des engrais et l'amélioration des procédés de culture, de façon à obtenir des racines aussi riches en sucre que possible. Au point de vue technique la fabrication du sucre dépend surtout des appareils mécaniques puisque la seule opération chimique est la défécation du jus à la chaux suivie d'une carbonatation par l'acide carbonique seul ou avec addition d'acide sulfureux, dont on utilise ainsi le pouvoir décolorant. Nous signalerons ici l'importance croissante des hydrosulfites (redos, blankite, etc.) pour la décoloration des jus.

Quant aux mélasses on peut en extraire une partie du sucre qui y est contenu par l'osmose ou par des procédés chimiques, à la strontiane notamment ; dans le Nord on les fait généralement fermenter pour produire de l'alcool.

Les vinasses de betteraves fournissent, par calcination, du salin de betteraves, riche en potasse. Il y aurait lieu de récupérer l'azote qui est contenu dans les mélasses (1 1/2 0/0 environ) principalement sous forme de bétaine.

Les vinasses de betteraves sont, à cet effet, concentrées jusqu'à une densité de 1,4, après distillation de l'alcool, puis calcinées en vase clos. Le résidu dans les cornues fournit de la potasse, tandis que les gaz formés, contenant de l'ammoniaque et de la triméthylamine, sont chauffés dans un surchauffeur approprié à 1.000/1.100° C., ce qui décompose la triméthylamine en méthane et acide cyanhydrique. Les gaz cyanés obtenus, qui contiennent de 5 à 8 0/0 d'ammoniaque et environ 10 0/0 d'acide cyanhydrique, sont refroidis ; on absorbe l'ammoniaque par l'acide sulfurique, l'acide cyanhydrique par la soude, tandis que le méthane peut servir pour chauffer l'appareil de décomposition.

On peut admettre qu'en traitant ainsi toutes les mélasses de notre industrie sucrière, on pourrait obtenir environ 3.000 tonnes de cyanure de sodium et 4.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque — encore un emploi pour l'acide sulfurique !

A mentionner aussi la fabrication du *chlorure de méthyle*, créée par Vincent, et qui résulte de la décomposition de la triméthylamine dans des conditions particulières.

On a également préparé des méthylamines comme sous-produits, mais ces composés n'ont actuellement qu'un intérêt restreint ; leur emploi augmenterait dans le cas d'une industrie prospère des matières colorantes.

Notons aussi la fabrication de sucre de canne dans nos colonies ; la Guadeloupe produit 39.000 tonnes, la Martinique et les Indes françaises 42.000 tonnes environ annuellement. Avec les moulins modernes, on peut exprimer la canne à sucre à des pressions considérables, de sorte que la bagasse obtenue peut directement servir de combustible.

Comme on procède en outre au mouillage entre les expressions successives, on obtient la majeure partie du sucre, de sorte que les procédés de diffusion ne possèdent pas le même intérêt pour la canne que pour la betterave. Le point le plus important dans l'industrie sucrière est toujours l'évaporation des jus. Tous les perfectionnements dans cette direction, tel que le procédé par grimpage, par exemple, présentent donc un intérêt incontestable.

Les industries du *cacao* et du *chocolat* qui se rattachent à l'industrie sucrière sont intéressantes au point de vue alimentaire, car le chocolat est un aliment des plus substantiels et des plus salutaires qui soient. La forte consommation de produits manufacturés en Suisse montre que ces industries sont encore susceptibles de développement ; et comme nous sommes mieux situés que nos voisins, obligés d'importer et le cacao et le sucre, il semble certainement possible de les concurrencer.

L'importance de cette industrie ressort du chiffre des importations de cacao qui se sont élevées à 27.800 tonnes en 1913. Les colonies françaises ont produit, cette même année, 1.800 tonnes.

L'industrie française consomme environ $\frac{1}{10}$ de la consommation mondiale qui s'est montée à 251.400 tonnes en 1913.

Quant à la préparation des *glucoses* par saccharification des féculs, elle devrait se faire de préférence dans des chaudières autoclaves, ce qui diminue sensiblement le temps nécessaire à l'opération. En prenant comme agent d'hydrolyse de l'acide chlorhydrique, il suffit de le neutraliser après la cuisson par le carbonate de soude, puis d'évaporer, après filtration sur du noir animal, dans le vide à la concentration voulue, en utilisant un appareil approprié dont il existe différents modèles.

Selon qu'il s'agit de préparer du sucre en masse ou du sirop de fécule, il faudra modifier les proportions d'acide et la durée de la cuisson. Mais ce sont là des détails techniques sur lesquels nous ne pouvons nous étendre.

A titre documentaire, nous signalerons que la dernière campagne normale (1912-1913) a produit un peu plus de 20.000 tonnes de glucose (21.377) qui sont consommées presque entièrement chez nous ; un cinquième est utilisé en brasserie (3.928 tonnes).

Il nous est impossible d'entrer dans des détails sur l'industrie du lait et les produits qui en dérivent : beurre, fromages (et

les nombreuses variantes de cet aliment), lait condensé, crème stérilisée, sucre de lait, etc.

Au point de vue industriel, la *caséine* mérite toutefois une mention ; son industrie est fort développée dans les Charentes et en Poitou, qui en produisent environ 8.500 tonnes annuellement, dont 6.000 tonnes sont exportées (en 1913).

Selon le mode de coagulation, la caséine obtenue est alimentaire ou elle sert en industrie pour la confection de matières plastiques diverses, colles, etc.

ANNEXE AU CHAPITRE VI
Consommation mondiale du cacao

	1913 en tonnes
Etats-Unis	67.500
Allemagne	51.000
Hollande	30.000
France.....	27.800
Angleterre	27.600
Suisse	10.200
Mondiale.....	251.400

VII

LES INDUSTRIES DE FERMENTATION ET INDUSTRIES ANNEXES (1)

La France est un gros producteur d'alcool. Ce produit est obtenu soit dans les exploitations agricoles sous forme de vins, poirés, cidres, eaux-de-vie diverses, soit industriellement, par fermentation du jus de betteraves, du sucre contenu dans les mélasses, ou des féculents après saccharification ou par d'autres procédés.

Pour le vin, la récolte de 1914 s'est élevée à près de 60 millions d'hectolitres, correspondant à près de 5 millions d'hectolitres d'alcool, et, en dehors de cette production, il faut encore compter environ 3 millions d'hectolitres obtenus par les industries de fermentation et de distillation (3.106.609 hectolitres en 1912 ; 2.733.908 hectolitres en 1913). Il est toujours intéressant de comparer ces chiffres à ceux des autres pays producteurs d'alcool : nous voyons que l'Allemagne produit

(1) Bibliographie à consulter :

Traité complet théorique et pratique de la fabrication de l'alcool et des levures, par G. DEJONGHE, 3 vol. (1899-1903).

Les catalyseurs biochimiques dans la vie et dans l'industrie, par JEAN EFFRONT (1914).

La vinerie, par E. BARBET (1911).

La chimie et la bactériologie du brasseur, par JULES FLAMAND (1909).

La grande industrie des acides organiques, par ULYSSE ROUX (1912).

3.750.000 hectolitres : la Russie : 5.580.000 hectolitres et les Etats-Unis ; 3.650 000 hectolitres, alors que la production mondiale est de 22.900.000 hectolitres.

La fabrication d'alcool avec le jus de betteraves s'élève à plus de un million d'hectolitres (1.014.690 hectolitres en 1911-1912) et les mélasses en fournissent un demi-million d'hectolitres (510.400 hectolitres en 1910-1911). L'emploi de l'alcool industriel dénaturé ne fut que de 645.134 hectolitres en 1912 ; c'est assez dire la quantité considérable qui est consommée comme boissons alcooliques diverses.

Cette forte production d'alcool dans notre pays constitue un danger social considérable sur lequel il faut absolument insister, car l'alcoolisme provoque une dégénérescence de la race et est certainement l'un des facteurs principaux ayant pour cause la diminution de la natalité et l'augmentation de la tuberculose.

Le législateur pourrait enrayer le mal en limitant les débits de boissons alcooliques, en supprimant le privilège des bouilleurs de cru, en interdisant les liqueurs nocives, etc. Malheureusement, des intérêts particuliers très puissants ont empêché, jusqu'à présent, une réforme absolument vitale pour notre pays. Il sortirait du cadre de notre étude d'examiner cette question si importante pour la santé et l'avenir de la race, mais il fallait la signaler parce qu'elle a forcément sa répercussion sur nos industries et que la production inférieure, en qualité et en quantité, de certaines contrées en est la conséquence directe.

Quant à l'*industrie vinicole* de notre pays, qui est la première du monde, si elle doit profiter des progrès incessants des sciences œnologiques et de fermentation, nous rappellerons que nous avons à Bordeaux un institut de chimie qui s'est déjà spécialisé dans ces questions et qui pourra contribuer à la diffusion des connaissances et applications utiles.

Parmi d'autres procédés pour obtenir l'alcool, nous ne pensons pas qu'il y en ait offrant un intérêt immédiat. On peut cependant transformer les déchets de bois : sciure de bois, sarmements de vignes, etc., par l'hydrolyse en glucose fermentescible,

et il paraît que les Américains ont obtenu des résultats encourageants par le procédé Classen à l'acide sulfureux. On ne peut songer à faire de l'alcool avec l'éthylène contenu dans le gaz des cokeries. Nous avons déjà signalé plus haut l'hydratation de l'acétylène en aldéhyde, en présence de sels mercuriques, ce qui permet d'obtenir soit de l'acide acétique par oxydation, soit de l'alcool par réduction. Enfin, les eaux résiduaires de la fabrication de la cellulose sulfiteuse peuvent également donner de l'alcool ; mais cette industrie n'est pas assez développée chez nous pour constituer un appoint sérieux.

L'alcool sert en industrie surtout comme dissolvant d'une part et comme agent d'éthylation d'autre part, soit sous forme de bromure d'éthyle ou d'éthylsulfate alcalin. C'est aussi la matière première indispensable pour la fabrication de l'éther, de l'iodoforme, du chloroforme et du chloral.

L'Allemagne qui est un gros producteur de pommes de terre — environ 400 millions de quintaux par an (343 millions en 1911, 502 millions en 1912) — en transforme une quantité notable en alcool par saccharification et fermentation. Comme sous-produit, il se forme de l'alcool amylique qui est un produit que nous sommes obligés d'importer pour divers emplois. Il paraît que, d'après les essais dus à M. Fernbach, de l'Institut Pasteur, on peut augmenter le rendement de cet alcool lors de la fermentation dans des proportions notables. Si ce fait se vérifie, nous aurons là le moyen de nous affranchir des importations étrangères de ce produit et de développer ses applications.

Nous n'insisterons pas sur les autres industries de fermentation régionales : la fabrication des poirés et cidres en Normandie, la brasserie dans l'Est et le Nord. Quoique notre production de bière dépasse 18 millions d'hectolitres par an, nous sommes distancés de loin par l'Allemagne et l'Angleterre et à peu près placés au même rang que la Belgique. Cela n'a évidemment rien d'étonnant puisque notre pays est le plus grand producteur de vin. Par la fermentation haute, localisée dans le Nord, le Pas-de-Calais, la Somme, l'Aisne et les Ardennes, on produit 14 millions d'hectolitres, alors que la fermentation basse, en usage en Meurthe-et-Moselle, dans les Vosges, à Paris et sa

banlieue, ne sert que pour fabriquer 4 1/2 millions d'hectolitres environ. Les importations d'Allemagne ne dépassaient pas 100.000 hectolitres annuellement. Pour l'étude de la brasserie, qui, dans ses méthodes, a tout à fait adopté des principes industriels — ce qui la différencie essentiellement de l'industrie vinicole — nous possédons une école spéciale à Nancy qui jouit d'un excellent renom et d'une réputation méritée.

Un sous-produit de l'industrie vinicole est la *crème de tartre*, dont notre pays est forcément, avec l'Espagne, un des plus gros producteurs, et dont elle exporte des quantités considérables (pour environ 20 millions de francs annuellement) sous forme de tartre brut, crème de tartre raffinée et acide tartrique. Il nous semble qu'il y aurait intérêt à raffiner la totalité des tartres dans nos usines et à augmenter notre production en acide tartrique (nouvel emploi pour l'acide sulfurique!).

L'acide *dioxytartrique*, qui se prépare en partant de l'acide tartrique par action du mélange sulfonitrique et décomposition par l'eau de l'acide nitrotartrique formé, a été la matière première pour la préparation d'un colorant jaune fort important : la tartrazine. Il semble cependant que l'on préfère prendre actuellement comme point de départ l'éther oxalacétique, qui résulte de la condensation de l'éther oxalique avec l'éther acétique en présence de sodium.

Il peut être intéressant de signaler ici que pour certains emplois l'acide tartrique peut être remplacé par l'*acide glycolique* qui est, en somme, un acide tartrique dédoublé. On l'obtient industriellement en Allemagne par la réduction électrolytique de l'acide oxalique. Il y a là un produit concurrent qu'il importe de ne pas perdre de vue.

L'industrie du *vinaigre*, par oxydation de l'alcool, peut être rattachée aux industries de fermentation. C'est un organisme microscopique, le *mycoderma aceti*, qui provoque cette réaction par sa présence, soit par son action directe soit d'une façon indirecte par suite de la formation d'une substance active comme dans le cas des fermentations. L'inconvénient des procédés usuels — aussi bien du procédé d'Orléans que du procédé

dit rapide — est la forte déperdition d'alcool par suite de l'évaporation. Il y aurait certainement lieu d'étudier soit la récupération de l'alcool — ce qui paraît fort difficile — soit plutôt une modification permettant l'exécution industrielle par voie chimique de cette réaction.

Nous rattacherons ici l'industrie de l'*acide lactique* par des procédés de fermentation en partant du glucose. Cette fabrication vient d'être montée en France tout récemment, et il faut espérer qu'elle arrivera à nous affranchir des importations allemandes (environ 250 tonnes annuellement).

Parmi les divers emplois de cet acide, nous signalerons surtout ses applications dans l'industrie textile où il sert au mordantage de la laine. On l'utilise pour la réduction du bichromate soit tel quel, soit sous forme de son sel de potassium acide (lactoline). Un autre emploi assez important est la préparation du *lactate d'antimoine*, qui sert à la fixation des tanins. L'antimonine par exemple est un lactate de chaux et d'antimoine contenant 27 0/0 Sb^2O^3 et pouvant remplacer le tartre émétique avec 43,4 0/0 Sb^2O^3 . Enfin, l'acide lactique peut servir aussi dans l'industrie de la tannerie pour le traitement des cuirs.

L'*acide citrique* qui se fait par décomposition, par l'acide sulfurique du citrate de chaux importé de Sicile, pourrait peut-être aussi être préparé en partant du glucose par l'action de certains microorganismes, tels que le *citromyces pfefferianus* et *glaber*. Toutefois les essais industriels entrepris, jusqu'à présent, n'ont pas abouti. Ce n'est pas une raison pour ne pas persévérer. Comme dans toutes les industries de fermentation, il importe sans doute d'avoir des cultures pures et c'est dans cette voie qu'il faudra diriger les efforts futurs en même temps qu'il faudra étudier les conditions exactes pour effectuer la réaction.

Pour apprendre la technique particulière aux industries de fermentations, la sélection des cultures, leur maintien à l'état pur, etc., etc., nous avons, à Paris, l'Institut Pasteur qui est à même de former les bactériologistes nécessaires. C'est aux industriels à comprendre l'importance des nouvelles méthodes pour le contrôle et la conduite des industries de fermentation

Il importe, enfin, de mentionner qu'en Allemagne, divers instituts, subventionnés par l'Etat, sont installés en vue de fournir aux distillateurs d'alcool, aux brasseurs et même aux vignerons les cultures pures dont ils ont besoin pour leurs industries.

Nous rattacherons, enfin, à ce chapitre deux autres acides organiques peu importants : l'acide lévulique et l'acide succinique. *L'acide lévulique* peut s'obtenir par action de l'acide chlorhydrique sur les hydrates de carbone ; il est sans emploi actuellement. *L'acide succinique* se forme en petites quantités lors de la fermentation alcoolique ; il peut se préparer par la voie de fermentation en partant de l'acide tartrique, dont il est un produit de réduction. Cet acide sert un peu dans l'industrie des matières colorantes, et il semble qu'on devrait pouvoir le synthétiser, dans des conditions industrielles, en partant de l'alcool ou de l'éthylène, par des procédés connus.

ANNEXES AUX CHAPITRES VI ET VII

Production de l'alcool en France (hl.)

1912	3.309.000 hl.
1913	2.953.000 »
1914	1.654.000 »
1915	1.987.000 »

Production de l'alcool dans les principaux pays industriels

	1912
	—
Russie	5.580.000 hl
Allemagne	3.750.000 »
Etats-Unis	3.650.000 »
France	3.100.000 »
Angleterre	1.193.000 »
Italie	800.537 »
Mondiale	22.900.000 »

Production européenne du sucre de betteraves

	1912/1913 en tonnes	1914/1915 en tonnes
Allemagne	2.730.000	2.500.000
Autriche-Hongrie.....	1.920.000	1.602.305
France	973.000	302.961
Belgique	300.000	203.608
Hollande	317.000	302.458
Russie	1.386.000	1.967.336
Divers	716.000	678.008
Total pour l'Europe.....	8.342.000	7.556.686
Etats-Unis	—	646.257
Canada	—	12.502
Mondiale.....		8.215.445

Production mondiale du sucre de canne

	1913/1914 en tonnes	1915/1916 en tonnes
Martinique.....	38.730	40.000
Guadeloupe.....	39.920	40.000
Amérique (total).....	4.984.000	5.214.384
Asie	4.065.730	4.339.000
Maurice	249.800	215.528
Réunion.....	35.782	40.000
Afrique (total).....	474.664	515.528
Australie	355.000	240.000
Espagne	12.231	5.000
Total.....	9.893.226	10.313.912

VIII

INDUSTRIE DES CORPS GRAS ET INDUSTRIES ANNEXES (1)

L'industrie des corps gras se rattache tout naturellement aux industries qui viennent d'être étudiées précédemment. Les graisses et les huiles servent, en effet, à l'alimentation — les corps gras sont un aliment indispensable à l'homme et important par le nombre des calories dégagées — ; elles ont un emploi industriel considérable et dérivent directement ou indirectement des produits du sol. On les obtient, ainsi qu'il est bien connu, par expression ou extraction des graines et produits oléagineux divers : olives, arachides, graines de lin, noix de coco, etc., recueillis chez nous ou importés des colonies ou de l'étranger, ou on les isole, par fusion ou extraction, des tissus adipeux des animaux d'élevage ou des produits des pêcheries. Dans certains cas on les recueille aussi, comme pour le beurre par exemple, dans les industries agricoles, à titre principal ou comme sous-produit, sans que l'obtention nécessite l'abatage de l'animal.

(1) Bibliographie à consulter : *Les huiles, graisses et cires*, par LEWKOWITSCH et BONToux, tomes I-III (1906-1910).

Traité pratique de savonnerie, par MORIDE-VARRENNE (1909).

Fabrication moderne et applications des savons industriels, huiles solubles et matières d'ensimage, par R. EHRSAM (1913).

Le Palmier à huile, par PAUL HUBERT (1910).

Les corps gras, par A.-M. WILLON.

Beaucoup des matières premières employées pour la préparation des huiles, et surtout celles d'origines végétales, proviennent des contrées tropicales où la croissance des plantes oléagineuses, dans un climat chaud, est plus rapide, et la richesse en corps gras plus élevée que dans nos contrées. Rien n'empêche d'augmenter encore les plantations et d'améliorer les cultures de ces plantes dans nos colonies. Mais il y a lieu aussi de développer l'emploi de nouvelles plantes et leur culture. Ainsi l'huile de soja, peu connue il y a quelques années, est devenue d'un emploi courant sur le marché européen. Il importe toutefois de signaler que pour les emplois comestibles il s'agit d'être prudent quand on introduit de nouvelles huiles et d'être bien certain de leur parfaite innocuité. Des accidents mortels, survenus il y a quelques années à la suite de la consommation d'une margarine provenant d'une usine allemande, prouvent qu'on ne peut être assez prudent en cette matière.

Vu la grande valeur commerciale des corps gras, il importe de les récupérer dans les industries diverses qui les produisent ou les utilisent et, à ce point de vue, on ne devrait perdre aucun déchet d'abattoirs : graisses, os, issues, etc., qui en contiennent, comme il conviendrait de traiter les eaux de lavage des laines, les eaux résiduaires des industries textiles, etc., pour en isoler les corps gras qui y sont contenus. Dans ce domaine de la récupération des graisses, il y a encore certainement fort à faire. Les graisses ainsi récupérées peuvent servir aux usages industriels les plus divers : préparation des cambouis, graisses pour engrenages, pour les cuirs, etc.

Nous n'insisterons pas particulièrement sur l'obtention des corps gras à partir des matières premières, car les procédés employés sont jusqu'ici uniquement du domaine de la mécanique : presses hydrauliques de divers modèles pour exprimer les matières premières, à froid ou à chaud ; appareils pour l'extraction à la benzine, au sulfure de carbone ou au tétrachlorure de carbone, des tourteaux, des os et des résidus divers ; appareils pour la fusion des suifs, etc. Partout on devrait disposer de l'outillage le plus perfectionné, pour obtenir le maximum de rendement avec le minimum de main-d'œuvre en même temps

que les produits les plus purs et le moins de sous-produits, tout en travaillant dans les conditions les plus hygiéniques que possible. Ainsi les fondoirs de suif devraient opérer en vases clos, à la vapeur d'eau ou à l'eau surchauffée, pour éviter les odeurs nauséabondes qui sont inévitables dès que l'on travaille dans des appareils ouverts.

Après expression, extraction ou fusion des huiles et graisses, on procède aux opérations de raffinage qui consistent essentiellement en filtrations, suivies, si nécessaire, d'un traitement chimique approprié à l'huile, soit à l'acide sulfurique, à la soude, etc., ou d'un procédé de décoloration.

Quoique les industries des corps gras soient disséminées un peu partout : dans le Nord, où l'industrie textile en consomme des quantités considérables, à Paris, avec ses fondoirs de suif, il y a cependant une région qui s'est spécialisée tout particulièrement dans cette industrie, grâce à sa situation géographique : c'est la région de Marseille. Le complément nécessaire de cette industrie régionale serait un institut de chimie spécialisé pour l'étude des corps gras et qui se rattacherait tout naturellement à la faculté des sciences Aix-Marseille.

L'importance de la région de Marseille ressort du chiffre annuel des transactions en huiles, graisses et tourteaux qui s'est élevé, en 1912, à environ 350 millions de francs. On compte 45 huileries disposant de 1.441 presses et produisant environ 1.000 tonnes d'huile par jour. Les importations en matières premières oléagineuses (arachides, graines de lin, de sésame, de colza, de ricin, de coton, de coprah, etc.), furent, pour l'année indiquée, d'environ 600.000 tonnes dont on a extrait 272.000 tonnes d'huile (312.000 tonnes en 1911) et obtenu, en outre, 285.920 tonnes de tourteaux qui servent à l'alimentation du bétail, comme engrais, etc. Le petit tableau suivant donnera quelques indications intéressantes sur l'importance des diverses matières premières et les rendements en huiles :

Produits oléagineux	Importations en tonnes	Huiles obtenues en tonnes
Arachides (Madras)	200.000	84.000
Arachides (pour huiles comestibles).....	160.000	56.000
Coprah.....	160.000	100.000
Graines de sésame	20.000	10.000
Graines de lin	17.000	6.000
Graines de ricin	15.000	6.000
Graines de colza	5.000	2.000
Divers.....	11.600	5.100
	<u>603.600</u>	<u>272.100</u>

Quant aux huiles fixes, pures, importées, on en trouvera le détail dans les tableaux des importations annexés à ces études et auxquels nous renvoyons pour plus ample informé. Nous sommes en particulier de grands importateurs d'huile d'olives (16.000 tonnes environ en 1913), provenant de la Tunisie, de l'Algérie, de l'Italie, de la Grèce et de l'Espagne (ce dernier pays en a produit 230.000 tonnes en 1913); un tiers de cette huile est de nouveau exportée, après raffinage, dans le monde entier.

Il n'est peut-être pas sans intérêt de signaler que si la France occupait, avant la guerre, une situation prépondérante pour l'industrie des corps gras, celle-ci lui était disputée par l'Allemagne. Ainsi nos importations en graines oléagineuses s'élevaient à 1.219.000 tonnes (en 1913) mais l'Allemagne arrivait pour la même année à 1.425.300 tonnes, correspondant à près de 570.000 tonnes d'huiles végétales.

Vu la valeur considérable des huiles et graisses comestibles, il est bien évident que l'industrie des corps gras a un intérêt considérable à transformer des graisses industrielles en graisses comestibles. A ce point de vue, l'industrie marseillaise a obtenu des résultats tout à fait remarquables. Ainsi le procédé de neutralisation et de désodorisation des huiles d'arachides a acquis une importance considérable; la production de l'huile comestible s'est élevée à près de 50.000 tonnes dont plus de la moitié est exportée (26.500 en 1913).

L'industrie du *beurre végétal*, végétaline, cocose, tip, etc., comme substituant du beurre est également des plus floriss-

santes. La matière première est l'huile de coco qui est d'abord neutralisée par un traitement alcalin à la chaux ou à la soude, puis désodorisée par une distillation à la vapeur d'eau surchauffée ou par l'air chaud, qui enlèvent les principes odorants composés de cétones supérieures. Cinq grandes usines en préparent annuellement au moins 50.000 tonnes d'une valeur d'environ 55 millions de francs ; 80 0/0 de la production environ sont exportés en Angleterre, en Scandinavie et en Hollande.

On peut aussi mentionner ici la préparation *des graisses de chocolat* avec la stéarine isolée des huiles de coco ou de palmiste par refroidissement de ces huiles, suivi d'une expression à la presse hydraulique. Ces graisses sont des succédanés destinés à remplacer en chocolaterie et dans la confiserie le beurre de cacao que l'on obtient en exprimant à la presse hydraulique, à chaud, les fèves de cacao, séparées des coques par vannage, puis broyées. Nous ajouterons ici que les fèves de cacao, dépouillées de la plus grande partie de leur matière grasse, servent à la fabrication des chocolats inférieurs et des poudres de cacaos solubles.

La *margarine* est également un produit remplaçant le beurre ; elle se faisait primitivement avec du suif (premier jus) auquel on enlevait, par des procédés appropriés, les glycérides solides et peu digestifs. Par battage avec une certaine quantité de lait puis addition d'huiles végétales appropriées, on arrivait à faire un produit comestible. Peu à peu, on a remplacé les graisses animales par les huiles végétales et l'on fabrique actuellement des produits composés presque uniquement de graisses végétales, surtout avec de l'huile de coprah et de l'huile de palmiste, et qui se rapprochent donc sensiblement des beurres végétaux mentionnés plus haut. Dans les pays septentrionaux on préfère, en général, les graisses mi-solides ou solides aux huiles, employées par les méridionaux ; c'est ce qui explique le succès et l'importance croissante de tous ces produits qui tendent à remplacer le beurre.

Pour obtenir une imitation du beurre aussi parfaite que possible, on colore souvent avec des colorants appropriés (aniline-azo-diméthylaniline par exemple). Afin de donner la propriété de pétiller et de brunir comme le beurre qui fond, on fait des

additions diverses : jaune d'œuf, lécithine, sucre de lait, carbonate et bicarbonate de soude, etc., sans que toutefois on soit arrivé, semble-t-il, à un résultat absolument parfait. Il y a donc encore lieu de continuer à faire des recherches.

..

Parmi les nombreux emplois industriels des huiles, nous croyons devoir faire abstraction de leur utilisation comme *huiles de graissage*, car cet emploi va en diminuant constamment, vu qu'elles sont remplacées, de plus en plus, sauf pour des usages spéciaux, moteurs à explosion, par exemple, par les lubrifiants d'origine minérale. Notons cependant que pour certaines industries cette substitution n'a pas été sans inconvénients. Ainsi les tissus tachés d'huile minérale ne peuvent être complètement dégraissés par le blanchiment habituel. On a préconisé, par conséquent, pour le graissage des métiers à tisser un mélange d'huile de coton et de pétrole d'Ecosse qui peut être saponifié complètement par les lessives alcalines. Il peut aussi être intéressant de signaler, incidemment, que le procédé de Hemp-tinne (action d'effluves électriques sur les huiles saponifiables) peut servir pour rendre celles-ci plus consistantes en vue de leur emploi comme lubrifiants.

Les industries de saponification utilisent les graisses et les huiles les plus diverses pour la fabrication des *savons*, selon les produits qu'il s'agit d'obtenir, et suivant leur qualité et leurs propriétés. Mentionnons parmi les matières premières les plus importantes : les huiles d'olives de deuxième ou troisième pression et d'extraction pour les savons utilisés dans l'industrie textile et pour les usages domestiques ; l'huile industrielle d'arachides qui est l'huile d'élection pour les savons blancs mousseux, l'huile de coco ou de coprah soit seule, soit en mélange pour les savons durs : blancs mousseux et marbrés mixtes ; l'huile de lin pour les savons mous à base de potasse, etc. L'huile de palmiste et l'huile de coton servent beaucoup moins en France que dans d'autres pays. On a aussi utilisé, récem-

ment, l'huile de kapok ; deux usines à Marseille ont traité 1.500 tonnes de graines qui ont donné 225 tonnes d'huile (15 0/0). Il faut toutefois faire remarquer que le choix de la matière grasse est beaucoup une question de prix et qui peut donc varier sensiblement d'après les cours de ces matières.

Dans ce domaine aussi, l'industrie marseillaise jouit d'un renom justifié, et elle exporte une quantité notable de sa production (près de 45.000 tonnes annuellement). Sans posséder des usines aussi importantes que certaines sociétés anglaises, elle fait néanmoins bonne figure, grâce à la qualité des produits qu'elle manufacture.

Nous ne pouvons entrer ici dans les détails de la fabrication des savons, ce qui nous entraînerait à des développements excessifs. Mais nous croyons utile de signaler le procédé de saponification par la lipase, le ferment contenu dans les graines de ricin. Ce procédé s'effectue à une température modérée, ce qui constitue une notable économie de vapeur et une dépense moindre que par les procédés de cuisson habituels.

Pour les industries de la stéarinerie et de la fabrication des bougies, ce procédé offre moins d'intérêt. On y emploie, comme par le passé, le procédé de saponification à la chaux dans l'autoclave, la saponification à l'acide sulfurique ou le procédé mixte, chaux et acide sulfurique, qui permet d'obtenir, en outre de la glycérine, un bon rendement en stéarine. Le procédé de saponification par la magnésie a, sur celui à la chaux, l'avantage de donner du sulfate de magnésie soluble, lors de la décomposition des savons magnésiens par l'acide. Il y a, enfin, le procédé Twitchell, qui opère la saponification par l'action de carbures aromatiques sulfonés et qui présente, paraît-il, un certain intérêt.

On sépare, ainsi qu'il est bien connu, l'acide oléique, liquide à température ordinaire, des acides palmitique et stéarique par expression, à chaud, à la presse hydraulique. L'emploi principal de l'acide oléique, appelé communément oléine, est la fabrication des savons de soude ou de potasse employés dans l'industrie textile. On peut aussi envisager, actuellement, sa transformation en acide stéarique par hydrogénation cataly-

tique ; les autres procédés proposés pour son durcissement n'ont pas donné de résultats suffisamment industriels. Il faut aussi constater, en passant, que l'emploi croissant des graisses pour les usages alimentaires, a provoqué un emploi plus considérable de la paraffine en remplacement de la stéarine pour la fabrication des bougies (la consommation des bougies s'est élevée à 18.900 tonnes environ en 1913).

Mais le progrès le plus important, réalisé dans le domaine des corps gras dans ces dernières années, est, sans contredit, celui de l'*hydrogénation des huiles*, procédé qui mérite de retenir toute notre attention. Comme cela s'est produit beaucoup trop souvent, l'idée du procédé est d'origine française, mais la réalisation a été effectuée d'abord à l'étranger, toujours plus entreprenant que nous, disposant de laboratoires de recherches et n'hésitant pas à faire des sacrifices pour l'étude et la mise au point d'une nouvelle fabrication (1).

Ce procédé consiste, en principe, à faire agir de l'hydrogène sur les graisses liquides en présence d'un catalyseur approprié. On réalise ainsi la fixation de l'hydrogène sur la double liaison des acides non saturés, contenus dans ces graisses, ce qui les transforme en acides saturés et provoque par ce fait même le durcissement de l'huile. Selon le degré d'hydrogénation, on pourra donc obtenir tous les états intermédiaires entre les huiles liquides et les graisses solides.

Le catalyseur par excellence serait le palladium ; toutefois son prix élevé et sa rareté l'écartent de l'emploi industriel, malgré qu'il soit possible de le régénérer après usage. C'est certainement le nickel qui semble être le catalyseur industriel ; il agit d'une façon efficace à l'état finement divisé, et donne aussi des résultats satisfaisants sous forme d'oxyde. Il paraîtrait même que c'est ce procédé qui serait actuellement préférable à tout

(1) *L'Hydrogénation des huiles*, par E. GRANDMOUGIN, *Tech. Mod.*, 1913, 375.

autre. Le premier brevet sur l'hydrogénation des huiles date de 1902 ; on voit donc qu'il va tomber incessamment dans le domaine public. On peut aussi se demander si le procédé, dont le principe a été publié par M. Sabatier, était encore susceptible de protection. Mais c'est là une question contentieuse que nous ne pouvons discuter ici, aussi peu que celle concernant les brevets utilisant l'oxyde de nickel ou des sels de nickel (formiate p. ex.) comme catalyseurs. On connaît ce procédé par des publications de savants russes (Jpatiew et Fokin) et l'on peut se demander également quelle est, dans ces conditions, la valeur juridique des procédés brevetés. Nous ne pouvons également donner des détails sur l'exécution industrielle de l'hydrogénation. Il importe toutefois de signaler qu'il faut employer de l'hydrogène très pur, car les impuretés rendent le catalyseur inactif. Celui-ci doit se trouver à l'état finement divisé, suspendu dans l'huile qu'il s'agit d'hydrer, et il faut maintenir celle-ci à une température appropriée.

L'appareil employé peut varier dans son principe, et il existe de nombreux modèles ; mais au point de vue chimique tous les procédés se ressemblent.

Le but de l'hydrogénation est de transformer des huiles de valeur industrielle inférieure en produits ayant un prix notablement supérieur ; l'opération a donc de l'intérêt aussi longtemps que l'écart entre les deux prix est supérieur aux frais de l'hydrogénation. Ce procédé semble être appelé à venir tout d'abord à l'aide de l'industrie des savons, pour laquelle le prix de la matière première est de la plus grande importance, et que la hausse constante des corps gras met dans une position difficile. Elle présente aussi de l'intérêt pour la stéarinerie, quoique, vu le développement considérable de l'éclairage par le gaz et par l'électricité, cette industrie ait atteint son apogée. On produit également par ce procédé de l'huile de ricin durcie qui sert comme isolateur dans l'industrie électrique. Quant à savoir si les graisses hydrées peuvent servir à l'alimentation, on ne paraît pas absolument fixé sur ce point. Si l'on prend comme point de départ des produits irréprochables, il ne semble pas y avoir de raison pour ne pas les utiliser à cet effet, car la faible propor-

tion de nickel qui y demeure (environ 1 millionième) paraît sans danger.

Pour l'industrie de la savonnerie, on arrive aussi à désodoriser des huiles de poisson par un traitement à l'acide sulfurique qui enlève les amines; puis en les chauffant dans une atmosphère d'acide carbonique vers 200°. Les produits odorants sont entraînés, l'acide clupanodonique est polymérisé, et après refroidissement dans le vide et traitement à l'eau chaude, on obtient des huiles (neutraline, par exemple) absolument dépourvues d'odeur, comme les savons qui sont préparés avec ces produits.

Il est, enfin, intéressant de faire remarquer que les constantes physiques et chimiques, qui servaient jusqu'à présent de repère pour caractériser les corps gras sont profondément modifiées par l'hydrogénation ainsi que par la désodorisation, et c'est un point fort important sur lequel il convient d'attirer l'attention des chimistes analystes.

* *

Les *sulforicines*, obtenus par l'action de 25 à 30 0/0 d'acide sulfurique concentré sur l'huile de ricin, à froid, puis lavage subséquent à l'eau salée et neutralisation à la soude ou à l'ammoniaque, offrent un intérêt tout particulier pour l'industrie textile. Leur emploi a cependant diminué par suite de la substitution partielle du rouge de paranitraniline au rouge d'alizarine.

Pour la production du rouge para, on ajoute à la préparation du naphтол un ricinate de soude ou d'ammoniaque. Ce produit s'obtient en saponifiant l'huile de ricin par la soude caustique; on décompose ensuite le savon de ricin obtenu par l'acide sulfurique, et l'on sépare de cette façon l'acide ricinique, qui est ensuite neutralisé à la soude ou à l'ammoniaque. Le produit ainsi obtenu est lancé sous les noms les plus divers et sert pour le naphтолage des tissus destinés à être teints ensuite en diazo de paranitraniline.

Le mercerisage demande des huiles solubles dans les lessives alcalines concentrées et destinées à faciliter le mouillage des

tissus é crus. Il y a aussi à signaler les savons monopole et autres qu'on ajoute aux bains de teinture pour obtenir une meilleure pénétration des fibres et qui ne précipitent pas immédiatement par les sels calcaires des eaux dures. Pour éviter l'huilage préalable des tissus, destinés à l'impression en alizarine, on a préparé des dérivés de l'acide ricinique par action de la formaldéhyde (le lizarol par exemple) qui offrent un intérêt incontestable pour les indienneurs.

Tous ces produits, et d'autres de nature plus spéciale, méritent d'attirer l'attention de nos industriels. Il nous semble que dans ce domaine aussi l'industrie allemande nous avait devancés parce que, en utilisant des chimistes spécialistes rompus aux recherches spéciales sur les huiles et toujours à l'affût de toutes les publications et de toutes les nouveautés, elle savait mieux que nous profiter des progrès incessants de la science sans compter son organisation commerciale prête à se plier à toutes les exigences de la clientèle.

Il nous faut mentionner aussi, à cette occasion, les huiles *d'ensimage* qui servent à la préparation des fibres textiles en filature, et de la laine en particulier. Pour toutes ces huiles textiles on emploie de plus en plus des mélanges d'huiles végétales saponifiables ou des sulforicinate avec des huiles minérales que l'on arrive à émulsionner d'une façon durable. Il importe cependant de ne pas exagérer la proportion d'huile minérale, car il peut se présenter des difficultés lors des opérations de lavage ou de dégorgeage.

Le tétrachlorure de carbone possède, ainsi que d'autres composés analogues, un pouvoir émulsionnant remarquable, ce qui permet précisément de l'employer pour ces préparations destinées au traitement des fibres textiles. Nous signalerons aussi à cette occasion l'anilide de l'acide stéarique qui possède le pouvoir d'émulsionner les graisses d'une façon spécifique. Ce produit est donc intéressant pour les apprêts et pour l'ensimage.

..

Un sous-produit important des industries de saponification est la *glycérine*, dont la principale production s'effectue égale-

ment dans la région de Marseille où elle s'élève à environ 9.000 tonnes annuellement.

La plus grande partie est exportée, principalement aux Etats-Unis, dans les Pays-Bas et en Angleterre (1.275 tonnes en 1910) pour servir à la fabrication des explosifs. La glycérine sert encore dans les industries textiles et pour les apprêts où elle est souvent remplacée par des succédanés : solution de glucose, etc.

Un emploi intéressant également l'industrie textile est la fabrication de l'*acétine* qui sert comme dissolvant pour les couleurs basiques. Il suffit de chauffer pendant 24 heures, en montant de 120 à 160° C., un mélange de une partie de glycérine avec 1 1/2 partie d'acide acétique cristallisable ; l'eau formée par la réaction distille et il reste dans la tourie en grès, dans laquelle l'opération s'est effectuée, l'acétine que l'on soutire après refroidissement. Une acétine industrielle contient environ 50 0/0 d'acide acétique combiné, de l'acide acétique libre et de la glycérine.

Nous avons déjà insisté plus haut sur la nécessité de la récupération des graisses industrielles. En précipitant par l'acide sulfurique les eaux provenant du lavage des laines brutes par le savon, on obtient le *suint brut* qui peut trouver divers emplois. Il importerait de raffiner cette graisse pour en faire de la *lanoline* (*adeps lanae*) incolore et inodore, dont l'emploi en pharmacie est considérable par suite de sa propriété d'absorber l'eau et les liquides aqueux. Cette industrie n'existe pas en France ; elle serait à créer pour nous affranchir des importations étrangères. Il semble que le meilleur procédé de purification de cette graisse consiste en un traitement à l'éther de pétrole, ce qui nécessite, il est vrai, une installation spéciale.

On paraît aussi avoir obtenu des résultats convenables par précipitation fractionnée comme savons calcaires et décomposition ultérieure par l'acide.

Un problème qui offrirait un intérêt technique incontestable serait d'obtenir une séparation des corps non saponifiables (cholestérine, isocholestérine, etc.) des graisses saponifiables, contenues dans le *suint brut* (car tous les acides gras des sa-

vons ayant servi au savonnage y sont également) et qui pourraient servir à nouveau pour faire du savon. On y arrive partiellement par écrémage et turbinage des eaux savonneuses provenant du lavage et c'est peut-être dans cette voie qu'il faudrait persévérer. Le filtre centrifuge Hignette qui a donné d'excellents résultats dans les huileries pourrait peut-être servir à cet effet. La distillation à la vapeur d'eau surchauffée ne semble pas avoir donné de résultats satisfaisants.

Enfin, les eaux de lavage provenant des industries textiles et précipitées par la chaux, donnent un savon calcaire impur (suintier) qui peut servir à la fabrication d'un gaz très riche par distillation avec de la houille. A défaut d'une autre solution ce serait encore un moyen d'utiliser ces résidus pour la production de la force motrice et l'éclairage de l'usine.

**INDUSTRIES ORGANIQUES DIVERSES EN RELATION AVEC
LES INDUSTRIES AGRICOLES (1)**

Une industrie organique fort importante est celle du *caoutchouc* et de ses dérivés, qui est représentée chez nous par quelques usines renommées et bien conduites.

La production et la consommation mondiale du caoutchouc se sont fortement développées ces dernières années; la production qui s'élevait à 74.082 tonnes en 1910/1911, a doublé depuis pour arriver à 146.000 tonnes en 1915. Ce développement considérable tient à l'essor pris par les plantations de caoutchouc, dont la production s'est élevée à 98.000 tonnes pour l'année indiquée.

Le petit tableau suivant donne la consommation des principaux pays :

(1) Bibliographie à consulter : *Guide de l'acheteur du caoutchouc manufacturé*, par PIERRE PELLIER (1912).

Les caoutchoucs artificiels, par L. VENTOUX-DUCLAUX (1913).

Teinture, corroyage et finissage du cuir, par M. C. LAMB, C. MEUNIER et G. PRÉVÔT (1910).

Manuel pratique du fabricant de vernis, par E. COFFIGNIER.

Manuel pratique de la fabrication des couleurs, par R. LEMOINE et CH. DU MANOIR.

L'industrie chimique des bois, par P. DUMESNY et J. NOYER.

Pays	Caoutchouc brut importé en tonnes	
	1914	1915
Etats-Unis.....	60.000	90.000
Angleterre.....	18.500	15.000
Russie.....	11.000	16.000
France.....	11.000	16.000
	<hr/> 100.500	<hr/> 137.000

On voit donc que ces quatre pays consomment la presque totalité de la production.

L'Allemagne ne figure pas dans cette statistique, car son ravitaillement est entravé par le blocus et le caoutchouc est une des matières premières qui lui manque le plus. On sait que ses chimistes avaient étudié, avec des moyens considérables, la question du *caoutchouc synthétique* sans aboutir toutefois à des résultats industriels. D'après des notes parues récemment dans un journal technique allemand, il paraîtrait cependant qu'une production limitée a pu être réalisée ; il ne faut pas oublier que, dans les conditions actuelles, le prix de revient ne joue qu'un rôle secondaire.

On sait que la synthèse du caoutchouc repose sur la polymérisation par des moyens appropriés d'un carbure non saturé : l'isoprène ou ses analogues et homologues. Parmi les matières premières qui pourraient être envisagées pour sa fabrication : l'essence de térébenthine, l'acétone, l'alcool amylique, la benzine de pétrole ou certains dérivés du goudron, seule l'essence de térébenthine est produite chez nous en quantités notables. Mais c'est un produit d'un prix très élevé et, en le prenant comme point de départ, on n'arriverait certainement pas à concurrencer le produit naturel, même si l'on possédait un procédé de préparation convenable de l'isoprène, et si la polymérisation s'effectuait dans de bonnes conditions.

A notre avis, le succès obtenu par le caoutchouc de plantation est une indication suffisante qu'il faut persévérer dans cette voie et développer de plus en plus nos plantations d'Hévéa en Indo-Chine (Tonkin, Laos, Annam) et dans nos autres colonies tropicales. Si la production est encore faible, parce que les plan-

tations sont récentes, il ne faut pas oublier que la qualité du produit est bien supérieure à celle des gommés sauvages de nos possessions : Congo français, Sénégal, Afrique occidentale française, Madagascar, Guyane, etc., qui nous fournissent plus de 3.000 tonnes annuellement (3.030 tonnes en 1913). La qualité inférieure des gommés sauvages provient surtout des procédés rudimentaires de coagulation qu'il paraît difficile d'améliorer ; mais pour le caoutchouc de plantation il semble qu'on devrait arriver à préparer une qualité équivalente à la gomme Para, en employant la coagulation à l'acide acétique suivie d'un enfumage.

Nous n'insisterons pas sur la vulcanisation du caoutchouc qui a pour but de lui incorporer du soufre ; il semble bien que cet élément entre en combinaison chimique avec la gomme, ce qui en modifie avantageusement les propriétés physiques et chimiques.

Vu le prix considérable de la gomme, l'industrie de la *régénération du caoutchouc* offre un intérêt considérable ; il y aurait lieu de la développer considérablement au lieu d'exporter les produits usagés, aux Etats-Unis notamment. Le procédé de régénération le plus employé est le procédé à l'acide, dû à l'Américain Mitchell ; il y a ensuite le procédé alcalin, créé par l'Anglais Marks, et puis un troisième procédé reposant sur l'action des dissolvants et qui permet de séparer la gomme des substances inertes, minérales et autres, qu'on lui a incorporées. Le dissolvant doit naturellement être récupéré intégralement. On a aussi, soit dit en passant, réussi à améliorer des qualités inférieures de caoutchouc brut par l'action de dissolvants appropriés (1).

Enfin, nous savons que par action du soufre sur l'huile de lin, on prépare des *caoutchoucs factices* qui peuvent servir en mélange avec la gomme naturelle. Par laminage de nappes de coton provenant des cardes avec du balata on a préparé des succédanés du cuir.

(1) EUG. GRANDMOUGIN, *La synthèse et la régénération du caoutchouc*, *Génie civil*, LVIII, 28 (1910).

*
**

L'huile de lin qui est une huile siccatrice par excellence sert à la préparation des *verniss siccatifs* et des produits qui en dérivent. On connaît le rôle particulier joué par le manganèse dans la préparation de ces spécialités. La place nous manque ici pour traiter en détail ces industries particulières : vernis volatils à l'alcool, vernis gras divers aux copals, que l'on rend solubles dans l'essence par une élévation de température qui provoque leur dépolymérisation. Il est vrai que lors du traitement pyrogéné des copals durs, on en perd de 20 à 25 0/0, ce qui rend intéressants les procédés de solubilisation dans l'alcool amylique sans ce traitement préalable. La préparation des vernis, des siccatifs, des encres grasses et d'imprimerie sont des spécialités souvent tenues secrètes, et qui procèdent d'une longue expérience et de tours de mains particuliers jalousement gardés. Si nous en parlons, c'est pour montrer que, dans ces domaines, dont l'étude scientifique est rendue fort difficile par suite de la complexité des réactions et la multiplicité des facteurs qui interviennent, de longues et patientes expériences font plus que les spéculations les plus hardies. Il faudrait cependant se garder de considérer ces industries comme de la cuisine parce que le mécanisme des réactions n'est pas accessible à l'analyse mathématique. Au point de vue scientifique, il importe aussi de faire remarquer que l'étude des acides gras non saturés, des glycérides de ces acides et leurs produits de transformation (linoxine) ainsi que des résines n'est pas encore suffisamment avancée. La méthode de scission par l'ozone, qui a donné des résultats fort intéressants pour la chimie du caoutchouc, promet également de donner des résultats dans ce domaine.

Les *cires*, qui servent aussi pour certaines de ces industries, sont importées en partie, comme les cires du Japon, de Carnauba et de Myrica, de même que les cires minérales de lignite, les paraffines et vaselines qui sont des sous-produits des combustibles fossiles. Nous tirons une certaine quantité de cire d'abeille de notre colonie de Madagascar.

..

Nous n'insisterons pas sur le traitement des réglisses, guimauve, althea ainsi que d'autres produits végétaux; écorces, lichens, etc., transformés dans nos usines pharmaceutiques et autres. Une industrie nouvelle mérite d'être signalée ici, c'est la décafféination du café par des solvants volatils, le benzol en particulier, qui a pour but de lui enlever son principe actif, la cofféine, que l'on peut récupérer. On peut aussi rattacher ici les industries de torréfaction, préparation de la chicorée et produits similaires.

La fabrication des extraits tannants mérite une mention particulière. La France est le principal producteur pour *l'extrait de châtaignier*. On consomme pour sa fabrication dans 30 usines environ 600.000 tonnes de bois par an; la valeur de la production s'élève à près de 40 millions de francs et l'exportation en est considérable (110.500 tonnes en 1913). A mentionner que parmi les nombreux procédés de décoloration qui ont été proposés, seul celui au sang trouve un emploi industriel.

Pour l'extrait de quebracho, on importe surtout les produits secs préparés sur place en Argentine et que l'on rend solubles par l'opération du sulfitage. Celle-ci consiste à traiter les extraits avec du bisulfite de soude dans une chaudière autoclave pendant quelque temps, à 140° C. Par cette opération les tanins insolubles sont solubilisés; le bisulfite agit comme agent de sulfonation. Nos exportations en extrait de quebracho dépassent sensiblement nos importations (de 5.000 t. environ en 1913).

L'industrie des extraits tinctoriaux a profité de la pénurie de matières colorantes artificielles pour se développer d'une façon considérable, et il est à présumer que son importance persistera encore un certain temps après la guerre, surtout si, par des droits protecteurs élevés, on tend à protéger l'industrie des matières colorantes artificielles.

Les principales fabriques d'extraits tinctoriaux se trouvent au Havre; c'est par ce port principalement que se font les importations des bois de teinture, qui se sont élevées à 25.178 tonneaux de bois de campêche, 4.554 tonneaux de bois jaune, et 761 ton-

neaux de bois du Brésil en 1912. Notons encore près de 2.000 tonneaux de quercitron provenant en partie de Madagascar, ainsi que de certains lichens tinctoriaux, et en particulier de l'orseille, originaire de la même colonie.

Ces chiffres se sont sensiblement maintenus malgré la guerre ; ainsi pour 1915 les importations se montent pour le Havre de 70.000 à 75.000 tonneaux dont 22.000 tonneaux de bois de campêche et 35.000 tonneaux de quebracho. Toutefois l'importation du bois jaune s'est élevée à 9.700 tonneaux, tandis que le bois rouge a baissé à 300 tonneaux et le quercitron à 800 tonneaux.

Pour la fabrication des extraits, notre industrie possède un renom justifié. Ainsi les extraits de campêche, pour la teinture des noirs, sont réputés. Il y aurait lieu de développer certaines spécialités : noirs réduits pour l'impression, etc. qui ne peuvent être remplacés par les colorants artificiels.

La supériorité de notre fabrication ressort du fait que nous exportons environ 4.000 tonnes d'extraits tinctoriaux dont 1.200 tonnes vont en Allemagne.

Pour certaines couleurs artistiques, nous possédons également un excellent renom : beaucoup d'entre elles sont d'origine minérale mais il y en a aussi dérivant du règne végétal ou animal : tel que le jaune indien, les laques de cochenille et quelques laques de garance, toujours encore employées malgré les alizarines artificielles.

A mentionner aussi la fabrication de couleurs extraites des plantes et des fleurs : chlorophylle, anthocyanes diverses, etc., qui servent pour la coloration des matières alimentaires.

Enfin, les encres diverses viennent s'ajouter à ces industriels que leur multiplicité et leur diversité nous empêchent de traiter en détail.

LES ENGRAIS MINÉRAUX : SUPERPHOSPHATES
ET SELS DE POTASSE (1)

Pour avoir des industries agricoles florissantes et pour augmenter le rendement de toutes nos cultures, il faudra envisager, plus que par le passé, la fumure intensive de nos terres. Nous ferons abstraction des engrais organiques, déchets des industries agricoles et d'élevages, pour ne nous occuper que des engrais minéraux, préparés par l'industrie chimique. Il importe d'insister sur le fait, qu'au point de vue agricole, contrairement à la bonne opinion que nous avons de nous, nous étions fortement devancés par d'autres pays. Ainsi pour la culture du froment, le rendement annuel moyen était de 13 quintaux à l'hectare, alors qu'au Danemark, par suite d'une culture rationnelle et scientifique, on arrive à des rendements de 27 à 33 quintaux. La France occupe le quinzième rang pour cette culture, et il importe que notre rendement s'élève à au moins 20 quintaux, sans quoi nous

(1) Bibliographie à consulter : *Annuaire statistique des engrais et produits chimiques destinés à l'agriculture*, par E. et M. LAMBERT (1912).

Les engrais chimiques et produits chimiques utiles à l'agriculture, par M. LAMBERT (1917).

Les mines de potasse de la Haute-Alsace, éditée par la Société Industrielle de Mulhouse (1912).

EUG. GRANDMOUGIN, *L'industrie des sels de potasse en Alsace*, *Tech. Mod.*, 1914, 49.

Méthodes d'analyses des sels de potasse, par HAUMONT et COUTURIER, 1912.

sommes tributaires de l'étranger pour près de 15 millions de quintaux, représentant une somme d'environ 300 millions de francs annuellement.

Ce qu'il faut surtout faire remarquer, c'est que la qualité de nos terres est excellente, et que notre rendement déficitaire provient de l'ameublissement insuffisant du sol et de la dose insuffisante d'engrais chimiques.

Nous ne pouvons traiter ici la question du travail du sol. Ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire dans un chapitre précédent, il faudra avoir recours à la culture mécanique intensive et à la formation de syndicats agricoles pour l'exploitation collective de nos terres labourables fortement morcelées. C'est une réforme profonde de nos mœurs paysannes qui sera difficile à réaliser, mais l'intérêt général exige que les conventions personnelles s'effacent devant lui.

Quant à l'emploi des engrais, on mesurera le progrès qui peut être réalisé avec leur aide, par le fait, qu'en Angleterre et en Allemagne, on utilise de 16 à 18 kilogs de nitrate par hectare, alors qu'en France la moyenne n'est que de 7 à 8 kilogs. En prenant la même proportion que nos voisins, le rendement à l'hectare pourrait être augmenté d'un tiers. Il est vrai que nous sommes tributaires du Chili pour cet engrais, mais il s'agit précisément d'examiner si nous ne pouvons nous affranchir de l'étranger et produire nos engrais par nos propres moyens.

Voici, du reste, quelle est la consommation d'engrais artificiels (pour 1911) :

Engrais	Tonnes	Valeur en millions de francs
Salpêtre du Chili	300.000	75
Sulfate d'ammoniaque	83.000	30
Sels de potasse	100.000	15
Superphosphates	1.600.000	95

Il faut encore ajouter à ces chiffres 80.000 tonnes d'engrais organiques divers (83.395 tonnes en 1913) et 200.000 tonnes d'engrais minéraux (206.000 tonnes en 1913), soit pour un total de

près de 250 millions de francs, dont près de la moitié va à l'étranger.

* * *

Pour l'industrie des *superphosphates* nous sommes très bien placés, et nous disposons surtout des matières premières indispensables, produites par la Tunisie et l'Algérie. Nous avons déjà eu l'occasion de signaler la production considérable de nos colonies méditerranéennes en phosphates naturels, dont nous importons 706.000 tonnes venant de la Tunisie et 81.000 tonnes de l'Algérie. Il nous faut, en outre, encore 121.000 tonnes de phosphates de Floride, nécessaires pour les mélanges à effectuer lors de la fabrication.

Celle-ci est, comme on le sait, des plus simples ; elle consiste à faire agir de l'acide sulfurique à 53° B. sur le mélange des phosphates assortis et finement broyés. On obtient, sans autre, un superphosphate titrant de 14 à 18 0/0 en acide phosphorique soluble. On pourrait aussi préparer des supers titrant de 40 à 45 0/0, mais cette fabrication exécutée en Allemagne ne semble pas avoir été entreprise chez nous.

Au point de vue de la production des superphosphates, la France vient en première ligne en Europe ; il faut que notre pays garde son avance et développe encore sa production. Comme l'Allemagne est obligée d'importer les phosphates naturels (ceux de la Lahn étant épuisés), notre industrie des superphosphates, mieux placée, doit être à même de lui faire concurrence sur le marché mondial.

Mais pour pouvoir lutter efficacement avec nos voisins, il faut que cette industrie, qui est limitée comme prix, jouisse de tarifs appropriés pour le transport des matières premières et des matières finies. Or, les matières premières venant d'Algérie subissent les exigences d'un monopole de transport qui influe d'une façon défavorable sur les prix.

Le petit tableau suivant donne la production des superphosphates dans les divers pays en temps normal :

Pays producteurs	Production en tonnes	
	1912	1913
Etats-Unis	3.248.000	3.248.000
France	1.950.000	1.920.000
Allemagne	1.718.400	1.818.700
Italie.....	1.019.266	972.494
Angleterre	840.000	820.000
Belgique.....	450.000	450.000

Par suite des événements actuels la production nationale est en forte diminution, l'acide sulfurique étant absorbé par les industries de la guerre. Aussi l'importation des phosphates naturels est-elle tombée de 940.791 tonnes en 1913 à 661.429 tonnes en 1914, à 325.762 tonnes en 1915 et à 285.905 tonnes en 1916.

Mais il n'y a aucune raison pour que cette industrie ne reprenne son importance d'avant la guerre et même qu'elle augmente encore sa production. En temps normal, l'industrie des superphosphates absorbe les trois quarts de la production française en acide sulfurique, soit 600.000 tonnes à 66° B^é, ou près de un million de tonnes d'acide à 53° B^é. Il y a là un débouché tout trouvé pour l'excès de production en acide sulfurique, qui sera disponible après la guerre, en tenant compte des conditions économiques que nous indiquons plus haut. Nous pensons qu'il y a lieu aussi de faire remarquer que, dans le cas où nous développerions nos industries organiques, les opérations de nitration fourniront des quantités considérables d'acides résiduaux qu'il y aura lieu peut-être d'employer pour cette industrie, à moins qu'on ne les concentre à nouveau pour régénérer l'acide sulfurique et récupérer l'acide nitrique encore contenu.

Il ne faut, enfin, pas perdre de vue qu'après les hostilités, on peut s'attendre à une demande d'engrais brusque et formidable, car les stocks sont à peu près nuls chez les alliés et les neutres, et il se manifesterait une véritable famine de phosphates. A nos industriels de prendre, dès maintenant, les mesures nécessaires pour pouvoir répondre, autant que possible, aux exigences d'après-guerre. Grands producteurs de phosphates naturels et disposant d'une production d'acide sulfurique considérable,

nous devons assurer et maintenir notre prépondérance sur le marché européen.

Un autre engrais phosphaté, employé en agriculture, est constitué par les scories Thomas broyées qui sont un sous-produit de l'industrie sidérurgique et dont la production dépend de cette industrie. C'est dire que, dans ce domaine, nous sommes dépassés, et de loin, par l'Allemagne, dont on connaît la forte production en fer.

Pays producteurs	Scories Thomas en tonnes	
	1912	1913
Allemagne	2.110.000	2.250.000
France	679.000	700.000
Belgique.....	534.000	655.000
Angleterre	400.000	404.000
Luxembourg	253.000	250.000

Le retour de la Lorraine annexée et du bassin houiller de la Sarre aurait pour conséquence de doubler presque notre production de fonte, qui, en temps normal, s'élève à 5 millions de tonnes, et de l'amener à 8 millions environ. Cette augmentation préoccupe, soit dit en passant, sérieusement nos métallurgistes quant aux débouchés à créer. Elle aurait toutefois l'avantage de procurer à nos industries agricoles de nouvelles quantités de scories Thomas qui, avec une teneur moyenne de 17 0/0 d'acide phosphorique, constituent un engrais phosphaté très économique.

Nous sommes par contre très mal partagés quant aux *sels de potasse* et, pour cet engrais, nous étions tributaires de l'Allemagne. L'importance de cette industrie allemande ressort des chiffres suivants :

	Consommation de la potasse (K ² O) en tonnes :		
	1913	1914	1915
Allemagne	606.530	635.300	562.170
Autres pays	519.540	531.300	386.430
	<u>1.126.070</u>	<u>1.166.600</u>	<u>948.600</u>

En 1912, la consommation mondiale s'est élevée à 1 009.218 t. dont 903.927 tonnes ont servi en agriculture (soit 89,6 0/0) et seulement 105.221 tonnes dans l'industrie (10,4 0/0). Le plus gros consommateur est l'Allemagne même avec 463.383 tonnes, puis les Etats-Unis avec 216.244 tonnes, tandis que la France ne venait qu'au quatrième rang, après la Hollande, avec 31.690 tonnes de potasse.

On produit bien un peu de potasse par calcination des eaux de lavage des laines et des vinassés de betteraves, ainsi que par la lixivation des cendres de bois et de varechs. Mais les quantités ainsi produites sont insuffisantes pour les besoins de notre industrie et de notre agriculture.

D'après des estimations incertaines, la production de potasse de suint était d'environ 3.000 tonnes avant la guerre ; mais en traitant la totalité des laines travaillées en France, soit environ 200.000 tonnes annuellement, on pourrait retirer des eaux de lavage environ 8.000 tonnes de potasse (sans compter 16.000 tonnes de graisse de suint). La même quantité résulterait du traitement des 120.000 tonnes de mélasse produite par notre industrie sucrière et dont une partie seulement servait pour faire du salin de betteraves. On produit aussi une faible quantité de potasse par le traitement des goémons, mais cette production, qui peut varier du simple au double selon les conditions atmosphériques qui ont prévalu dans le courant de l'hiver, ne dépasse pas un millier de tonnes (150 tonnes de sulfate, 850 tonnes de chlorure). Cela ferait un total de 16.000 à 17.000 tonnes qui pourrait suffire pour les besoins industriels mais non pour les besoins de l'agriculture.

A ce point de vue, le retour de l'Alsace modifierait complètement la situation ; elle nous permettrait de couvrir non seule-

ment nos besoins, mais nous deviendrions forcément des exportateurs capables de concurrencer le monopole allemand.

Les gisements des sels de potasse se trouvent dans la région de Mulhouse, à une très grande profondeur (600 mètres) et forment deux couches : l'inférieure a une superficie de 170 millions de mètres carrés et une épaisseur moyenne de 3 m. 50 ; la couche supérieure, plus petite, occupe une superficie de 80 millions de mètres carrés et a une épaisseur moyenne de 1 mètre. On estime qu'il peut y avoir 300 millions de tonnes de potasse pure d'une valeur de 60 milliards de francs. Le gisement est constitué essentiellement par de la sylvine (KCl) et de la sylvinite (KCl + NaCl), de sorte que le produit extrait de la mine, et qui contient de 20 à 70 0/0 de KCl, n'a qu'à être broyé pour pouvoir servir directement en agriculture. Pour l'industrie chimique on prépare du chlorure concentré à 98 0/0 KCl, par voie humide, en utilisant la différence de solubilité entre les chlorures de potassium et de sodium à l'ébullition. Les capitaux investis dans les mines s'élevaient à près de 60 millions de francs, fournis en majeure partie par des capitalistes allemands ; un groupement (Ste-Thérèse) avait été constitué avec des capitaux français par l'entremise d'une banque régionale. Quelques puits étaient en exploitation avant la guerre, notamment la mine Amélie dont l'appoint, réglé par le syndicat, était de 12,8 0/00 de la production allemande.

Il est évidemment difficile d'établir, dès à présent, l'importance que prendrait l'exploitation alsacienne sous le régime français. Si la production a été volontairement limitée, avant la guerre, pour éviter une surproduction qui aurait amené l'avalissement des prix, il est à présumer qu'elle pourra se développer librement et concurrencer sérieusement le monopole allemand. Il faudra cependant, soit dit incidemment, améliorer encore les voies d'accès des mines et les transports par voie fluviale (canal du Rhône au Rhin).

Tout récemment, on vient de découvrir des gisements de sels de potasse en Catalogne. C'est dans les mines de sel bien connues de Cadorna qu'on a reconnu des affleurements de sels de potasse, notamment à Suria, Pons, Guisona, etc. Ces gisements

sont constitués par de la carnallite et de la sylvine très pure. Déjà des concessions ont été accordées à divers groupements dont un syndicat allemand de Stassfurt. Il importe de suivre attentivement le développement de cette industrie dans un pays voisin et les répercussions qu'elle pourra avoir, dans l'avenir, sur l'industrie des sels de potasse.

Il faut aussi noter que, depuis la guerre, les Italiens ont importé des sels de potasse venant d'Erythrée et que les Américains étudient d'une façon intensive l'obtention des sels de potasse à partir des minerais feldspathiques.

Voici, enfin, pour fixer les idées, le montant des importations françaises en sels de potasse venant d'Allemagne, pour 1913 :

	tonnes
Chlorure de potassium à 80 %/0	51.400
Sulfate de potasse à 90 %/0	25.000
Kaïnite'.....	70.000
soit au total : 126.400 tonnes correspondant à 42.000 tonnes de potasse pure.	

LA FIXATION DE L'AZOTE (1)

Un problème de grande envergure et qui mérite d'être examiné avec la plus grande attention est celui de la *fixation de l'azote* de l'air. Il peut être intéressant de faire remarquer que ce problème était capital pour les Allemands, coupés de toute communication avec le Chili, grand fournisseur de nitrate, et ils ont su le résoudre de façon telle, qu'à l'heure actuelle, l'unité d'azote revient moins cher en Allemagne que dans tous les autres états belligérants. La production allemande s'élève à 350.000 tonnes de nitrates synthétiques et 300.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque par synthèse, sans compter 550.000 tonnes obtenues, en temps normal, comme sous-produit de la carbonisation de la houille. Non seulement les besoins de leur fabrication en explosifs sont complètement couverts, mais aussi ceux de leur agriculture — car il faut ajouter à la production de nitrates et de

(1) Bibliographie à consulter : *Les nouveaux engrais azotés*, par EM. MIÈGE (1913).

L'utilisation industrielle de l'azote atmosphérique, A. WAHL. Bull. Soc. Ind. de l'Est. N° 92 (1911).

La fabrication électro-chimique de l'acide nitrique et des composés nitrés à l'aide des éléments de l'air, par J. ESCARD (1909).

Air liquide oxygène, azote, par G. CLAUDE (1909).

EUG. GRANDMOUGIN, *L'industrie des cyanures alcalins*, Tech. Mod., 1913. 151.

sulfate d'ammoniaque encore 40.000 tonnes de cyanamide calcique (1) — et ils envisagent non seulement l'affranchissement complet des importations du Chili, mais même de devenir exportateurs en engrais azotés. Pour notre pays, qui possède la liberté des mers, le problème ne se pose pas de même. Cependant, comme nos importations en salpêtre de Chili représentent annuellement la somme de 85 millions de francs, il est intéressant de se demander si l'on pourrait produire cet engrais ou son équivalent chez nous, d'autant plus que la matière première, l'azote, est à notre disposition en quantité illimitée. Nous disposons également des autres produits nécessaires : chaux, carbone, hydrogène (eau) et aussi de la houille blanche pouvant fournir la force motrice à bas prix.

La consommation mondiale en nitrate est d'environ 21/2 millions de tonnes (2.556.973 tonnes en 1913) et sur ce chiffre la France importe environ 350.000 tonnes. Un peu plus d'un dixième sert pour l'industrie : 2.000 tonnes pour la verrerie, 20.000 tonnes pour la fabrication d'acide sulfurique, de l'acide nitrique, des nitrites et de la céruse, 6.000 tonnes environ pour le salpêtre de potasse et 12.000 tonnes pour les divers explosifs. Il reste donc de 300.000 à 310.000 tonnes disponibles pour l'agriculture. Actuellement, les proportions sont autres, les importations ayant sensiblement diminué et la consommation des nitrates, pour la fabrication des explosifs, étant multipliée dans des proportions considérables.

♦
♦♦

Pouvons-nous fabriquer, en temps normal, les nitrates qui nous sont nécessaires, par les procédés électro-chimiques et par la combustion de l'air en particulier? Cette solution n'apparaît pas comme intéressante, car, quel que soit le procédé adopté (Birkeland-Eyde, Schönherr, Pauling ou autres) le rendement effectif ne dépasse guère 3 0/0 de l'énergie employée. Sans doute,

(1) D'après des données que nous n'avons pu contrôler, cette production aurait décuplé depuis la guerre.

dans les industries de l'éclairage, le rendement est encore moins bon ; mais en attendant qu'on ait trouvé une solution pratique pour la lumière froide, il faut bien accepter cette dépense excessive d'énergie dans ce cas particulier.

La production française exigerait, pour 50.000 tonnes d'azote, fixé comme nitrate, pour le moins 450.000 chevaux. Si cette industrie est viable en Norvège, cela tient au bas prix de revient de la force hydraulique dans ce pays, prix qu'il serait difficile de réaliser en France. La fabrication des nitrates quoique exécutée chez nous (usine de la Roche-de-Rame, Hautes-Alpes) ne paraît pas susceptible d'un grand développement, à moins d'un perfectionnement très sérieux permettant d'augmenter sensiblement les rendements.

Comme on peut du reste produire l'acide nitrique par oxydation catalytique de l'ammoniaque avec d'excellents rendements (procédés Ostwald, Franck-Caro, etc.), le problème consiste donc essentiellement à synthétiser l'ammoniaque dans des conditions aussi favorables que possible.

C'est plutôt dans cette voie qu'il faudra chercher la solution du problème de la fixation de l'azote.

Nous ne signalerons qu'incidemment le procédé d'oxydation par les ferments nitrifiants, en présence de tourbe, car il n'est pas entré dans la pratique industrielle.

..

La fabrication de la *cyanamide calcique* constitue une première solution industrielle du problème de la fixation de l'azote. Le procédé ainsi qu'il est bien connu, consiste, à faire agir l'azote libre, à température élevée, sur le carbure de calcium, lui-même, obtenu au four électrique, par action du coke sur la chaux. L'exploitation de ce procédé est déjà fort importante, ainsi qu'il résulte du petit tableau suivant :

Pays producteurs	Production de la cyanamide en tonnes		
	1912	1913	1914
Etats-Unis	14.000	31.000	68.000
Allemagne	22.000	24.000	36.000
Autriche-Hongrie.....	5.000	7.500	24.000
Norvège	14.000	22.000	23.500
Italie.....	10.500	15.000	22.500
Suède.....	6.000	17.000	17.000
France.....	7.500	7.500	7.500
Suisse.....	7.500	7.500	7.500
Japon.....	5.000	7.500	7.500

Une partie de ces chiffres repose sur des estimations. Il est toutefois intéressant de constater que la production mondiale a plus que doublé en deux ans; en effet, elle a progressé de 91.438 tonnes en 1912 à 209.500 tonnes en 1914. La production française (usine de Notre-Dame de Briançon) n'a pas suivi ce mouvement ascendant, elle est restée à peu près stationnaire. Rien ne s'oppose cependant au développement de cette industrie chez nous, car nous disposons de tout ce qui est nécessaire. On remarquera que notre production indigène n'est même pas 1/20 de la production mondiale, alors que pour le carbure de calcium, nous produisons près de la dixième partie (33.000 tonnes sur 370.000 tonnes environ).

Le cyanamide a l'avantage de pouvoir servir directement comme engrais; elle se décompose dans le sol en donnant de l'ammoniaque qui s'oxyde en nitrate.

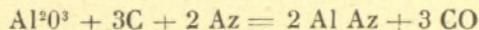
Toutefois, elle présente certains inconvénients: elle sent très mauvais, elle dégage de la poussière, puis la chaux peut être nuisible à certaines plantes. Le meilleur procédé pour obvier à ces inconvénients semble être actuellement la décarburation. On décompose par l'eau le carbure de calcium excédent, on éteint la chaux et l'on obtient ainsi, en définitive, un produit titrant environ 15 0/0 d'azote. Pour couvrir la consommation française, correspondant à 50.000 tonnes d'azote, il faudrait donc au moins 350.000 tonnes de cyanamide, dont la fabrication exigerait près de 200.000 chevaux hydrauliques.

La cyanamide calcique peut servir de point de départ pour la

préparation de l'ammoniaque en la décomposant par l'eau, sous pression de 2 à 3 atmosphères. Il se forme du carbonate de calcium et de l'ammoniaque que l'on recueille dans l'acide sulfurique.

..

Une synthèse de l'ammoniaque, fort élégante, consiste à décomposer l'azoture d'aluminium par l'alcali sous pression ; il se dégage de l'ammoniaque que l'on recueille dans l'acide sulfurique, tandis que l'alumine se sépare ou passe en solution sous forme d'aluminate. L'alumine peut rentrer dans la fabrication de l'azoture ou servir à la fabrication de l'aluminium, car, par un procédé approprié, il est facile de débarrasser le nitrure des impuretés, et notamment du fer provenant de la bauxite. On prépare, en effet, l'azoture d'aluminium en faisant agir, vers 1.800° C. au four électrique, de l'azote sur un mélange de bauxite et de charbon :



Ce procédé paraît particulièrement intéressant pour notre industrie nationale, par suite de notre richesse en bauxite, et parce qu'il permettrait de préparer en même temps du sulfate d'ammoniaque et l'aluminium.

Si l'aluminium produit actuellement l'était en partant du nitrure, on obtiendrait, en dehors des 18.000 tonnes d'aluminium qui constituent notre production, encore 30.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque comme sous-produit. Le procédé est aussi avantageux au point de vue de l'énergie, puisque la fixation de 50.000 tonnes d'azote ne nécessiterait guère plus de 90.000 chevaux, c'est-à-dire la moitié de la force nécessaire à la production d'une quantité équivalente de cyanamide et un cinquième seulement de celle nécessaire à la fabrication du nitrate. On ne peut donc assez insister pour le développement de ce procédé, dès que les conditions industrielles de réalisation seront suffisamment étudiées et mises au point.

Nous ajouterons qu'on a breveté aussi la préparation d'autres

azotures : du molybdène, du titane, du silicium. Ce dernier seul, vu l'abondance de la silice, semble pouvoir entrer en ligne de compte sans que toutefois, à défaut des éléments nécessaires, on puisse se prononcer d'une façon définitive sur l'avenir de ces procédés.

*
*
*

Le procédé, employé en Allemagne pour la synthèse de l'ammoniaque, est le procédé Haber : union directe de l'azote à l'hydrogène, en présence d'un catalyseur approprié, à température élevée et à une pression considérable (150 atmosphères). Cette fabrication est viable ; elle fonctionnait déjà avant la guerre et a été décuplée depuis. L'exécution industrielle demande un appareillage tout particulier et des précautions spéciales ; elle doit présenter de sérieuses difficultés pour la mise au point. Il y aurait aussi à examiner la question des brevets pour savoir jusqu'à quel point ceux-ci sont valables, car il existe, paraît-il, une antériorité française. (Le Chatelier)

Nous ne possédons pas de détails sur l'appareillage, sauf ce qui en est mentionné dans les brevets de la Badische Anilin et Sodafabrik ; il semble que le catalyseur employé soit le fer à l'état finement divisé. L'azote s'obtient par liquéfaction de l'air ou, mieux encore, des gaz brûlés, sa séparation de l'acide carbonique étant plus facile que celle de l'oxygène. Quant à l'hydrogène, il existe de nombreux procédés pour sa préparation ; la fabrique badoise semble le préparer en faisant agir le gaz à l'eau sur de la chaux hydratée, on obtient ainsi le même volume d'hydrogène que de gaz à l'eau. Il existe encore d'autres procédés pour préparer le mélange des deux gaz dans la proportion voulue ; l'important est d'employer des gaz purs, car les impuretés rendent le catalyseur inactif.

Au point de vue énergétique, le procédé Haber est le plus avantageux : on peut fixer 50.000 tonnes d'azote avec une dépense de force de 16.000 chevaux, soit six fois moindre qu'avec le procédé au nitrure, et douze fois plus petite que celle nécessaire à la fixation de la même quantité d'azote comme cyanamide.

*
*
*

Par suite de la pénurie de combustibles fossiles, nous ne sommes que de faibles producteurs de *sulfate d'ammoniaque*, ainsi que nous l'avons déjà exposé autrefois. Nous sommes forcément distancés par les pays gros producteurs de houille : l'Angleterre et l'Allemagne, et, dans l'avenir, par les Etats-Unis qui augmentent, de plus en plus, le nombre de fours à coke avec récupération des sous-produits. La statistique suivante n'a donc plus qu'un intérêt rétrospectif :

Pays producteurs —	Sulfate d'ammo- niaque en tonnes (1913) —
Allemagne	550.000
Angleterre	432.000
Etats-Unis	155.000
Autriche-Hongrie	100.000
France	68.500
Belgique.....	36.000

Nous avons déjà examiné, au début de cet ouvrage, la récupération complète des sous-produits de la carbonisation de la houille. Il ne semble guère possible, d'après ce que nous avons vu, de dépasser le chiffre de 100.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque annuellement, à moins que l'annexion du bassin houiller de la Sarre, avec tous ses fours à coke, ne vienne modifier sensiblement la situation.

Quant à l'exploitation des tourbières, c'est un problème des plus intéressants, mais qui offre des difficultés sérieuses. Quoique les tourbières françaises contiennent comme azote, à l'état latent l'équivalent de millions de tonnes de nitrate, ce sont des richesses difficiles à réaliser et sur lesquelles il ne faut provisoirement pas compter.

*
*
*

Dans l'exposé forcément sommaire que nous venons faire de

la question de l'azote, nous avons fait abstraction de tout détail technique pour ne nous attacher qu'aux grandes lignes du problème et sans vouloir indiquer une solution définitive. A notre avis les différents procédés que nous venons d'étudier peuvent parfaitement exister les uns à côté des autres. On pourrait couvrir d'une part la consommation en nitrates industriels par le procédé au four électrique, en développant ou en améliorant les installations existantes, soit aussi par oxydation de l'ammoniaque à l'aide d'un catalyseur. N'oublions pas toutefois que la consommation de 40.000 tonnes pour l'industrie sera augmentée très sérieusement avec une industrie florissante des matières colorantes, qui emploie de grandes quantités d'acide nitrique pour les nitrations et de nitrite de soude pour les couleurs azoïques.

Restent 300.000 tonnes de nitrates utilisées en agriculture et qui correspondent à près de 250.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque. C'est là un minimum, car ainsi que nous l'avons déjà signalé plusieurs fois, il faudrait augmenter l'emploi des engrais azotés dans nos campagnes. On estime que la quantité d'azote, enlevée au sol par la culture, est de 600.000 tonnes environ, dont 400.000 tonnes seulement sont restituées sous forme de fumier (327.000 tonnes d'azote) et d'engrais minéraux. Cela ferait donc un déficit annuel de près de 200.000 tonnes.

Il serait d'abord possible de développer très sérieusement la fabrication de la cyanamide pour lui attribuer une plus grosse part que celle qu'elle possède actuellement, sans qu'il soit probable qu'elle arrive, à elle seule, à couvrir tous nos besoins en engrais azotés. Avec une teneur en azote de 15 0/0, il faudrait, en effet, une production dépassant sensiblement 300.000 tonnes.

L'union directe de l'azote et de l'hydrogène demanderait sans doute de longs et coûteux essais avant sa mise au point industrielle ; ce serait une solution fort élégante, mais il serait difficile d'intéresser des industriels français à une entreprise qui ne serait pas d'un rapport immédiat.

Il semble donc que la solution française devrait être celle au nitrure d'aluminium ; avec un azoture de 22 0/0, il suffirait de 225.000 tonnes environ pour couvrir notre consommation annuelle en nitrate de Chili. Il ne faut pas oublier, enfin, que la

production de 250.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque résultant, de la décomposition de cet azoture, nécessiterait près de 200.000 tonnes d'acide sulfurique à 66° B^a, ou près de 300.000 tonnes à 53° B^a. C'est là un fait qui intéressera tous ceux qui se préoccupent de trouver des débouchés pour notre excès de production d'acides après la guerre, soit qu'il s'agisse de l'acide des chambres ou des acides résiduaux provenant de diverses fabrications.

Ce qui complique très sérieusement le problème de l'azote, c'est qu'en dehors des difficultés techniques qu'il s'agit de résoudre, il faut aussi tenir compte du côté économique de la question. Or, le fait que l'Allemagne arrive, dès à présent, à couvrir sa consommation en engrais azotés, va rendre disponible les 800.000 tonnes de nitrate qu'elle importait du Chili avant la guerre. De plus, il se peut que l'Allemagne devienne exportatrice de nitrate, en particulier sous forme de nitrate d'ammoniaque à 35 0/0 d'azote, et, en outre, la récupération croissante des sous-produits des fours à coke en Angleterre et aux Etats-Unis, va augmenter d'une façon considérable la production de ces deux pays en sulfate d'ammoniaque. Tous ces facteurs réunis vont sans doute provoquer un avilissement des prix du nitrate, dès que les demandes considérables d'après-guerre seront satisfaites et que le marché sera redevenu normal. Il y a donc là encore des éléments dont il faudra tenir compte lors du choix de l'un ou l'autre procédé pour la fixation de l'azote.

* *

On peut, enfin, rattacher la fabrication *des cyanures* à la question de la fixation de l'azote, car il existe des relations fort étroites entre cette industrie et celle de l'ammoniaque. La production mondiale en cyanures peut être estimée de 20.000 à 25.000 tonnes annuellement, d'une valeur d'environ 40 millions de francs. L'Allemagne à elle seule en exporte plus d'un tiers, 7.000 tonnes, l'Angleterre presque autant, les Etats-Unis, qui sont des consommateurs considérables (importations 1914/15

environ 4.000 tonnes de cyanures de sodium et de potassium), projettent de développer cette fabrication pour couvrir leur consommation.

La production française en cyanures ne paraît pas dépasser 300 à 400 tonnes annuellement; une partie seulement est consommée dans le pays, pour la galvanoplastie notamment.

Le procédé allemand de fabrication consiste à faire agir du gaz ammoniac sur du sodium fondu, puis de transformer l'amidure ainsi formé en cyanure par action du charbon à une température plus élevée. Cette fabrication est intimement liée à celles du sodium et de l'ammoniaque.

La fixation de l'azote comme cyanure sur le carbure de baryum n'a pas encore donné des résultats suffisamment industriels, mais cette réaction, comme celle qui consiste à faire agir du charbon sur divers azotures, entre autres celui d'aluminium, peut encore conduire à des résultats intéressants.

Il semble aussi possible de transformer la cyanamide calcique en cyanure par des procédés relativement simples, et une usine allemande projetait d'exécuter cette fabrication avant la guerre.

On obtient aussi, ainsi que nous l'avons déjà signalé, les cyanures comme sous-produits de la carbonisation de la houille et de l'industrie sucrière.

Un procédé qui mériterait également d'être étudié est celui qui consiste à azoter le méthane, facilement accessible en décomposant le carbure d'aluminium par l'eau. On peut obtenir ainsi de l'acide cyanhydrique ou même, paraît-il, du cyanure d'ammonium. Ce serait alors une synthèse double de cyanure et d'ammoniaque.



ANNEXES AUX CHAPITRES X ET XI :

Production mondiale des superphosphates

	1912 en tonnes	1913 en tonnes
Etats-Unis	3.248.000	3.248.000
France	1.950.000	1.920.000
Allemagne	1.718.400	1.818.700
Italie	1.019.266	972.494
Angleterre	840.000	820.000
Belgique	450.000	450.000
Hollande	305.800	—
Autriche-Hongrie	250.000	265.000
Espagne	210.000	225.000
Portugal	110.000	126.000
Suède	168.478	—

Production européenne des scories Thomas

	1912 en tonnes	1913 en tonnes
Allemagne	2.110.000	2.250.000
France	679.000	700.000
Belgique	534.000	655.000
Grande-Bretagne	400.000	404.000
Luxembourg	253.000	250.000
Autriche-Hongrie	92.000	100.000
Italie	20.000	20.000
Suède	14.978	16.821

Production mondiale des phosphates naturels

	1913 en tonnes
Etats-Unis	3.202.600
Tunisie	2.000.000
Iles du Pacifique	667.000
Algérie	465.000
France	300.000
Belgique	200.000
Divers	150.000
Mondiale	6.984.000

Consommation mondiale de la potasse (K²O)

	1913 en tonnes
Allemagne	604.282
Etats-Unis	248.294
France	42.436
Hollande	43.673
Autriche-Hongrie	28.301
Angleterre	17.479
Belgique	15.234
Russie	4.906
Total	<u>1.110.369</u>

Consommation de salpêtre du Chili

	1913 en tonnes
Allemagne	774.298
France	322.115
Belgique	304.136
Pays-Bas	203.585
Angleterre	143.187
Autriche-Hongrie	93.025
Italie	67.418
Russie	43.359
Europe et Egypte	<u>2.028.426</u>
Etats-Unis	633.404
Divers	121.610
Total	<u>2.783.440</u>

L'INDUSTRIE DU CHLORE : SA FABRICATION,
SES EMPLOIS (1)

Une fabrication des plus importantes pour l'avenir de nos industries organiques et qui, jusqu'à présent, n'était que peu développée en France est celle du chlore. Il en est de même des fabrications qui en dérivent. L'industrie du chlore est intimement liée à celle des alcalis ; en effet, le chlorure de sodium, qui sert de matière première, donne, par des traitements appropriés, d'une part de la soude caustique ou de la soude carbonatée, d'autre part du chlore à l'état libre ou sous forme d'acide chlorhydrique. Il est vrai que cet équilibre a été rompu par la prédominance du procédé Solvay qui n'utilise que le sodium du chlorure de sodium ; le chlore, en effet, est éliminé dans ce procédé comme chlorure de calcium et toutes les tentatives pour en récupérer le chlore n'ont pas abouti. Il en est de même, soit dit en passant, des efforts tentés pour utiliser le chlore du chlorure de magnésium, sous-produits de diverses industries (sels de Stassfurt, marais salants, etc.), car le procédé Weldon-Péchiney, utilisé un moment dans cette intention, a été abandonné.

Dans le procédé Leblanc on fait agir l'acide sulfurique sur le chlorure de sodium ; il se forme du sulfate de soude qui est

(1) Bibliographie à consulter : *La soude électrolytique*, par A. BROCHET (1909).

transformé, par une opération ultérieure, en carbonate, et de l'acide chlorhydrique qui se dégage. Cet acide par oxydation donne du chlore. L'oxydation peut s'effectuer soit par le bioxyde de manganèse naturel ou mieux encore avec le bioxyde régénéré (procédé Weldon, 1866). On obtient ainsi du chlore relativement pur (à 90 0/0 environ) qui se prête parfaitement à la liquéfaction.

Un procédé d'oxydation, par l'oxygène de l'air, est le procédé Deacon (1870) qui consiste à faire passer des vapeurs d'acide chlorhydrique avec de l'air, vers 400° C., sur une substance de contact, en l'espèce du chlorure de cuivre, qui agit comme catalyseur. Le chlore ainsi obtenu est dilué par l'air en excès et l'azote (il contient environ 10 0/0 de chlore); il peut servir pour la fabrication des chlorures décolorants, par exemple, mais non à celle du chlore liquide. La réaction n'est pas complète et une partie de l'acide chlorhydrique, qu'il faut enlever par lavage, échappe à la réaction. On peut se demander s'il n'y aurait pas moyen de réaliser un meilleur rendement de cette réaction dans d'autres conditions d'exécution. Mais ce problème n'a peut-être plus le même intérêt qu'autrefois, car il est lié à la production préalable d'acide chlorhydrique.

La préparation simultanée de la soude et du chlore a été réalisée par le procédé électrolytique, à partir de 1890. Il donne en même temps les deux éléments contenus dans le chlorure de sodium : d'une part, le sodium sous forme de soude caustique, d'autre part, le chlore à l'état élémentaire. Il faut cependant faire remarquer que la pratique de ce procédé exige que les quantités considérables de chlore ainsi produites (35 parties de chlore pour 40 parties de soude caustique) trouvent un emploi approprié. La transformation en chlorures décolorants est l'une des solutions; comme on obtient toutefois environ 2 tonnes de chlorure de chaux pour 1 tonne de soude caustique, on voit que la capacité d'absorption du marché serait vite atteinte et même dépassée si le procédé électrolytique devait seul servir à la production des alcalis caustiques. Il faut ajouter que la potasse caustique se fait, elle aussi, actuellement à peu près uniquement par l'électrolyse du chlorure de potassium, et si cette fabrica-

tion est peu importante chez nous, elle peut le devenir le jour où nous disposerons des gisements de sels de potasse en Alsace.

Si, par le fait de guerre, nous avons été amenés à monter la fabrication du chlore, produit nécessaire pour les gaz asphyxiants ainsi que pour certaines fabrications organiques, il faut que, la guerre terminée, nous trouvions les débouchés nécessaires pour ce produit dont la production paraît devoir devenir fort importante et qu'on estime à la moitié de la production allemande. C'est donc un programme d'avenir qu'il s'agit d'établir, dès à présent, afin de ne pas être encombré par un produit difficile à emmagasiner et à transporter.

Nous ne pouvons, et pour cause, aborder ici la question de savoir quel sera, à l'avenir, l'équilibre entre les divers procédés de Leblanc, de Solvay et les procédés électro-chimiques. Il nous faut également, pour n'être pas entraîné à des développements excessifs, renoncer à examiner les avantages et les inconvénients des divers procédés électrolytiques proposés ou exploités : méthodes avec diaphragmes (Outhenin-Chalandre, Griesheim-Elektron, Hargreaves-Bird et autres) ; méthodes avec circulation, dont le procédé à la cloche, exploité par la société Aussig, est une des meilleures solutions ; enfin, le procédé avec cathode de mercure, exécuté par Castner-Kellner et par Solvay. Il importe toutefois de ne pas perdre de vue que l'énergie électrique, nécessaire à la décomposition du chlorure, n'est pas le facteur prédominant dans cette industrie et qu'elle peut très bien être exécutée sans force hydraulique, c'est-à-dire que le prix de revient de l'énergie électrique n'a dans cette fabrication qu'une importance secondaire. Il est beaucoup plus important d'avoir du combustible à bon marché pour l'évaporation des solutions alcalines obtenues relativement diluées ; c'est ce qui explique pourquoi certaines de ces usines, ne disposant pas de houille blanche, comme les grandes usines allemandes (Griesheim-Elektron, Bitterfeld, Bernburg, Ludwigshafen), de même que l'usine française de Lamotte-Breuil (Oise) arrivent néanmoins à des résultats industriels.

Au point de vue de la dépense d'énergie, on peut admettre

qu'avec 1.500 chevaux-an ou 1.000 kw.-an on peut produire, en moyenne, 2.200 tonnes de soude caustique (ou 3.200 kilos de potasse caustique) et 5.500 tonnes de chlorure de chaux ou, si l'on condense le chlore à l'état liquide, environ 1.700 tonnes de chlore.

Quant au chlore obtenu, il est généralement très concentré (90 à 95 0/0) et donc parfaitement apte à être liquéfié. Il importe seulement de l'obtenir à l'état absolument sec ; cette dessiccation se fait par l'acide sulfurique concentré. Quant à la liquéfaction, elle peut se faire par refroidissement par l'acide carbonique liquide, à -50° C., sans pression, ou par compression, en employant une pression de 12 kilos, dans des cylindres en acier refroidis à l'eau courante. Le chlore bien sec n'attaque pas les métaux, et pour la compression on utilise une pompe dans laquelle l'acide sulfurique remplit l'office de piston. Le transport du chlore liquéfié se fait dans des wagons-citernes ; la pression dans ces récipients est normalement de 5 à 7 kilos. Par suite de la toxicité du chlore, il faut une certaine prudence dans le maniement de ce produit.

Avant la guerre, on ne produisait pas de chlore liquide en France ; on en importait d'Allemagne environ 300 tonnes (288 tonnes en 1913). Cette importation a doublé depuis la guerre (577 tonnes en 1915), mais le produit provient surtout des Etats-Unis. Une série d'usines viennent de se monter pour cette fabrication ; elles arriveront non seulement à couvrir l'importation mais à produire une quantité bien supérieure à des prix qui, il faut l'espérer, permettront de combattre efficacement la concurrence étrangère. L'importance de cette industrie ressort du chiffre de la production allemande qui était d'environ 30.000 tonnes annuellement ; une notable partie était toutefois destinée à l'exportation sous forme de chlore ou plutôt sous forme de ses dérivés. Quant aux prix, si le chlore revenait à environ 25 francs les 100 kilos en Allemagne, il valait près de 50 francs en France, par suite des droits d'entrée et des frais de transport relativement considérables. A ce prix, ce produit, s'il est considéré comme sous-produit de l'électrolyse, doit laisser une marge de bénéfices suffisante.

..

Voyons maintenant les emplois du chlore en tenant compte plus particulièrement des industries à créer ou à développer.

L'emploi principal du chlore dans l'industrie inorganique est la fabrication des *chlorures décolorants* et du *chlorure de chaux* en particulier. Depuis la découverte de l'action décolorante du chlore sur les fibres textiles végétales, c'est la forme concrète sous laquelle, depuis Tennant (1799), le chlore a été fourni aux blanchisseurs. Il est certain, cependant, que ce produit, malgré son importance industrielle, ne constitue pas une solution idéale, puisque, de fait, il ne contient que de 35 à 37 0/0 de substance active. On a bien réussi à préparer, à l'état cristallin, de l'hypochlorite pur, qui devrait correspondre, au point de vue du pouvoir blanchissant, à son poids de chlore actif (1). Ce produit ne semble cependant pas avoir été mis en vente. Nous ne pouvons insister ici sur la fabrication du chlorure de chaux. Il y a toutefois lieu de signaler l'appareil continu Hasenclever, qui est bien préférable aux anciennes chambres à chlore et qui demande beaucoup moins de main-d'œuvre.

La production de ce produit était moins importante en France que celle de l'Angleterre ou de l'Allemagne; elle s'élevait à environ 45.000 tonnes, dont 1/9 environ obtenu avec du chlore électrolytique; l'exportation française en était assez considérable (12.621 tonnes en 1913).

Une fabrication assez importante est celle des *hypochlorites alcalins*, obtenus par double décomposition du chlorure de chaux en solution concentrée avec une solution de carbonate de soude ou de sulfate de soude ou bien par action directe du chlore sur des lessives alcalines. Leur production atteint 6.000 tonnes annuellement (solution à 45° chlorométriques). Ces produits connus plus particulièrement sous le nom d'eau de Javel trouvent, malheureusement, un emploi exagéré dans la blanchisserie industrielle où ils sont responsables de l'altération

(1) Voir à ce sujet le brevet français n° 376.845 (1907).

rapide du linge. Il y aurait peut-être lieu de les remplacer, dans l'avenir, par des perborates ou des persels plus inoffensifs.

Il y aurait également intérêt, selon nous, de reprendre dans les blanchiments l'emploi du chlore liquéfié en place d'hypochlorite de chaux, soit sous forme gazeuse, soit comme eau de chlore ou comme hypochlorite alcalin. C'est une question qui mériterait d'être examinée par nos chimistes indienneurs. D'autre part, l'électrolyse des chlorures en solutions diluées fournit également des hypochlorites. Ces solutions décolorantes servent aussi au blanchissage du coton et de la pâte à papier. Une installation de ce genre offre de l'intérêt dès que l'on dispose de force motrice à bon marché.

Dans le cas d'une grosse production de chlore excédente, on pourrait envisager la préparation de l'*acide chlorhydrique* par l'hydrogénation du chlore en présence d'un catalyseur approprié (du charbon par exemple); l'hydrogène lui-même serait obtenu soit par l'électrolyse de l'eau, soit en partant du gaz à l'eau ou par un autre procédé approprié.

Le *chlorure de soufre* s'obtient par action du chlore sur le soufre fondu; ce produit sert surtout pour la vulcanisation du caoutchouc. Parmi les autres chlorures inorganiques, il faut mentionner les chlorures de phosphore: le *trichlorure* et le *pentachlorure de phosphore* ainsi que l'*oxychlorure* qui servent en synthèse organique. Ce dernier est employé comme agent de condensation (couleurs du triphénylméthane par exemple); le trichlorure et le pentachlorure plus particulièrement pour préparer des chlorures d'acides.

Ainsi les sels des acides sulfoniques donnent, avec le pentachlorure, des sulfochlorures employés dans l'industrie organique. Dans certains cas, et plus particulièrement dans le cas du toluène, il est plus économique de préparer ces sulfochlorures par action de la *chlorhydrine sulfurique* sur les carbures; cette chlorhydrine résulte elle-même de l'action de l'acide chlorhydrique sur l'acide sulfurique fumant.

Le *chlorure de sulfuryle* et le *chlorure de thionyle* sont deux chlorures d'acides qui peuvent remplacer, dans certains cas avec avantage, les chlorures de phosphore pour la chloruration et la

préparation des sulfo-chlorures ; car lors des réactions, ils donnent de l'acide sulfureux qui est volatil, tandis que les composés phosphorés donnent, soit de l'acide phosphoreux, soit de l'oxychlorure qu'il faut éliminer par un traitement supplémentaire. Comme le chlorure de sulfuryle résulte de l'union directe de l'acide sulfureux et du chlore, on peut aussi employer le mélange de ces deux gaz, en proportions convenables, en lieu et place du produit fini. C'est ainsi que l'on prépare l'anhydride acétique en les faisant réagir sur l'acétate de soude fondu.

Le chlorure d'aluminium s'obtient en faisant agir du chlore sur de l'alumine anhydre en présence de charbon, à température élevée, ou par action de l'acide chlorhydrique sec sur de l'aluminium ; dans les deux cas, le produit formé sublime. Ce chlorure est un agent de condensation des plus remarquables pour la synthèse des produits organiques : butylxylène pour le musc artificiel, cétones diverses, de la méthylantraquinone en partant du toluène, etc. etc. Nous ne pouvons, et pour cause, examiner ici tous les emplois de ce produit, introduit dans la technique organique par Friedel et Crafts ; nous aurons peut-être l'occasion d'y revenir en traitant les produits intermédiaires nécessaires à la fabrication des matières colorantes.

Comme agent de chloruration, on se sert parfois du pentachlorure d'antimoine, obtenu par l'action directe du chlore sur l'antimoine ; il sert, par exemple, pour la préparation des benzaldéhydes chlorés. On l'emploie aussi, plus rarement, comme agent de condensation (pour le flavanthrène, par exemple).

L'oxychlorure de carbone ou phosgène se prépare par l'union de l'oxyde de carbone avec le chlore en présence de charbon comme catalyseur.

L'oxyde de carbone est obtenu par réduction de l'acide carbonique sur du charbon chauffé au rouge ; après réaction, le chlore en excès est enlevé par de l'antimoine métallique et le phosgène obtenu est recueilli dans un gazomètre ou condensé.

Cette condensation se fait très facilement (point d'ébullition de l'oxychlorure 8° C.) Avant la guerre on trouvait l'oxychlorure dans le commerce à l'état liquéfié dans des cylindres en acier (au prix de 250 francs environ les 100 kilos). Cette fabrication

n'était pas exécutée en France et le phosgène employé était importé. Ce produit sert notamment à la synthèse des cétones (cétone de Michler), du violet cristallisé, des chlorures d'acides et des urées ; il est, par conséquent, fort important pour l'industrie organique et des matières colorantes en particulier. On avait envisagé également l'emploi du *thiophosgène*, qui se prépare par réduction du perchlométhylmercaptan par le sel d'étain, mais ce produit n'est pas devenu d'une application courante.

Il y aurait lieu, enfin, de signaler l'emploi du chlore dans les industries métallurgiques, l'extraction de l'or, par exemple, ainsi que son emploi comme oxydant : transformation des ferrocyanures en ferricyanures, du sel d'étain en tétrachlorure, des chlorures en chlorates. Cette dernière industrie n'offre plus qu'un intérêt rétrospectif parce que l'oxydation se fait, pour le chlorate de potasse et de soude au moins, principalement par voie électro-chimique. On pourrait, évidemment, aussi préparer de l'oxygène avec du chlore ; toutefois on peut se demander si cette industrie pourrait concourir avec celle qui le prépare par l'électrolyse ou par la liquéfaction de l'air. On serait alors amené à préparer des peroxydes et des persels, indirectement il est vrai, à l'aide du chlore.

Le *désétamage des déchets* de fer-blanc est une industrie fort importante qui constituait pour ainsi dire un monopole allemand. On estime les déchets produits chez nous à environ 9.000 tonnes (sans compter près de 5.000 tonnes de vieilles boîtes, etc.), qui, à raison de 25 kilos d'étain par tonne, représentent environ 225 tonnes d'étain. En faisant passer du chlore sec sur ces déchets chauffés, il se forme du *tétrachlorure d'étain* volatil, tandis que le fer reste inaltéré. Il faudrait, pour les quantités indiquées, au moins 275 tonnes de chlore et l'on obtiendrait environ 500 tonnes de tétrachlorure dont l'emploi serait tout indiqué dans l'industrie lyonnaise pour la charge des soies. Nous estimons, pour notre part, que l'opération de la déchloruration des déchets est dans le domaine public, l'action du chlore sur l'étain étant connue depuis fort longtemps. Il y a un procédé breveté par la maison Goldschmidt, qui détenait le monopole dont nous parlons plus haut, mais ce procédé est limité aux

conditions d'exécution indiquées dans sa patente. (Voir à ce sujet le brevet allemand 188.018 du 25 octobre 1905 et le brevet français correspondant.)

Il importe enfin, de faire remarquer que le tétrachlorure d'étain est un produit de grosse consommation (environ 6.000 t. dont 1.000 t. importées) et qu'il faudra faire, à l'avenir, en utilisant le chlore liquide ce qui le fournit à l'état anhydre. On le préparait, jusqu'à présent, par oxydation du sel d'étain en milieu chlorhydrique.

..

Passons maintenant aux emplois du chlore plus particulièrement en rapport avec les industries organiques et signalons tout d'abord celle des solvants organiques chlorés : tétrachlorure de carbone, tétrachloréthane et ses dérivés.

Le *tétrachlorure de carbone* résulte de l'action du chlore sur le sulfure de carbone (avec formation accessoire de chlorure de soufre) ; il faut donc unir d'abord le carbone au soufre pour pouvoir le rendre accessible à l'action du chlore. Ce solvant peut presque être considéré comme du chlore liquide, puisqu'il en contient 92 0/0 et c'est ce qui le rend ininflammable. Il peut servir, au lieu et place de la benzine ou du sulfure de carbone, qui sont des solvants fort dangereux par suite de leur inflammabilité, pour l'extraction des graisses, des tourteaux, pour le lavage des laines, etc. Il est moins toxique aussi que les benzines quoique possédant des propriétés anesthésiantes, mais il a l'inconvénient d'être sensible à l'humidité, ce qui oblige à l'employer à l'état parfaitement sec ou à se servir d'appareils en fer possédant un revêtement intérieur en plomb.

On peut aussi envisager son emploi pour la préparation du *chloroforme* par déchloruration, ainsi que cela se pratique aux États-Unis. Il peut paraître, en effet, peu logique de fabriquer ce produit, ainsi que cela se fait habituellement, par chloruration de l'alcool ou de l'acétone, car il est évident que, dans ces conditions, on perd une partie de la matière carbonée. On en arrive

même à se demander, s'il n'y aurait pas lieu de chlorer le méthane, qui peut être préparé facilement par hydrogénation catalytique de l'oxyde de carbone (gaz à l'eau). Selon le degré de chloruration, on obtiendrait ainsi du *chlorure de méthyle*, du *chlorure de méthylène* ou du chloroforme. Nous n'envisageons pas la préparation du tétrachlorure qui ne pourrait lutter avec celle qui prend le sulfure de carbone comme point de départ. Le chlorure de méthyle ainsi obtenu pourrait servir pour les méthylations à la place de l'alcool méthylique, le chlorure de méthylène fournirait par hydrolyse de la formaldéhyde ; nous pourrions ainsi nous affranchir des importations en alcool méthylique. Il n'est, évidemment, pas intéressant de faire de l'acide formique par hydrolyse du chloroforme, car ce procédé serait plus coûteux que celui qui procède par l'union directe de l'oxyde de carbone et des alcalis caustiques.

En attendant ces industries d'avenir, on prépare plus généralement le chloroforme, ainsi que le chloral, par chloruration de l'alcool ; mais, en temps ordinaire, ces produits, malgré leur importance en médecine, ne consomment pour leur fabrication que des quantités limitées de chlore (comme chlorure de chaux principalement). La même observation peut s'appliquer à certains chlorures d'acides, tels que le *chlorure d'acétyle*, qui servent pour des synthèses organiques.

Le chlore aurait aussi pu avoir de l'intérêt pour la synthèse de l'isoprène que l'on pourrait préparer, en partant de l'isopentane, par chloruration puis traitement aux alcalis caustiques. Mais, ainsi que nous l'avons exposé plus haut, il ne semble pas que le caoutchouc de synthèse puisse concourir sérieusement avec le caoutchouc de plantation. Il faut donc écarter provisoirement cet emploi du chlore.

Par action du chlore sur l'acétylène, en présence de pentachlorure d'antimoine, on prépare le *tétrachloréthane* (tétrachlorure d'acétylène) qui est un excellent solvant pour toutes les acétylcelluloses, de même que pour le soufre, le chlore, le phosphore, le brome, etc., ce qui permet son emploi dans diverses industries. Seul le point d'ébullition relativement élevé (147° C.) peut présenter quelques inconvénients lors de la régénération du dissolvant.

Par action de la chaux hydratée on transforme ce tétrachlorure, par élimination d'acide chlorhydrique, quantitativement en *trichlorure d'éthylène* (C^2HCl^3) qui est un liquide ressemblant beaucoup au chloroforme et d'un point d'ébullition beaucoup moins élevé que le produit primitif ($85^{\circ} C.$). Ce point d'ébullition relativement bas et le fait que ce solvant n'attaque pas les métaux industriels usuels : fer, cuivre, plomb, zinc et étain, que, de plus, il est ininflammable, font qu'il est particulièrement intéressant pour remplacer la benzine ou le sulfure de carbone. Il faut bien faire remarquer, cependant, qu'il est au moins trois fois plus cher que la benzine (environ 100 francs les 100 kilos), ce qui constitue un désavantage.

Enfin, on prépare industriellement, par chloruration du trichlorure d'éthylène, le *pentachloréthane*, par déchloruration à la chaux, le *perchloréthylène* (C^2Cl^4) et, en faisant agir sur celui-ci, à nouveau, du chlore : de l'*hexachloréthane*. Ce dernier corps est cristallisé et sert comme substituant du camphre dans l'industrie des explosifs de sûreté et dans l'industrie des films cinématographiques.

Le trichloréthylène peut aussi servir de point de départ pour des synthèses organiques et, en particulier, de la phénylglycine, qui est la matière première pour la fabrication de l'indigo. L'intérêt de cette synthèse, qui n'est pas exécutée industriellement, réside dans le fait qu'elle permet d'utiliser l'acétylène à la place de l'acide acétique pour la préparation de l'indigo. Avec le déboisement considérable, provoqué par les faits de guerre, c'est une considération qui mérite d'être retenue.

Le procédé actuel consiste à faire agir l'*acide monochloracétique* sur l'aniline, ce qui donne de la phénylglycine. L'acide chloracétique s'obtient lui-même par chloruration de l'acide acétique, action du chlore sur l'acide acétique, en présence d'un peu de phosphore. Il peut être intéressant d'examiner quelle serait la quantité de chlore, nécessaire pour la fabrication de l'indigo employé en France, et dont la consommation était d'environ 450 tonnes annuellement. Pour préparer cette quantité, il faut approximativement 325 tonnes d'acide chloracétique, soit environ 250 tonnes de chlore liquide. Pour peu que cette con-

sommation augmente encore (avec les teintureries de l'Alsace reconquise), on voit qu'il y a là un débouché fort important pour l'industrie du chlore. Il ne peut entrer dans notre idée de donner ici des détails techniques sur cette fabrication assez complexe, mais il est intéressant de faire remarquer que, comme le sodium nécessaire à cette synthèse (soit sous forme d'amidure ou d'anilidure de sodium, soit comme peroxyde) s'obtient par électrolyse de la soude caustique fondue, l'équilibre entre la soude et le chlore n'est pas rompu. Car ce dernier élément trouve son emploi lors de la chloruration de l'acide acétique (1).

* *

Voyons maintenant les emplois du chlore dans la grande industrie organique des couleurs, des parfums et des produits pharmaceutiques.

En faisant agir du chlore sur le benzène, en présence de fer comme catalyseur, on obtient du *chlorbenzène* que l'on sépare par fractionnement du benzène inaltéré et du paradichlorbenzène, formé par chloruration ultérieure. Le chlorbenzène est une matière des plus importantes pour toute une série de fabrications intéressantes. Par nitration en milieu sulfurique on obtient un mélange des dérivés nitrés en ortho et en para que l'on sépare par distillation et cristallisation fractionnées. L'*orthonitrochlorbenzène* donne, avec du méthylate, de l'ortho-nitro-anisol, qui, par réduction fournit de l'*o.anisidine*. Celle-ci diazotée, puis le diazo décomposé par l'eau (en présence de sulfate de cuivre), on obtient le *gaiacol*, produit pharmaceutique fort important et qui sert, en outre, de matière première pour la fabrication de la *vanilline*.

En nitrant l'*o.anisidine* on prépare, d'autre part, le dérivé paranitré (à côté du produit nitré en méta); il sert en impression et en teinturerie sur tissu naphtolé. Le *parachloronitrobenzène* est devenu un produit intéressant pour la préparation de la paranitraniline, préparée autrefois uniquement en partant de l'aniline.

Par une nitration plus énergique, le chlorbenzène fournit le

(1) *La fabrication de l'indigo synthétique*, par EUG. GRANDMOUGIN. *Le Génie Civil*, LVI., 345, 363 (1909).

dinitrochlorbenzène (point de fusion 50°C) qui est la matière première pour la fabrication des *noirs au soufre*. Par hydrolyse alcaline, il donne, en effet, du dinitrophénol 1.2.4 qu'il suffit de chauffer avec du soufre et du sulfure de sodium pour obtenir un noir au soufre industriel. L'importance de cette fabrication ressortira du fait que la production mondiale dépassait 10.000 tonnes, dont un dixième environ était consommé par les teinturiers français. Un calcul relativement simple permet d'évaluer la quantité de chlore nécessaire à cette fabrication à environ 250 tonnes. Il faut tenir compte du fait que, lors de la chloruration, la moitié du chlore employé se trouve fixée par l'hydrogène et s'échappe comme acide chlorhydrique que l'on peut, évidemment, condenser par lavage à l'eau.

La fabrication du noir au soufre est, comme on le voit, relativement simple. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue qu'avant la guerre la matière première nécessaire, le dinitrochlorbenzène, était fabriqué surtout en Allemagne et à un prix (55 fr. les 100 kilos) qui ne laissait certainement qu'une marge de bénéfice très faible, surtout si l'on considère que le prix de l'acide nitrique est relativement élevé. (Pour fixer les idées on peut admettre les prix suivants : benzène, 25 francs, chlore, 50 francs, acide sulfurique fumant, 7 fr. 50, acide nitrique fumant, 35 francs les 100 kilos). Le chlordinitrobenzène sert aussi, après condensation avec le p. amidophénol, à la préparation du noir immédiat, qui est également un noir au soufre.

Voilà donc quelques emplois industriels du chlorbenzène qui montrent toute l'importance de ce produit. On pourrait, évidemment, envisager aussi la synthèse du phénol et de l'aniline en partant du chlorbenzène, mais ces réactions qui nécessitent des températures et des pressions fort élevées, ne paraissent pas encore réalisables actuellement. Si on arrivait à un résultat industriel, cela augmenterait d'une façon considérable la consommation du chlore. Il en serait de même si l'on arrivait à préparer l'acide picrique par la voie de l'hydrolyse du chlortrinitrobenzène. Mais la trinitration du chlorbenzène ne s'effectue que fort difficilement et, actuellement, il est préférable de préparer l'acide picrique par trinitration du phénol.

Les dérivés polychlorés du benzol, notamment le p.dichlorbenzol et le trichlorbenzol asymétrique n'offrent pas, à l'heure qu'il est, un intérêt particulier, quoique leur préparation industrielle ait été réalisée.

Parmi les produits industriels de première importance, il faut signaler ensuite les dérivés chlorés du toluène, obtenus en chlorant ce carbure à l'ébullition, et particulièrement le *chlorure de benzyle* et le *chlorure de benzylidène*. Le premier sert de point de départ pour préparer les dérivés de l'alcool benzylique, employés en parfumerie; c'est aussi l'agent pour les benzylations et pour synthétiser la benzylaniline, la benzylméthylaniline, la benzyléthylaniline, etc. Toutes ces bases servent dans l'industrie des colorants artificiels pour produire des verts et des violets en particulier.

Par nitration, le chlorure de benzyle donne un mélange du dérivé para et du dérivé ortho que l'on peut séparer; ces deux produits servent également pour fabriquer des colorants. Le dérivé ortho a été employé pour la synthèse de l'o.nitrobenzaldéhyde, qui peut être transformée en indigo. On a fabriqué, à un moment donné, de l'indigo d'après ce procédé; celui-ci a été abandonné, le prix de revient étant trop élevé.

Par oxydation et hydrolyse, par voie directe ou indirecte, le chlorure de benzyle donne de la benzaldéhyde; il semble cependant préférable de préparer celle-ci en partant du chlorure de benzylidène en l'hydrolysant en présence d'acides ou d'alcalis (de craie par exemple). Cette aldéhyde et ses dérivés sont les matières premières pour la fabrication des couleurs dérivées du triphénylméthane. Elle peut servir également à préparer l'acide cinnamique et ses dérivés.

Dans toutes ces réactions, le chlore agit en somme comme oxydant puisqu'il deshydrogène le composé organique avec formation d'acide chlorhydrique. L'hydrolyse élimine totalement le chlore en donnant le dérivé oxygéné correspondant au degré de chloruration.

Par chloruration de l'aldéhyde benzoïque, dans des conditions bien déterminées, on obtient le *chlorure de benzoyle* qui est un agent de benzoylation fort employé pour la préparation de certaines

couleurs (couleurs à cuve algol, par exemple). On pourrait aussi l'obtenir par hydrolyse partielle du chlorure de benzényle ou phénylchloroforme, qui est le terme ultime de la chloruration du toluène dans la chaîne latérale.

Notons aussi que le chlore sert également comme oxydant, sous forme d'hypochlorite alcalin, lors de la transformation de la phtalimide en *acide anthranilique*, qui est un produit fort important pour la synthèse de l'indigo et du thioindigo.

Nous ne ferons que signaler la préparation de certaines amines chlorées (chloranisidine, dichlorbenzidine, chlor-m.phénylène-diamine, dichloraniline, chloraniline sulfonée, etc.), de quelques phénols chlorés (par exemple 1. naphтол.-8. chlor.-3. 6. disulfo), de la mono et dichlorbenzaldéhyde, des acides dichloro et tétrachlorophtaliques, des anthraquinones et benzanthrones chlorées, etc., qui servent pour synthétiser des colorants.

Il est intéressant de noter toutefois que si ces produits servent, pour la plupart, à préparer des colorants chlorés, il est assez rare que l'on introduise le chlore dans le colorant déjà terminé, car son action est généralement trop énergique. Par contre, le brome a trouvé pour la bromuration directe un emploi sensiblement plus important (éosines, indigos et thioindigos bromés). Dans d'autres cas, le chlore n'agit, pour ainsi dire, que comme agent de liaison ; c'est le cas pour certaines condensations, faites en présence de cuivre, et où il est éliminé au cours de la réaction (synthèses d'indanthrènes, de cyclanthrènes, etc.). Pour ces réactions il serait certainement plus avantageux de se servir des dérivés bromés, car le brome est plus mobile, mais le prix sensiblement plus élevé n'en permet pas toujours l'emploi.

..

Nous n'avons nullement la prétention d'avoir indiqué dans cet exposé, malheureusement trop rapide et forcément technique, tous les emplois intéressants du chlore dans l'industrie chimique, mais cet aperçu aura suffi pour montrer l'importance que peut acquérir l'industrie du chlore. Comme dans les chapi-

tres précédents, nous avons dû nous abstenir d'insister sur les détails techniques d'exécution vu le grand nombre de composés dont il a été question. Un certain nombre des fabrications qui ont été signalées sont à créer, et il n'est guère possible de donner pour le moment des chiffres exacts quant aux quantités de chlore qui pourraient être consommées.

Mais si l'on veut bien se rappeler que le désétamage des déchets, la fabrication de l'indigo synthétique et des noirs au soufre, en se limitant uniquement à la consommation française, absorberaient près de 1.000 tonnes de chlore ; que la fabrication de 5.000 tonnes de tétrachlorure d'étain nécessiterait plus de 2.500 tonnes de chlore liquide, on voit l'importance de ce produit et les débouchés qui lui sont assurés. On peut du reste ainsi que nous l'avons signalé plusieurs fois, trouver l'emploi de cet élément dans une série de nouvelles applications.

En possession du chlore d'une part, de l'acide sulfurique fumant d'autre part — il en sera encore question dans un prochain chapitre — nous aurons les matières inorganiques indispensables à la fabrication des produits intermédiaires, et on peut envisager maintenant le développement de nos industries organiques, trop longtemps tributaires de l'étranger.

XIII

LA GRANDE INDUSTRIE INORGANIQUE DES ACIDES ET DES ALCALIS (1)

L'acide sulfurique est un des produits fondamentaux pour toutes les industries chimiques, minérales et organiques : sa production donne donc des indications intéressantes pour le développement de ces industries. A ce point de vue, le petit tableau suivant qui se limite aux grands pays industriels est excessivement suggestif.

Pays producteurs	Production de l'acide sulfurique réel		
	1878 tonnes	1900 tonnes	1913 tonnes
Etats-Unis	—	1.130.000	2.210.000
Allemagne.....	112.000	675.000	1.600.000
Angleterre.....	600.000	—	1.150.000
France	200.000	625.000	850.000

- (1) Bibliographie à consulter : *Acide sulfurique*, par SOREL (1887).
Produits chimiques, par SOREL (1883).
Produits chimiques, par FRÉMY, NIVOIT, KOLB, POMMIER et PÉCHINEY (1884).
La soude électrolytique, par A. BROCHET (1909).
Industrie des acides minéraux, par E. BAUD (1909).
Traité de la fabrication de la soude d'après le procédé à l'ammoniaque, par SCHREIB et GAUTIER (1905).
L'Industrie de la soude, par L. GUILLET (1904).
Les produits de la grande industrie chimique, par MAX LAMBERT (1917).

Notre production est assez élevée ; elle se montait, avant la guerre, à environ 850.000 tonnes (calculée sur 270.000 tonnes de pyrites produites par nos mines et 490.000 tonnes importées — sans compter 60.000 tonnes de blendes) ; mais elle a augmenté sensiblement puisque les besoins de la guerre ont nécessité de nouvelles installations : chambres de plomb, concentration de l'acide et préparation d'acide fumant (oléum), (en 1917 : environ 1.200 000 tonnes et 100.000 tonnes d'oléum).

Nous ne pouvons entrer ici dans des détails techniques sur cette fabrication et sur les progrès qui ont été réalisés. Comme on sait, on produit l'acide sulfurique dans des chambres de plomb par l'oxydation de l'acide sulfureux, obtenu par grillage des pyrites ou des blendes, par l'oxygène de l'air en présence d'eau et en se servant d'acide nitrique comme catalyseur. Quoique fort ancienne, cette fabrication est encore susceptible de bien des perfectionnements. Ainsi, l'emploi des fours mécaniques Herreshoff, du four Wedge (employé en Amérique), du tour Braq-Moritz sont des améliorations importantes, sur lesquelles nous ne pouvons insister, aussi peu du reste que sur les perfectionnements apportés à la construction du glover et des tours, des chambres de plomb (système Moritz), des appareils de concentration, etc.

L'acide obtenu dans les chambres est à 53° B° ; on le concentre à 66° B° d'après divers procédés : soit dans le platine ou dans des dispositifs plus modernes qui évitent l'emploi de ce métal de plus en plus coûteux. En somme, on utilise deux principes pour cette concentration : ou bien elle se fait dans des vases, disposés en cascades et chauffés par un foyer approprié (système Gaillard) ou bien l'on évapore l'eau contenue dans l'acide à l'aide de gaz chauds. Sur ce dernier principe reposent, notamment, l'appareil Kessler en lave de Volvic et l'appareil de concentration de Duron en matériaux artificiels réfractaires.

M. P. Kestner, de Lille, bien connu par ses montacides et ses ventilateurs pour tirage des chambres de plomb, a aussi amélioré beaucoup les conditions de marche des appareils de concentration en y adaptant le tirage au moyen des ventilateurs spéciaux qu'il a créés dans ce but.

On pourrait, évidemment, s'affranchir de la concentration en mélangeant l'acide fumant obtenu par le procédé de contact, avec de l'acide des chambres, et c'est même à cet expédient que l'on arrivera forcément si, après la guerre, on ne trouvait pas l'utilisation de ce produit dans les industries organiques ou s'il était produit en excès.

L'union de l'acide sulfureux à l'oxygène de l'air peut se faire aussi, en absence d'eau, par l'effet d'une substance de contact : amiante platinée ou oxyde de fer. C'est le procédé par contact dont il existe diverses solutions : système de la Badische Anilin- et Sodafabrik, système Verein, système Tentelaw, etc., qui fournissent de l'acide fumant et de l'anhydride sulfurique. On avait cru, un moment donné, que ce procédé remplacerait complètement le procédé des chambres de plomb. Il n'en est rien ; les deux systèmes se complètent. Le procédé des chambres sera toujours plus avantageux pour les acides dilués, dont le grand emploi est l'industrie des engrais (superphosphates, sulfate d'ammoniaque etc.) ; le procédé par contact est nécessaire pour les acides fumants. Il a à peu près détrôné complètement les anciens procédés de distillation des vitriols (acide de Nordhausen, huile de couperose). L'acide sulfurique fumant est indispensable pour les industries organiques : pour certaines nitrations et surtout pour les sulfonations. A ce point de vue, la création de nouvelles installations est d'un bon augure pour nos futures industries organiques.

Il ne semble pas qu'il y ait lieu d'envisager, pour le moment, la fabrication de l'acide sulfurique par d'autres méthodes que celles actuellement en usage.

On sait qu'il est possible de l'obtenir aussi en partant des sulfates, soit directement, soit indirectement après réduction des sulfates en sulfures. Mais si ces méthodes peuvent offrir de l'intérêt pour nos ennemis, dont l'approvisionnement en pyrites est sans doute limité, elles ne s'imposent pas chez nous.

Ce qu'il y a de particulier en France avec l'industrie de l'acide sulfurique, c'est qu'elle constitue, pour ainsi dire, le monopole d'une société fort puissante. Nous ne pensons pas que les monopoles, aussi bien ceux de l'Etat que ceux des particuliers, soient

un avantage pour la collectivité. Même si la fabrication est irréprochable, il est certain que les prix seront plus élevés que lorsque la concurrence peut se manifester librement; pour un produit aussi important que l'acide sulfurique, qui est la base de beaucoup de fabrications, la question de prix est essentielle. Il y aurait aussi beaucoup à dire sur la situation géographique des usines qui devraient être placées de façon à recevoir les matières premières, pyrites et houilles, dans les conditions de transport les plus favorables.

*
* *

Avec l'acide sulfurique on prépare les autres acides : l'acide chlorhydrique et l'acide nitrique notamment. Il a déjà été question de l'*acide chlorhydrique* en parlant du chlore. On peut estimer sa production annuelle à 120.000 tonnes environ (à 20° B°); cet acide est obtenu soit par décomposition du sel marin par l'acide sulfurique, soit par le procédé Hargreaves (action de l'acide sulfureux en présence d'air sur le chlorure de sodium à 500° C).

Quant à l'*acide nitrique*, on l'obtient par décomposition du nitrate de soude (salpêtre du Chili) par l'acide sulfurique. Depuis 1900, des progrès sensibles ont été réalisés dans cette fabrication, notamment par l'introduction chez nous du procédé Valentiner qui travaille avec l'emploi du vide et donne d'excellents résultats et un acide très concentré. On connaît aussi des appareils continus pour la préparation de cet acide, notamment l'appareil Uebel (voir aussi le brevet français 406.969); aucun ne semble encore avoir trouvé d'applications dans nos usines.

On estime à 20.000 tonnes environ la quantité de nitrate de soude employé pour la fabrication de l'acide nitrique (y compris celui nécessaire pour l'obtention de l'acide sulfurique) et des nitrates, 12.000 tonnes pour les explosifs et 6.000 tonnes pour le salpêtre de potasse. En 1900, on produisait 7.000 tonnes d'acide à 40° B° pour l'industrie et 4.500 tonnes dans les poudreries. Ces chiffres ont augmentés depuis; en tous les cas la production, en temps normal (15.000 tonnes environ), est suffisante puisqu'il

y a excédent des exportations sur les importations (environ 1.750 t.). Il est bien évident qu'actuellement ces chiffres sont multipliés par suite de l'extension de l'industrie des poudres de guerre et des explosifs. Dans bien des cas il est du reste inutile de préparer l'acide nitrique à l'état libre; on peut nitrer un grand nombre de composés organiques avec un mélange d'acide sulfurique et de nitrates.

Nous avons aussi eu l'occasion de signaler, en parlant de la fixation de l'azote, les procédés électro-chimiques qui synthétisent l'acide nitrique par l'azote de l'air, soit directement, soit après préparation préalable d'ammoniaque. Ces méthodes sont peut-être appelées à concurrencer le procédé par décomposition du salpêtre du Chili et le développement des industries organiques, qui consomment de grandes quantités d'acide nitrique, pourrait leur donner une impulsion notable.

Comme sous-produit de la préparation de la plupart des acides, et des acides chlorhydrique et nitrique en particulier, on obtient des quantités considérables de *sulfate* et de *bisulfate de soude* (pour le moins 150.000 t.). Une partie de ce produit sert en verrerie; la teinture de la laine en consomme également des quantités importantes, ainsi que la fabrication du sulfure de sodium, de l'outremer, de la pâte de bois, etc. Néanmoins, il y a excédent de production puisque nous sommes exportateurs de sulfate de soude (25.450 tonnes en 1913) dont la valeur marchande est du reste peu considérable. On a souvent tenté, par analogie avec le chlorure de sodium, d'en régénérer d'une part de la soude caustique, d'autre part de l'acide sulfurique sans aboutir à un résultat industriel. Le bisulfate peut servir, dans certains cas, en lieu et place d'acide sulfurique.

L'acide sulfurique sert, également, à la préparation de la plupart des acides utilisés dans les arts et dans l'industrie. L'*acide fluorhydrique* s'obtient par décomposition du spath fluor (production de ce minéral : 8.127 tonnes en 1912); il sert en verrerie, pour la préparation des fluorures alcalins, du fluorure de chrome, du fluorure d'antimoine, etc. Sa production peut être estimée à 1.100 tonnes environ.

Comme nous possédons des phosphates naturels, nous pour

rions être grand producteur d'*acide phosphorique* et de ses sels : du *phosphate d'ammoniaque* et, notamment, du *phosphate de potassium* quand nous posséderons les mines de potasse d'Alsace. Ce sel est intéressant comme engrais.

Enfin on prépare avec l'acide sulfurique : l'acide hydrofluosilicique, l'acide carbonique et les acides organiques : acides formique, acétique, oxalique, tartrique, citrique, etc., dont nous avons déjà eu l'occasion de parler.

L'*acide carbonique* mérite une mention spéciale. Sa liquéfaction fait l'objet d'une industrie importante que nous ne pouvons indiquer qu'en passant et qui est plutôt du domaine de la mécanique.

Certaines usines françaises recueillent l'acide carbonique formé lors des fermentations. Ce procédé est avantageux, non seulement à cause du prix de revient très bas de l'acide, mais aussi parce que les centres de consommation se trouvent près des distilleries, ce qui réduit sensiblement les frais de transport.

La capacité de production des 14 usines françaises peut être portée à 8.000 tonnes environ, chiffre bien supérieur à la consommation actuelle. Avec le développement de nos industries frigorifiques après la guerre, il y aura là certainement un débouché assuré pour cette production.

..

Les alcalis carbonatés et caustiques, le *sel de soude* et la *soude caustique* notamment, sont aussi nécessaires pour les industries chimiques que les acides. Nous avons déjà eu l'occasion, en parlant de l'industrie du chlore, de signaler qu'en partant du chlorure de sodium, matière première pour ces industries, il existait trois procédés de préparation qui, dans l'ordre historique sont : le procédé Leblanc, le procédé Solvay et le procédé électrolytique. La prédominance appartient incontestablement au procédé Solvay, dont l'importance ressortira du fait que sur une production mondiale de 3 1/2 millions de tonnes de soude (d'une valeur d'environ 350 millions de francs), les 2/3 environ sont pro-

duits par la société Solvay. La France participe dans ce chiffre pour près de 400.000 tonnes (379.000 tonnes de sel de soude et 61.000 tonnes de soude cristallisée en 1913); la production a presque doublé depuis 1900. L'industrie du sel de soude est principalement localisée dans les départements de l'Est et dans le Midi, grâce aux salines qui s'y trouvent. Les usines existantes peuvent largement suffire à la consommation indigène puisque nous sommes exportateurs (83.269 tonnes en 1913). Comme pour l'acide sulfurique, l'industrie de la soude constitue, jusqu'à un certain point, un monopole avec tous les inconvénients attachés à un tel privilège, sans compter un droit protecteur qui vient augmenter d'autant le prix intérieur.

Par caustification du sel de soude on obtient la soude caustique que l'on prépare aussi par l'électrolyse du chlorure de sodium (à côté on obtient du chlore). En temps normal, nous en produisons près de 80.000 tonnes et nous sommes également exportateurs de ce produit (14.144 tonnes en 1913). Si la guerre nous a obligés à en importer des quantités relativement considérables, il faut espérer que la situation redeviendra ce qu'elle était autrefois.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler de l'industrie de la *potasse*, peu développée chez nous par suite du manque de matière première. On estime la production, en temps normal, à 4.500 tonnes de potasse raffinée, 2.200 tonnes de potasse hydratée et 4.000 tonnes de potasse caustique produite en partie par l'électrolyse du chlorure importé d'Alsace (mine Amélie).

Aussi bien la soude que la potasse servent de point de départ pour certains sels de soude et de potasse. Nous ne signalerons ici que les *silicates de soude et de potasse* (verre soluble) que l'on peut rattacher aux alcalis. Leur production est de 6.000 tonnes environ; ils servent en savonnerie, en teinturerie, etc.



XIV

INDUSTRIES MINÉRALES DIVERSES : SELS MÉTALLIQUES, COULEURS MINÉRALES, ETC.

Les acides sulfurique et chlorhydrique servent à la préparation des sels minéraux, qui sont généralement mis en vente sous forme de sulfates ou de chlorures. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on emploie une autre forme : le nitrate et l'acétate, pour les sels de plomb par exemple, parce que le sulfate et le chlorure de plomb sont insolubles. Cette remarque s'applique naturellement aux sels que l'on utilise en vue du métal ou de la base qui y sont contenus. Dans d'autres cas où il s'agit d'employer l'acide, et où celui-ci est le composé intéressant, les conditions sont autres ; tel est le cas des bromures, iodures, fluorures, nitrates, acétates, etc. Il y a aussi le cas des mordants employés dans les industries textiles, où, pour des raisons spéciales, on unit le métal à un acide déterminé soit pour éviter l'attaque de la fibre, soit pour faciliter la dissociation du mordant, etc.

Pour des raisons évidentes, il nous est absolument impossible non seulement d'énumérer tous les produits intéressants, mais à plus forte raison encore d'entrer dans des détails concernant la fabrication de ces nombreux composés. Nous avons du reste déjà eu l'occasion, en parlant des richesses minières, d'indiquer brièvement quelques chiffres de production. Ainsi la production du *sulfate de cuivre* s'élève à près de 30.000 tonnes, en temps normal, mais nous en importons encore environ 15.000 tonnes.

Une industrie locale est celle des *verdets et acétates de cuivre*, préparés avec des marcs de vendange et du vieux cuivre. L'exportation de ces produits, assez considérable en temps ordinaire, (1.300 tonnes en 1913) a presque cessé depuis la guerre, par suite de la pénurie des sels de cuivre.

La production du *sulfate de fer*, sous-produit de diverses industries métallurgiques, peut être estimée à 35.000 tonnes. Il sert, en quantités notables, en agriculture comme desherbant, puis à la préparation du sulfate ferrique basique (rouille) employé dans la teinture des soies en noir. Son emploi tend cependant à diminuer, les noirs sur mordant d'étain ayant pris un essor de plus en plus considérable.

En parlant de la bauxite, nous avons signalé la production annuelle de 10.000 tonnes de *sulfate d'alumine* (à côté de 3.000 tonnes d'alun provenant de l'alun romain). A notre avis, notre production de bauxite (259.000 tonnes en 1913) devrait nous assurer la prédominance sur le marché européen avec tous les produits dérivés de l'alumine: alumine anhydre et hydratée, gelée d'alumine, aluminates, sels d'alumine. En particulier le sulfate d'alumine, surtout en utilisant l'excès d'acide sulfurique disponible après la guerre, devrait faire l'objet d'exportations importantes. L'industrie allemande, qui est obligée d'importer la bauxite, produit cinq fois plus de sulfate d'alumine que la nôtre (54.122 tonnes en 1908). On peut aussi envisager l'industrie du sulfate d'alumine en rapport avec l'azoture d'aluminium, dont il a été question lors de la fixation de l'azote; on produirait ainsi en même temps du sulfate d'ammoniaque et du sulfate d'alumine.

Pour le *sulfate de magnésium* nous sommes tributaires de l'étranger, puisque nous en importons plus de 4.000 tonnes (4 320 tonnes en 1913) ainsi que le *sulfate de zinc* (importation 212 tonnes), dont la production ne dépasse guère 400 tonnes annuellement.

Le *chlorure de baryum* dont nous importons environ 3.000 tonnes (1.200 tonnes de Belgique et 1.800 tonnes d'Allemagne et d'Autriche) pourrait être fabriqué avec le sulfate de baryte naturel que l'on trouve en Auvergne (production 13.620 tonnes en 1912). On l'obtient en chauffant le sulfate de baryte finement

broyé avec du charbon et du chlorure de calcium dans les anciens fours à soude du procédé Leblanc. La masse, reprise par l'eau, donne du chlorure de baryum et du sulfure de calcium. On peut aussi réduire le sulfate de baryte avec du charbon, puis fondre le sulfure de baryum obtenu avec du carbonate de soude, ce qui donne du sulfure de sodium, d'une part, et du carbonate de baryum qu'il suffit de dissoudre dans l'acide chlorhydrique. Selon les conditions locales, on donnera la préférence à l'un ou l'autre de ces procédés.

L'industrie du *borax* et de l'*acide borique* est assez importante pour mériter une mention particulière. On sait que les fumeroles de Toscane ont beaucoup perdu de leur importance depuis la découverte de minerais de bore en Asie Mineure et dans les Andes. Nous importons du borate de chaux (2.853 tonnes en 1913) et de la boronatrocalcite du Chili, du Pérou et de la Bolivie (15.050 tonnes en 1913). Décomposés par l'acide, ces minerais donnent de l'acide borique dont nous exportons des quantités importantes (2.993 tonnes en 1913). Il sert en verrerie, pour les émaux, dans l'industrie des colorants organiques, comme antiseptique, etc. Ce dernier emploi a sensiblement diminué ; il est juste d'ajouter que le procédé pour l'obtenir en paillettes par addition d'albumine n'était pas précisément indiqué pour améliorer ses qualités antiseptiques.

D'autre part, par traitement des minerais par le carbonate de soude, on prépare le borax dont on exporte d'assez grandes quantités (4.726 tonnes en 1913).

*
**

L'industrie des *couleurs minérales* ne peut être traitée ici en quelques lignes. Pour certaines couleurs nous sommes de gros producteurs et exportateurs ; c'est le cas pour les *ocres* naturels dont la production dépasse 40.000 tonnes (41.810 tonnes en 1912) et dont nous exportons une forte partie à l'état broyé ainsi que des résidus de pyrites grillés, etc. (36.937 tonnes en 1913) (1).

(1) *Les ocres*, par PAUL HUBERT (1884).

Pour la fabrication de *l'outremer* nous possédons 4 usines dont la production est excédente puisque nous exportons plus de 2.000 tonnes (2.060 tonnes en 1913). L'Allemagne possède 10 usines produisant 6.500 tonnes, c'est-à-dire environ 40 0/0 de la production mondiale (15.000 tonnes environ). Il semble du reste que l'emploi de *l'outremer* aille plutôt en diminuant, car il est de plus en plus concurrencé par les couleurs artificielles (indanthrène, etc.)

La production de la *céruse* se montait à près de 25.000 tonnes ; son emploi vient d'être interdit. On pourra la remplacer surtout par l'oxyde de zinc (blanc de zinc) : production 12.000 tonnes environ, importations 6.219 tonnes, et le *lithopone* dont nous importons des quantités considérables (7.863 tonnes en 1913), c'est-à-dire plus de la moitié de la consommation nationale (14.000 tonnes en temps normal). Avec le sulfate de baryte naturel et les minerais de zinc que nous possédons, il paraît possible de développer cette fabrication en France, qui ne dépassait pas 6.000 tonnes avant la guerre.

Le *lithopone* est un mélange de sulfure de zinc et de sulfate de baryte que l'on obtient en réduisant le sulfate de baryte par le charbon, puis en faisant agir le sulfure de baryum obtenu sur du sulfate de zinc en solution. Ce produit sera préparé non pas par dissolution des déchets de zinc dans l'acide, ce qui reviendrait trop cher, mais en traitant les minerais de zinc après grillage par l'acide sulfurique relativement concentré. On précipite le fer d'après des procédés connus.

Si la production des minerais de zinc a plutôt diminué en France (45.929 tonnes en 1912 contre 62.150 tonnes en 1905), il ne faut pas oublier que l'Algérie en produit des quantités importantes (exportations : 84.495 tonnes en 1912) et que la production de l'Indo-Chine augmente (22.751 tonnes en 1910).

Le *minium* de plomb s'obtient par la calcination de la litharge à l'air et comme sous-produit de la fabrication du nitrite de soude ; sa production est d'environ 7.000 tonnes. On le prépare encore par calcination modérée de la *céruse*.

Il faut aussi mentionner la fabrication plus récente de la litharge par pulvérisation mécanique du plomb liquide avec un

courant de vapeur (brevets français 409.944 et 400.270) à côté de l'ancien procédé classique par oxydation du plomb dans des fours à réverbère. La production des litharges est estimée à 2.000 tonnes environ.

Il y aurait enfin lieu de signaler les *bronzes en poudre* où l'industrie allemande (Fürth) avait acquis une importance considérable (importations allemandes en 1913 : 278 tonnes d'une valeur de 1.140.000 francs). Grands producteurs d'aluminium nous devons pouvoir concurrencer sérieusement cette industrie.

..

L'industrie des *gaz comprimés et liquéfiés* mériterait une étude spéciale vu l'importance que ces fabrications ont acquise ; il nous est, malheureusement, impossible de nous étendre sur ce sujet. Nous avons déjà eu l'occasion de signaler la préparation de l'*hydrogène*, obtenu par l'électrolyse de l'eau ou comme sous-produit de l'électrolyse des chlorures, puis par le gaz à l'eau, ensuite en partant de la vapeur d'eau ou par d'autres procédés fort nombreux que nous ne pouvons étudier ici. Il a aussi déjà été question de l'*azote*, obtenue par liquéfaction de l'air ou des gaz brûlés et fractionnement, de l'*acide carbonique* liquide, du *chlore*, du *phosgène*, du *chlorure de méthyle* ainsi que du *méthane*. Notre pays ne possède pas ce gaz à l'état natif comme les Etats-Unis ou la Hongrie.

L'*ammoniaque* anhydre et liquéfiée est, comme l'acide carbonique, un produit fort important pour les industries frigorifiques, dont nous avons signalé l'importance pour la conservation des denrées périssables. L'industrie des matières colorantes nécessite également de grandes quantités de glace pour la préparation des couleurs azoïques, les nitrations, etc., et une grande usine allemande en consomme couramment 200 tonnes par jour. Nous signalerons ici, en passant, que ces usines ont entrepris des essais pour employer l'*éthane* dans des machines frigorifiques de construction particulière.

L'*éthane* s'obtient par réduction catalytique de l'éthylène avec

de l'hydrogène sur du nickel finement divisé; l'éthylène est produit en faisant passer des vapeurs d'alcool sur de l'oxyde d'aluminium amorphe à 360° C.

Il y a, enfin, à signaler l'acétylène dissous, employé en métallurgie, ainsi que l'oxygène comprimé et l'acide sulfureux liquéfié, dont il sera encore question dans la suite.

L'industrie des gaz liquéfiés a fourni à nos métallurgistes, spécialement à nos fabricants de tubes, un débouché intéressant pour leurs produits. Les récipients ou bouteilles en acier forment, en effet, un contingent très important de leur fabrication.

Il faut toutefois faire remarquer que le poids du récipient est presque le triple de celui du gaz qui y est contenu, ce qui a l'inconvénient de grever le prix du gaz de frais de transport extrêmement élevés. Ces frais arrivent même pour certains gaz à constituer presque l'élément principal du prix de vente.

ANNEXES AUX CHAPITRES XIII ET XIV

Production de l'acide sulfurique réel

Pays producteurs	1913 tonnes
Etats-Unis	2.210.000
Allemagne	1.600.000
Angleterre,	1.150.000
France	850.000
Italie	635.000
Autriche-Hongrie.....	450.000
Belgique	270.000
Russie	250.000
Suède.....	125.000
Roumanie.....	60.000

Production des usines de soude françaises

Années	Sel de soude tonnes	Soude crist. tonnes	Soude caustique tonnes
1910	316.886	57.960	59.895
1911	320.657	60.574	83.391
1912	353.348	56.064	70.769
1913	378.869	61.210	78.567

Production du sulfate de cuivre

Pays producteurs	1912	1913
—	tonnes	tonnes
—	—	—
France.....	26.000	26.000
Etats-Unis.....	17.000	24.000
Grande-Bretagne.....	85.000	76.000
Italie.....	52.000	44.000
Autriche-Hongrie.....	15.000	15.000
Allemagne.....	5.000	5.000

L'INDUSTRIE DES OXYDANTS ET DES RÉDUCTEURS (1)

L'oxydant disponible en quantités illimitées et à un prix relativement modique est l'*oxygène* dont la préparation, en partant de l'air, par liquéfaction, est devenue absolument industrielle. On peut estimer sa production annuelle à environ 8 millions de mètres cubes ou 12.000 tonnes, dont $\frac{4}{5}$ produit par le procédé Claude et $\frac{1}{5}$ (1 $\frac{1}{2}$ million de mètres cubes) par le procédé Linde, alors que cette fabrication ne s'élevait qu'à 18.000 mètres cubes en 1900. Avec une dépense moyenne de 0,66 cheval-heure par mètre cube d'oxygène, il peut être mis à la portée des industries chimiques où jusqu'à présent on utilisait l'air, tel que dans la fabrication des peroxydes, des chromates, dans les industries métallurgiques, etc. A côté de l'oxygène on obtient, par fractionnement de l'air liquide, 4 fois plus d'azote dont l'emploi est tout indiqué pour la cyanamide, l'ammoniaque synthétique et les autres modes de fixation de l'azote.

Les *chromates* et les *bichromates* sont des oxydants fort importants que l'on ne produisait pas en France avant la guerre. On en importait plus de 3.000 tonnes annuellement (3.245 tonnes en 1913) et si cette fabrication vient d'être montée en France, elle ne

(1) Bibliographie à consulter : *Air liquide, oxygène, azote*, par G. CLAUDE (1909). — *L'industrie des composés peroxygénés : peroxydes et persels*. EUG. GRANDMOUGIN, *Tech. Mod.*, 1913, 19. — *L'industrie des hydrosulfites*, EUG. GRANDMOUGIN, *Rev. Prod. Chim.*, 1917, 86.

fonctionne cependant que d'une façon fort réduite. On donne en général la préférence au *bichromate de soude* plus soluble que le sel de potasse et que les Allemands fabriquaient sur une grande échelle. Le procédé employé consiste à traiter la chromite, à l'état finement divisé, par l'alcali caustique, à 500/600° C. dans un courant d'air qui oxyde presque quantitativement l'oxyde de chrome en acide chromique. La séparation ultérieure du bichromate de soude, très soluble, ne peut s'effectuer que dans des conditions bien déterminées ; il faut aussi noter les inconvénients de cette fabrication pour la santé des ouvriers (nécrose des cartilages).

Les chromates et bichromates servent à la préparation de certaines couleurs : jaunes et orangés de plomb, de zinc, de baryum utilisés dans les arts, ensuite, et surtout, comme oxydants en milieu acide ; ils sont alors réduits en sels de sesquioxyde (1). Dans certains cas les sels ainsi obtenus servent en tannerie et en teinture pour la préparation de différents mordants : *alun de chrome*, sulfate et chlorure de chrome, acétate de chrome, etc. Dans d'autres cas, il y a lieu de régénérer l'acide chromique. Ce procédé est appliqué lors de la fabrication de l'antraquinone par oxydation de l'antracène ; la réoxydation se fait assez généralement par l'électrolyse.

Le *permanganate de potassium* est un produit qui est aussi importé en totalité (230 tonnes en 1913) et dont la fabrication a été abandonnée chez nous. On le prépare par action de la potasse caustique sur le bioxyde de manganèse finement pulvérisé au rouge sombre, puis l'on transforme le manganate obtenu en permanganate par un acide faible ou par l'électrolyse. Le permanganate de chaux est plus soluble que le sel de potassium ; il pourrait offrir de l'intérêt pour certaines oxydations en synthèse organique.

Nous avons déjà parlé de l'action oxydante du chlore et des hypochlorites, ce qui nous dispense de revenir ici sur cette question.

Dans l'ancien procédé de préparation des *chlorates*, chlorates

(1) *Mordants de chrome*. EUG. GRANDMOUGIN, *Rev. Gén. Mat. Col.*, 1908, 3.

de soude et de potasse en particulier, on utilisait l'action oxydante du chlore sur une lessive alcaline, à chaud. Ce procédé a été remplacé presque complètement par le procédé électrolytique qui, par électrolyse des chlorures alcalins dans des conditions déterminées, fournit ces sels dans d'excellentes conditions. Malgré une consommation intérieure d'environ 3.500 tonnes, nous en exportons, en temps normal, près d'un millier de tonnes (945 tonnes en 1913); mais le chiffre d'exportation de 1915 (9.447 tonnes) montre jusqu'à quel point cette fabrication peut être développée quand les besoins s'en font sentir.

Pour certaines industries on préfère le *chlorate de soude*, plus soluble, au sel de potassium; le *chlorate de baryum* sert en impression pour préparer, par double décomposition, divers chlorates métalliques. Le chlorate de calcium ne semble pas pouvoir le remplacer pour cet usage.

A signaler aussi la fabrication du *perchlorate de potassium* qui tend à remplacer le chlorate de soude dans certains de ses emplois.

Les *peroxydes et persels* offrent un intérêt particulier pour les industries du blanchiment et pour la thérapeutique. L'eau oxygénée, en première ligne, est un oxydant idéal puisqu'elle ne laisse que de l'eau comme résidu. On peut fixer l'oxygène sur les éléments de l'eau en présence d'effluves; toutefois ce procédé ne donne pas, jusqu'à présent, des rendements industriels. Il faut donc procéder pour sa préparation par voie indirecte. On fixe de l'oxygène sur de l'oxyde de baryum, ce qui donne du *peroxyde de baryum*, puis on décompose celui-ci à froid, par un acide: acides sulfurique, phosphorique, fluorhydrique, etc., qui précipite en même temps la baryte.

Il est intéressant de noter que cette industrie est bien représentée chez nous puisque nous exportons du bioxyde de baryum excédent (460 tonnes environ), tandis qu'en 1900 nous en importions encore à peu près la même quantité. Quant à l'eau oxygénée sa production dépasse certainement 6.000 tonnes (à 10/12 volumes); on obtient comme sous-produit du sulfate de baryte qui, comme blanc fixe, peut servir de couleur minérale (environ 1.200 tonnes).

Pour certains emplois, où la présence de sels solubles n'est pas nuisible, par exemple pour le blanchissage de la laine, on peut aussi préparer l'eau oxygénée par décomposition du *peroxyde de sodium* par un acide. Le peroxyde de sodium s'obtient lui-même, d'après le procédé Castner, en faisant agir de l'air, vers 400° C. sur du sodium contenu dans des récipients en aluminium. Le peroxyde ainsi obtenu titre environ 95 0/0 et contient 20 0/0 d'oxygène disponible, tandis que le peroxyde de baryum n'en contient guère plus de 9,5 0/0.

Pour les usages médicaux, il faut de l'eau oxygénée absolument pure et exempte de sels minéraux; elle peut se faire par distillation dans le vide, par congélation ou par d'autres procédés appropriés.

On peut, enfin, préparer l'eau oxygénée par voie électrolytique et il semble que certains produits concentrés (20/30 0/0, 70 volumes) sont obtenus par ce procédé qui mérite de retenir l'attention de nos industriels (voir par exemple les brevets français 358.806, 371.043).

Les *persulfates*, *percarbonates* et *perborates* peuvent être considérés comme de l'eau oxygénée sous une forme solide; ils peuvent la remplacer dans certains emplois. Les persulfates et percarbonates se préparent généralement par l'électrolyse; leur usage est peu considérable jusqu'à présent. Les perborates s'obtiennent en partant du borax par l'action du peroxyde de sodium ou de l'eau oxygénée; ils seraient des oxydants fort intéressants si leur prix de revient n'était pas aussi élevé. Le borax ne sert en somme que de support pour l'eau oxygénée; c'est un produit d'un prix relativement élevé et qui se perd lors de l'emploi. On voit donc qu'il est assez difficile d'obtenir une solution satisfaisante dans cet ordre d'idées.

Le *ferricyanure de potassium* ne trouve qu'un emploi limité comme oxydant par suite de son prix fort élevé. Il sert en impression, pour la préparation de certains bleus minéraux et des papiers calques. On l'obtient par oxydation du ferrocyanure par le chlore ou par l'électrolyse. Notons ici que nous exportons environ 1/3 de notre production en *ferrocyanures* qui se préparent avec les résidus d'épuration du gaz d'éclairage (583 tonnes en 1913).

L'acide nitrique est aussi un oxydant souvent employé ; nos prix élevés obligent à récupérer les vapeurs nitreuses qui se froment et à les retransformer en acide nitrique (rouille, mordants d'étain, etc.). Certains nitrates se font par conversion avec des nitrates de soude : tels que le salpêtre de potasse (production 6.000 tonnes) et le nitrate de baryum, nécessaire à la fabrication du peroxyde. Notons encore ici la production d'environ 30 tonnes de sous-nitrate de bismuth, 25 tonnes de nitrate d'argent et 10 tonnes de nitrate de strontium.

L'industrie du *nitrite de soude* peut être rattachée ici : on obtient ce produit par l'action du plomb sur le nitrate de soude fondu. C'est aussi un sous-produit de la fabrication du nitrate de Norvège.

Nous avons déjà signalé le développement que cette industrie devrait prendre dans le cas d'une industrie florissante des matières colorantes. La production actuelle est d'environ 1.000 tonnes dont 600 tonnes sont consommées en France.

Parmi les réducteurs, il y a surtout les dérivés du soufre : acide sulfureux, sulfites, bisulfites, hyposulfites et hydrosulfites qui méritent une mention spéciale. Pour préparer l'acide sulfureux, nécessaire à la préparation de ces composés, on utilise très souvent comme point de départ le soufre même, qui, par combustion, donne de l'acide sulfureux très pur. Pour opérer cette combustion, il faut disposer d'un four à soufre approprié dont il existe différents modèles pratiques. Nous avons déjà signalé autrefois que nous sommes importateurs de soufre (112.897 t. en 1913) qui nous vient de Sicile et des Etats-Unis (30.000 tonnes environ). Ces deux pays sont les deux plus gros producteurs (la production mondiale de soufre a été, en 1914, de 862.996 tonnes ; l'Italie y figure pour 381.978 tonnes et l'Amérique pour 318.018 t.).

L'acide sulfureux liquide est une fabrication peu importante chez nous, quoique relativement facile ; environ 2.000 tonnes étaient importées d'Allemagne, c'est-à-dire plus des deux tiers des quantités consommées en France et en Algérie. En Alle-

magne, on l'obtient comme sous-produit du traitement des minerais de zinc. Les gaz sulfureux provenant du grillage des blendes, et ne contenant que de 3 à 6 0/0 SO_2 , sont absorbés par de l'eau dans des fours à coke. La solution d'acide sulfureux obtenue est chauffée pour en expulser le gaz dissous, puis on le liquéfie, après dessiccation, par compression (point d'ébullition, -10°C.). Vu son bas prix (environ 10 francs les 100 kilos) il peut trouver de nombreux emplois dans l'industrie frigorifique, pour le blanchiment des laines et des soies, dans l'industrie de la gélatine et de la colle, pour la préparation des hydrosulfites, etc. En tous les cas, on devrait préférer l'acide liquéfié à la solution aqueuse qui se prépare également, mais est peu avantageuse vu sa grande dilution.

L'acide sulfureux sert à la préparation du *sulfite* et du *bisulfite de soude* en le faisant agir sur du sel de soude. Le bisulfite de soude est généralement livré sous forme de solution concentrée (à 30° et à 40°B.) ; les usines allemandes le préparent aussi à l'état cristallisé (à 62,5 0/0 SO_2). Il sert surtout pour le blanchiment, dans l'industrie des matières colorantes et des extraits tanniques, pour la préparation des hydrosulfites, etc. On obtient, avec une solution de carbonate de potasse, le *sulfite de potasse* (en solution à 40°B') et le *métabisulfite de potasse* utilisé en vinerie. Il ne semble pas qu'on ait réussi à préparer jusqu'à présent ce produit sous la forme particulière demandée par les consommateurs.

Le *bisulfite de chaux* est employé pour la préparation des pâtes à papier et en brasserie.

L'*hyposulfite de soude*, enfin, est un sous-produit de l'industrie de la soude d'après le procédé Leblanc ; il sert en photographie et principalement comme antichlore dans l'industrie du blanchiment des pâtes à papier. C'est aussi à cet emploi, comme antidote du chlore, qu'il faut attribuer son importation croissante de 1913 à 1915 (107 tonnes en 1913 ; 807 tonnes en 1915).

Nous ne possédons pas de données récentes sur la production de ces divers produits.

En 1900, la production des bisulfites était évaluée à 2.600 tonnes environ, dont 1.400 tonnes pour le bisulfite de chaux,

800 tonnes pour le bisulfite de soude et 400 tonnes pour le sulfite de soude. Ces chiffres sont certainement trop faibles actuellement. On importe, d'autre part, des quantités assez importantes de bisulfite de soude (585 tonnes en 1913) ainsi que de sulfite, bisulfite et métrasulfite de potassium (163 tonnes en 1913).

Un produit particulièrement intéressant est l'*hydrosulfite de sodium*. On l'obtient en solution par action de la poudre de zinc sur du bisulfite de soude, à froid, et l'on précipite ensuite le zinc dissous par addition d'un lait de chaux. Il semble préférable toutefois de le préparer, si l'on dispose d'acide sulfureux liquide, par action de cet acide sur de la poudre de zinc en suspension aqueuse. La détente du gaz sert au refroidissement et l'on obtient ainsi une solution d'hydrosulfite de zinc. Ce produit est décomposé par la quantité nécessaire de soude caustique ; il se forme de l'hydrosulfite de soude et de l'oxyde de zinc hydraté qui est séparé par filtration (brevet français 459.144). Les solutions obtenues d'après l'un ou l'autre procédé peuvent servir directement pour la teinture de l'indigo et des couleurs à cuve.

Des solutions d'hydrosulfite de soude suffisamment concentrées (10 0/0 au moins) on peut séparer l'hydrosulfite cristallisé par le sel marin ou la soude caustique. Le produit hydraté ainsi obtenu est excessivement oxydable ; on peut le rendre stable en le déshydratant par un traitement à l'alcool.

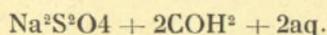
L'hydrosulfite de soude sec et stable (titrant environ 80 0/0) est un produit excessivement intéressant pour les industries tinctoriales et dont il serait, croyons-nous, indiqué d'installer la fabrication chez nous.

On peut estimer que la quantité d'indigo teint en France exigerait pour sa réduction environ 300 tonnes de cet hydrosulfite solide sans compter les quantités nécessaires à la réduction des couleurs à cuve (indanthrène, algol, hélindone, ciba, etc.). Il est juste d'ajouter que pour la teinture des filés, on donnera sans doute toujours la préférence à la cuve à la couperose (sulfate de fer).

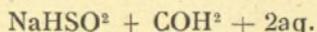
Cette quantité représenterait près d'un million de francs. On nous objectera, il est vrai, que ce produit est breveté par une maison allemande ; mais on peut se demander si, dans le pays où le brevet de corps est établi, un sel décrit par un chimiste français (Schutzenberger) était encore susceptible d'être protégé. Pour une fois que le brevet de corps constituerait un avantage pour nous, pourquoi ne pas nous en prévaloir ?

On a aussi préparé des hydrosulfites de zinc et de chaux (blankite, rédos) qui servent en sucrerie à la décoloration des jus.

Un autre emploi des hydrosulfites fort important est celui de la préparation de l'hydrosulfite stable, composé double avec la formaldéhyde :



(brevet français 337.530). On sait qu'il peut être dédoublé en bisulfite-formaldéhyde et en *sulfoxylate-formaldéhyde* :



qui possède le pouvoir réducteur double du produit primitif. On peut du reste le préparer plus simplement en réduisant directement, dans des conditions déterminées, la bisulfite-formaldéhyde par la poudre de zinc, à chaud.

Ce sulfoxylate a trouvé des emplois considérables en impression ; nous estimons que les indiennes françaises peuvent en consommer près de 250 tonnes et ce chiffre serait doublé avec la part des usines d'impression en Alsace.

Malheureusement, ces produits constituent encore un monopole allemand et qu'il est difficile de rompre. Cela est d'autant plus regrettable, que l'invention des hydrosulfites est française (Schutzenberger) et que la préparation des composés avec la formaldéhyde : hydrosulfite-formaldéhyde et sulfoxylate-formaldéhyde revient à des chimistes français et alsaciens. Nous ne pouvons rouvrir ici un débat irritant au sujet d'une question de priorité fort controversée. Qu'il nous soit cependant permis d'insister auprès des chimistes-coloristes pour qu'ils adoptent, à l'avenir, une politique industrielle plus positive et plus conforme aux réalités industrielles que par le passé.

Par suite de la prédominance des hydrosulfites, l'emploi du sel d'étain, qui est également un réducteur, a sensiblement baissé. Sa production, peu importante, ne dépasse probablement pas 125 tonnes. Il sert aussi pour préparer certains mordants usités en teinture, pour des laques de colorants naturels (graines, cochenille, etc.). Ces emplois diminuent de plus en plus.

On a proposé de remplacer le sel d'étain par le *chlorure de titane*, qui est fabriqué en Angleterre; mais il ne semble pas qu'il y ait là un emploi bien important. On peut cependant se demander s'il n'y aurait pas moyen d'utiliser les résidus de bauxite, lors du traitement alcalin, et qui contiennent du titane à côté d'oxyde de fer, pour en préparer des composés de titane.

Un composé qui a acquis une assez grande importance est le *sulfure de sodium* qui peut servir d'une part comme réducteur et d'autre part est l'analogie de la soude caustique. On le prépare par réduction du sulfate de soude par le charbon en présence de sulfate de baryte ou on l'obtient comme sous-produit des charrées de soude à côté de l'hyposulfite de soude. Sa production et sa consommation ont sensiblement augmenté, aussi bien pour le traitement des peaux que pour la teinture et la préparation des couleurs au soufre. Rien que pour ce dernier emploi, on peut estimer sa consommation à 2.500 tonnes de sulfure fondu ou 5.000 tonnes de produit cristallisé ($\text{Na}_2\text{S} + 9\text{aq.}$). C'est dire l'augmentation de sa production qui, vers 1900, avant l'invention des couleurs au soufre, était d'environ 1.500 tonnes annuellement.

Le sulfure de sodium ou le polysulfure est devenu également un réducteur important dans l'industrie organique où il permet, dans certains cas, une réduction sélective (dinitrobenzol en m. nitraniline par exemple).

L'importance de l'*hydrazine* et de l'*hydroxylamine* est trop peu conséquente pour nous y arrêter. On obtient l'hydrazine par action des hypochlorites sur l'ammoniaque aqueuse (avec formation intermédiaire de chloramine) et on l'isole sous forme de son sulfate peu soluble. L'hydroxylamine résulte de

l'action du nitrite de soude sur le sulfite de soude et hydrolyse du produit d'interaction. Sa forme habituelle est le chlorhydrate.

Ces deux produits trouvent un emploi limité en photographie et en synthèse organique.

LA GRANDE INDUSTRIE DU GOUDRON DE HOUILLE (1)

Dans un chapitre précédent, nous avons déjà étudié la carbonisation de la houille et, sommairement, les produits qui en résultent : coke, gaz d'éclairage ainsi que les sous-produits : eaux ammoniacales et goudron de houille. Nous rappellerons qu'une tonne de houille carbonisée dans les cornues à gaz fournit, en moyenne, 300 mètres cubes de gaz (= 150 kilos), 700 kilos de coke, 50 kilos de goudron et 12 kilos de sulfate d'ammoniaque.

La proportion de goudron, condensé lors de la carbonisation dans les fours à coke, est sensiblement moindre ; en 1913, on a obtenu pour 3.250.000 tonnes de houille carbonisée : 2.500.000 t. de coke, 65.000 tonnes de goudron et 29.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque.

La production du goudron de houille atteignait, avant la guerre, 280.000 tonnes environ, dont 200.000 tonnes produites

(1) Bibliographie à consulter : *Les produits industriels des goudrons de houilles et leurs applications*, par V. DE VULITCH (1907).

L'industrie du goudron de houille, par G.-F. JAUBERT.

La fabrication du coke et les sous-produits de la distillation de la houille, par A. SAY (1912).

La fabrication du benzol en Allemagne, EUG. GRANDMOUGIN, *Techn. Mod.*, 1912, 241, 295.

Les progrès successifs dans la carbonisation de la houille au point de vue de la récolte des sous-produits, par PAUL MALLET (1916).

par les usines à gaz et 80.000 tonnes comme sous-produit des cokeries ; nous avons déjà vu qu'avec une récupération complète, elle pourrait s'élever à 400.000 tonnes environ. Dans ce chiffre ne sont pas comprises les acquisitions futures de bassins houillers et des fours à coke qui en dépendent.

Le goudron de houille est la matière première pour l'industrie des colorants artificiels, de certains produits pharmaceutiques et parfums synthétiques. C'est un mélange fort complexe d'au moins une centaine de substances diverses : carbures, phénols, amines, etc., que l'on peut séparer par des distillations fractionnées et des méthodes chimiques appropriées.

Industriellement, la distillation se fait soit par des procédés discontinus dans des chaudières en fer (contenant de 15 à 25 tonnes), à feu nu, comme dans l'appareil Lencauchez, ou sans feu en utilisant la distillation pyrogénée comme dans le système Hennebutte. Il existe aussi des procédés de distillation continus, tels que le système Lenhard, appliqué par la South Metropolitan Gas Co, et le système Ray, qui est indiqué pour des usines moyennes.

Quel que soit le système de distillation adopté, on sépare, d'une façon assez grossière, les huiles qui distillent en 4 ou 5 fractions principales, d'après les températures de distillation et la densité des produits, condensés par des réfrigérants appropriés. On obtient ainsi : les huiles légères qui passent jusqu'à 150° C (densité < 1), les huiles moyennes qui distillent de 150-210° C (densité > 1), les huiles lourdes passant de 210-280° C et les huiles anthracéniques ou huiles vertes qui sont recueillies au-dessus de 300° C. Dans les cornues, il reste un résidu, le brai, qui trouve divers emplois, notamment pour le briquetage des houilles menues et des poussières, etc.

On compte, en général, que 100 p. de goudron donnent de 20-40 p. d'huiles de houille, de 50 à 70 p. de brai et de 2-7 p. de pertes et eaux ammoniacales.

La distillation pyrogénée augmente la proportion du brai au détriment des huiles.

Des diverses fractions ainsi obtenues, on retire, par des procédés chimiques et physiques appropriés, les produits intéres-

sants pour les industries organiques : benzols, phénols, naphthaline, anthracène, etc.

Les huiles légères sont, après une nouvelle rectification, traitées avec 3 0/0 d'acide sulfurique à 66° B, puis à la soude aqueuse et lavées ; on obtient ainsi les benzols qui, d'après leur façon de distiller, sont classés en benzols à 90 0/0, 50 0/0, 30 0/0. Les benzols sont des mélanges de benzène, toluène, xylènes et des homologues supérieurs que l'on peut séparer par un fractionnement dans un appareil à colonne. On peut obtenir ainsi du benzène pur, bouillant à 80° C, du toluène, point d'ébullition 110° C et le mélange des xylènes etc. Le mélange des carbures supérieurs forme le solvant-naphta ou benzine lourde qui trouve des emplois variés surtout dans les usines de dégraissage, comme dissolvant, etc. Il est à remarquer que l'industrie des matières colorantes exige des produits très purs ; quand il s'agit d'employer les benzols pour les moteurs à explosion, on peut par contre parfaitement se servir du benzol à 90 0/0 qui constitue un mélange (env. 84 0/0 benzène, 13 0/0 toluène, 3 0/0 xylènes.)

Nous avons déjà aussi vu, autrefois, qu'en débenzolant le gaz d'éclairage et notamment les gaz des tours à coke, on obtenait des quantités de benzols beaucoup plus considérables que par la distillation du goudron. Cette opération se fait en lavant ces gaz dans des appareils appropriés (scrubbers, tours, etc.), avec des huiles lourdes, puis en les distillant quand elles sont saturées de benzols. Les huiles desessenciées retournent à l'extraction ; les benzols obtenus sont raffinés par des traitements chimiques puis rectifiés comme décrit précédemment.

La production française de benzols ne dépassait guère 12.000 tonnes avant la guerre ; nous avons déjà établi autrefois qu'elle pourrait s'élever à près de 35.000 tonnes en traitant la totalité des gaz obtenus lors de la carbonisation de la houille. Il est bon d'ajouter que notre consommation dépasse 80.000 tonnes ; mais dans cette quantité 5.000 tonnes à peine étaient utilisées dans les industries chimiques et 75.000 tonnes au moins pour les moteurs à explosion. Comme pour l'essence de pétrole, nous restons, pour notre approvisionnement en benzols, tributaires de l'étranger.

Des huiles moyennes, obtenues lors de la distillation du goudron, on tire la naphthaline, l'acide phénique et les crésols. Après une nouvelle distillation fractionnée de ces huiles, on les abandonne dans des bacs à cristalliser où la naphthaline se sépare. Après égouttage, la naphthaline est essorée ou mieux encore exprimée sous forte pression à la presse hydraulique, puis on la traite à l'acide sulfurique et à la soude et on la redistille à nouveau. La naphthaline est le produit contenu le plus abondamment dans le goudron et dont le prix de revient est par conséquent excessivement bas.

Les huiles phénoliques, débarrassées de la naphthaline, sont traitées par une lessive de soude (densité 1,11) qui dissout les phénols. On sépare la solution alcaline aqueuse contenant les phénols et on la sature par l'acide carbonique ; des phénols ainsi obtenus on sépare l'acide phénique par cristallisation et on le purifie par distillation. On peut utiliser pour la carbonatation l'acide carbonique qui s'échappe des appareils à sulfate d'ammoniaque, après l'avoir débarrassé dans des épurateurs de l'acide sulfhydrique qu'il contient. La lessive de carbonate peut servir à nouveau après avoir été caustifiée par la chaux. On peut, évidemment, aussi décomposer les phénates par l'acide sulfurique. On obtient en fin de compte, d'une part, du phénol, d'autre part le mélange des trois crésols qui peuvent être séparés par des procédés appropriés.

Les huiles lourdes créosotées ne nous intéressent pas particulièrement ; elles servent pour l'imprégnation des bois, pour les moteurs à explosion, pour l'extraction du benzol dans les gaz, la fabrication des noirs de fumée, etc.

Les huiles anthracéniques sont abandonnées à cristallisation ; il se sépare de l'anthracène brut qui est purifié par dissolution dans le solvant-naphta, ce qui l'amène à 40 0/0 environ. C'est sous cette forme qu'il est livré aux usines de matières colorantes qui le concentrent à 90 0/0 par deux traitements à la pyridine ou à l'acétone.

On peut encore isoler du goudron une série d'autres produits que ceux que nous venons d'énumérer, tels que le cyclopenta-

diène, le carbazol, l'acénaphène, le phénanthrène, etc., qui font l'objet d'une fabrication limitée.

Quant aux quantités des divers produits qu'on peut isoler à l'aide des opérations décrites, elles varient surtout avec la nature du goudron, selon qu'il a été obtenu comme sous-produit du gaz de houille ou comme produit accessoire de la carbonisation de la houille dans les fours à coke.

On peut toutefois admettre les rendements suivants comme représentant des moyennes :

Produits isolés	du goudron de houille	du goudron des fours à coke
Benzols	1 %	0,5-1 %
Acide phénique.....	0,5-1 %	0,5 %
Naphtaline.....	4-6 %	6-9 %
Anthracène.....	0,4-0,5 %	0,5-1 %

Avec ces données, on peut donc calculer que, si l'on distillait la totalité du goudron produit en France et en récupérant le benzol contenu dans les gaz, on arriverait à produire : 35.000 tonnes de benzols, 20.000 tonnes de naphtaline, 2.000 tonnes d'anthracène, 2.000 tonnes de phénol, sans compter 80.000 tonnes d'huiles de créosote et 200.000 tonnes de brai.

Il est vrai que le goudron ne sera jamais distillé en totalité, car il trouve encore d'autres emplois : pour le chauffage des cornues dans les usines à gaz, pour les cartons bituminés, la fabrication des briquettes, la fabrication du noir de fumée, le goudronnage des routes, etc.

La quantité des benzols ainsi produite, nous l'avons déjà signalé, est insuffisante pour tous nos besoins industriels, car en dehors de l'emploi pour les moteurs, ces produits servent pour le dégraissage, pour les vernis et siccatifs, pour la dissolution des résines, graisses et caoutchouc, pour la carburation, etc.

On peut toutefois admettre qu'avec 5.000 tonnes de benzène, 3.500 tonnes de naphtaline et 1.000 tonnes d'anthracène on arriverait à couvrir les besoins de l'industrie des matières colorantes pour la France.

La plupart des usines de distillation françaises ne séparent le

goudron qu'en huiles et brai, d'autres poussent jusqu'aux produits concrets. C'est ainsi qu'à Lens, on produisait d'après M. Wahl, en 1907 : 1.775 tonnes de naphthaline et 1.500 tonnes d'anthracène brut. D'autre part, la région lyonnaise pourrait, d'après une enquête faite par M. Vignon, produire 175 tonnes de phénol, 1.400 tonnes de naphthaline, 175 tonnes d'anthracène.

On voit donc que l'industrie des matières colorantes disposerait des quantités de matières premières indispensables. Il se peut que le toluène ou d'autres produits moins importants ne suffisent pas, surtout si l'on envisage des applications particulières, mais nous l'avons déjà dit, et on ne peut que le répéter : il sera facile de se procurer ces matières premières en quantités suffisantes, soit en Angleterre soit aux Etats-Unis qui sont les plus grands producteurs de coke (40 millions de tonnes annuellement). Avec une récupération complète des sous-produits, ce dernier pays pourrait produire : 1 1/2 million de tonnes de goudron, 350.000 tonnes de benzols, 75.000 tonnes de naphthaline, 15.000 tonnes d'anthracène et 15.000 tonnes d'acide phénique.

D'après le relevé des douanes, les importations françaises en produits de la distillation du goudron s'élevaient à plus de 100.000 tonnes (107.784 tonnes en 1913), dont la plus grosse part est représentée par les benzols. Il faut y ajouter environ 300.000 t. de goudron et de brai d'une valeur d'environ 14.600.000 francs. Pour fixer les idées au sujet du prix de ces matières premières, on peut compter le benzol à 25 francs, le benzène pur à 30 francs, la naphthaline à 10 francs et l'anthracène brut à 20 francs les 100 kilos. La production maxima française, calculée plus haut, représenterait pour ces trois produits environ douze millions de francs et la totalité des produits dérivés du goudron, environ 20 à 25 millions de francs.

L'INDUSTRIE DES PRODUITS INTERMÉDIAIRES (1)

Le benzène, la naphthaline, l'anthracène, etc., sont des matières premières qui doivent être transformées par des opérations appropriées en produits secondaires, généralement dénommés produits intermédiaires. Ce n'est qu'à la suite de nouvelles transformations que ceux-ci donnent, en définitive, des matières colorantes.

Les opérations à effectuer sont fort diverses. Parmi les principales il faut citer notamment : la nitration, la sulfonation, la chloruration, l'oxydation, la réduction, la fusion alcaline, l'alcoylation, l'acylation, la nitrosation et la condensation.

Nous allons examiner successivement et rapidement ces diverses opérations.

La *chloruration* a déjà fait l'objet d'une étude précédente où nous avons signalé l'importance du chlorbenzène, du chlorure

(1) Bibliographie à consulter : *Traité des dérivés de la houille*, par CH. GIRARD et G. DE LAIRE (1873).

Tableau de dérivation technique des produits industriels du goudron de houille, par V. DE VULITCH.

L'industrie des matières colorantes organiques, par A. WAHL (1912).

La naphthaline, sa fabrication, ses emplois ; EUG. GRANDMOUGIN, *Techn. Mod.*, 1912, 143, 196. — *La fabrication des dérivés nitrés*, EUG. GRANDMOUGIN, *Techn. Mod.*, 1913, 217. — *L'industrie des amines aromatiques*, EUG. GRANDMOUGIN, *Techn. Mod.*, 1914, 87.

de benzyle et du chlorure de benzyldène pour la synthèse organique.

La *nitration* s'effectue par l'action de l'acide nitrique concentré sur les composés aromatiques : elle est facilitée par la présence de l'acide sulfurique concentré, qui agit comme deshydratant. Pour les nitrations, on emploie donc de préférence des mélanges sulfonitriques contenant, outre la proportion d'acide nitrique, l'acide sulfurique nécessaire pour absorber l'eau formée dans la réaction. C'est ainsi que l'on prépare la nitrobenzine en partant du benzol et, par nitration plus énergique, le m. dinitrobenzol. Le toluène fournit surtout deux isomères : l'ortho et le para nitrotoluène que l'on peut séparer par distillation dans le vide ou par congélation, le dérivé para étant cristallisé à température ordinaire. La dinitration fournit principalement le dérivé asymétrique (1.2.4) à côté du dérivé voisin (1.2.6) ; la trinitration, le trinitrotoluène, intéressant comme explosif. Par nitration de la naphthaline, on obtient l' α -nitronaphtaline, par une nitration plus énergique, un mélange de deux dinitro-naphtalines (1.5 et 1.8) que l'on peut séparer par des moyens appropriés.

La nitration est également applicable aux dérivés des carbures, aux amines et aux phénols, ainsi que nous le verrons par la suite. Si elle n'est pas appliquée à l'anthracène, c'est que ce carbure est oxydé en anthraquinone. Celle-ci donne par contre, lors de cette opération, d'abord de l' α -nitro-anthraquinone et, par une nitration plus énergique, un mélange de 1.5 et 1.8 dinitroanthraquinones.

Par la *sulfonation*, on introduit le groupe sulfonique dans les composés benzéniques et cela tout simplement par l'action de l'acide sulfurique à haute concentration, et à température plus ou moins élevée, selon qu'il s'agit d'introduire un ou plusieurs groupes sulfo. En règle générale, plus la sulfonation doit être poussée loin et plus l'acide doit être concentré ; c'est pour les sulfonations qu'il faut précisément de l'acide fumant (oléum) qui est un produit inorganique indispensable pour l'industrie organique. Ainsi, tandis que le benzène peut être sulfoné, à la rigueur, avec de l'acide sulfurique à 66° B^é, on ne peut le disulfonner qu'avec de l'acide fumant ; quant au dérivé trisulfoné, il

ne se forme qu'avec un acide riche en anhydride et à température élevée. La naphthaline fournit, à basse température, avec de l'acide sulfurique à 66° B^e, de l'acide sulfonaphthalique α ; à température élevée par contre le dérivé β . Avec un acide plus concentré (100 0/0) on obtient un mélange des acides disulfonés 2.6 et 2.7 et, enfin, avec de l'acide fumant des acides trisulfonés, dont l'acide naphthaline trisulfonique 1.3.6. est particulièrement important.

Il peut être intéressant de noter ici l'action spécifique du mercure dans certaines sulfonations. Ainsi tandis que l'antraquinone se sulfone avec de l'acide fumant en β , on obtient le dérivé α en présence de faibles quantités de ce métal. Cet exemple est aussi caractéristique pour montrer l'influence de corps étrangers et la complexité des réactions organiques.

Nous ne pouvons entrer ici dans des détails au sujet de la préparation de ces nombreux dérivés, leur séparation et leurs propriétés. Il importe cependant de faire remarquer que la sulfonation, comme la nitration, est également applicable aux dérivés des carbures, aux amines et aux phénols notamment, ce qui permet de préparer toute une série de composés des plus intéressants.

La sulfonation a aussi pour but de rendre solubles dans l'eau des composés insolubles dans ce véhicule, tel que c'est le cas pour un grand nombre de corps organiques. On facilite ainsi leur transformation en cours de fabrication puisque l'on peut travailler en milieu aqueux. Mais on obtient aussi par ce procédé des colorants solubles, les seuls qui puissent, sauf exception des couleurs à cuve et des couleurs au soufre, servir pour la teinture des fibres textiles.

D'autre part les sels alcalins des acides sulfoniques donnent des phénols lors de la *fusion alcaline* avec de la soude caustique. Le groupe sulfo est éliminé comme sulfite de soude et remplacé par l'hydroxyle. C'est ainsi que le benzènesulfonate de soude donne du phénate de soude qui, décomposé par un acide, fournit du phénol. C'est même d'après ce procédé que l'on fabrique les grandes quantités de phénol actuellement nécessaires pour la préparation de l'acide picrique. La même réac-

tion appliquée à la naphthaline sulfonée en β , fournit le β -naph-
tol, matière intermédiaire des plus importantes, à l'acide sul-
foné en α , l' α -naph-
tol. Les acides disulfoniques donnent, par
fusion totale, des diphénoles — telle la résorcine en partant de
l'acide benzènedisulfonique — ou, par fusion partielle, des phé-
noles sulfonés, comme le β -naph-
tol.7. sulfo (acide F), en partant
de l'acide naphthalinedisulfonique 2.7, et l'acide Laurent avec la
disulfonaphthaline 1.5.

La fusion alcaline est également applicable aux dérivés plus
complexes et c'est grâce à elle que l'on prépare le diméthyl-m.
aminophénol, l'acide aminonaph-
tolsulfonique γ , l'acide J,
l'acide H et une série d'autres acides naph-
tolsulfoniques et
amino-naph-
tolsulfoniques qu'il nous est impossible d'énumérer
ici en détail.

Les opérations de l'*hydrolyse* poursuivent le but d'introduire
également le groupe hydroxyle et peuvent donc être rattachées,
jusqu'à un certain point, à la fusion alcaline. Nous avons déjà
vu autrefois que le chlorure de benzylidène donnait, par hydro-
lyse, de la benzaldéhyde, le chlordinitrobenzène du dinitro-
phénol. L'hydrolyse peut être étendue dans certains cas aux dé-
rivés aminés : ainsi l' α -naph-
tylamine donne, avec des acides di-
lués sous pression, de l' α -naph-
tol. Nous verrons par la suite que
cette hydrolyse peut aussi s'effectuer, dans des cas déterminés,
par l'action des sulfites.

Il est, enfin, à remarquer que l'hydrolyse, appliquée aux
acides sulfoniques, élimine le groupe sulfo sous forme d'acide
sulfurique ; c'est une différence essentielle avec la fusion alca-
line. Cette réaction, qui peut s'effectuer avec des acides d'une
certaine concentration, est appliquée à la séparation des xylènes.

Réductions. — Si l'on soumet les dérivés nitrés aux agents ré-
ducteurs, on peut obtenir, selon que l'on travaille en milieu
acide, alcalin ou neutre, les produits de réduction les plus
divers.

Prenons par exemple la nitrobenzine. Si on la réduit, en mi-
lieu acide, avec du fer et de l'acide chlorhydrique, on obtient de
l'aniline, matière intermédiaire des plus importantes et qui
fait l'objet une grosse fabrication.

Si l'on opère par contre en milieu alcalin, avec de la poudre de zinc et de la soude caustique, on peut préparer successivement de l'azoxybenzène, de l'azobenzène et de l'hydrazobenzène, qui est le terme ultime de cette réduction en milieu alcalin. Cet hydrazobenzène subit, par l'action des acides, une réaction particulière : il est isomérisé et transformé en benzidine, produit intermédiaire nécessaire à la fabrication des colorants directs pour coton. La réduction peut aussi s'opérer par voie électrolytique et il semble que, lorsqu'on dispose de courant électrique à bon compte, ce procédé électrolytique serait plus avantageux que le procédé chimique.

En réduisant, enfin, en milieu neutre, on obtient de la phénylhydroxylamine qui, par l'action d'un acide, se transforme en p-aminophénol. On peut combiner la réduction et la transposition en électrolysant en milieu acide ; il se pourrait que ce procédé fût employé par certaines usines allemandes de préférence au procédé chimique.

On préparera de même, par réduction des nitrotoluènes ortho et para : l'orthotoluidine et la paratoluidine, par celle de l' α -nitronaphtaline : l' α -naphtylamine et d'autres amines primaires.

Par réduction des dérivés binitrés on préparera de même les diamines ; ainsi la binitrobenzine fournira la m-phénylènediamine, le dinitrotoluène, la toluylènediamine. Ce qui est particulièrement intéressant, c'est la réduction partielle qui permet de ne réduire qu'un groupe nitro dans un dérivé polynitré. On emploie à cet effet le sulfure de sodium qui opère une réduction sélective ; le m-dinitrobenzène donne dans ces conditions de la m-nitraniline, le dinitrophénol du nitroaminophénol, l'acide picrique de l'acide picramique, etc.

Outre les agents réducteurs étudiés précédemment : fer et acide chlorhydrique, alcali et poudre de zinc, sulfure de sodium, etc., on emploie encore, dans certains cas et pour des réactions spéciales, le fer ou le zinc et l'acide acétique, le sel d'étain acide ou alcalin, le sulfate de fer et l'alcali, etc.

Nous avons déjà eu l'occasion de signaler plusieurs fois les procédés de réduction électrolytique ; il y aurait aussi à men-

tionner les procédés de réduction par catalyse avec l'hydrogène élémentaire, qui, il est vrai, n'ont trouvé, jusqu'à présent, dans le domaine que nous examinons, que des applications restreintes.

Il ne peut entrer dans notre idée d'examiner ici les multiples cas de réduction et les variantes que comporte cette opération des plus importantes. Il faut également que nous renoncions à étudier ici la façon d'isoler les produits formés et qui varie selon qu'il s'agit d'une base liquide ou d'un composé solide.

Toutes les amines ne se préparent cependant pas toujours par réduction des dérivés nitrés, car il y a des cas où ces dérivés nitrés sont inaccessibles. On emploie alors l'action de l'ammoniaque sur les phénols; on obtient ainsi industriellement la β -naphtylamine par action de l'ammoniaque sur le β -naphtol. Les aminoanthraquinones se font en chauffant les acides sulfoniques avec de l'ammoniaque sous pression; la β amino-anthraquinone en particulier, en partant de la β -sulfoanthraquinone. On peut aussi obtenir des amines par action de l'ammoniaque sur les dérivés chlorés; toutefois cette réaction n'est exécutable que dans des conditions limitées et n'est pas d'une application générale.

L'opération de l'oxydation poursuit des buts fort divers. Ainsi on peut oxyder dans le toluène, qui est un méthylbenzol, la chaîne latérale, de façon à obtenir soit de l'alcool benzylique, de la benzaldéhyde ou de l'acide benzoïque. Selon qu'il s'agit de préparer l'un ou l'autre de ces produits, il faudra choisir un oxydant convenable. Pour l'alcool benzylique et la benzaldéhyde c'est le chlore; on prépare donc par chloruration les chlorures correspondants que l'on hydrolyse ensuite.

On peut toutefois oxyder directement la chaîne latérale, en groupement aldéhydique, par le sulfate manganique; ainsi l'o-nitrotoluène donne dans ces conditions de l'o-nitrobenzaldéhyde. Les oxydants plus énergiques oxydent directement en acide benzoïque, ce qui est le cas en employant de l'acide nitrique, du permanganate et de l'acide chromique.

En oxydant la naphthaline on obtient de l'acide phtalique; dans ce cas particulier on emploie de l'acide fumant comme oxydant,

en présence d'un sel mercurique comme catalyseur. Pour l'économie de la réaction, il est important de régénérer l'acide fumant employé en réoxydant à nouveau, par le procédé de contact, l'acide sulfureux formé au cours de l'opération. En définitive c'est l'oxygène de l'air qui sert d'oxydant; seulement, comme dans la plupart des cas, il faut le rendre actif par l'emploi d'un oxydant.

L'oxydation de l'antracène en anthraquinone est une opération des plus importantes pour préparer cette matière première, indispensable à la fabrication de l'alizarine et des couleurs grand teint. Il importe pour cette opération que l'antracène se trouve à l'état de division extrême; on l'y amène par la distillation à la vapeur d'eau surchauffée. Il faut, en outre, vu les grandes quantités de bichromate nécessaire à cette oxydation (le double de l'antracène mis en œuvre) régénérer celui-ci; cette régénération peut se faire soit par voie ignée, soit par l'électrolyse (procédé Le Blanc).

Le chapitre des oxydations est du reste des plus variés; on peut aussi signaler ici l'oxydation de l'aniline en quinone -- en passant par le noir d'aniline --; la quinone ainsi obtenue fournit par réduction de l'hydroquinone.

Il y aurait lieu de mentionner également la formation des indamines et des indophénols par oxydation simultanée de paradiamines et de phénols ou d'amines, de l'antraquinone en quinizarine, etc. Mais une énumération complète nous entraînerait trop loin et, en outre, certaines de ces réactions peuvent plus utilement être rattachées à l'étude des colorants eux-mêmes.

L'oxydation se produit dans certains cas aussi lors de la fusion alcaline; ainsi le β -antraquinone-monosulfonate de soude fournit de l'alizarine qui est une dioxy-antraquinone.

Par l'*alcoylation*, on introduit des radicaux alcoylés, principalement les groupes méthyle et éthyle, dans des dérivés aminés ou phénoliques. Par alcoylation de l'aniline, on prépare la méthylaniline, la diméthylaniline ainsi que les dérivés éthylés correspondants. Les mêmes procédés servent à préparer la benzylaniline, la benzylméthylamine, la benzyléthylaniline et d'autres dérivés. Nous avons déjà signalé autrefois la prépara-

tion de l'orthonitroanisole en partant de l'ortho-chloronitrobenzole par l'action du méthylate. Dans ce cas, on hydrolyse et on alcoyle en même temps.

Par phénylation de l'aniline, en chauffant de l'aniline avec du chlorhydrate d'aniline bien sec en vase clos, on prépare la diphenylamine. Cette méthode de phénylation est encore applicable dans d'autres cas (phényl-naphtylamine). Nous verrons plus loin que l'on peut aussi synthétiser les dérivés de diphenylamine par voie de condensation.

L'acylation a pour but d'introduire des radicaux acides (formyl, acétyl, glycyll, etc.), dans les amines et les phénols pour les protéger lors de certaines actions trop violentes et pour modifier parfois le caractère d'orientation du groupe directeur. Ainsi, l'acétanilide, obtenue par action de l'acide acétique cristallisable sur l'aniline, fournit par nitration, à basse température, presque exclusivement de la p. nitracétanilide qui, saponifiée, donne de la p. nitraniline. Ce produit a été longtemps préparé par ce procédé et peut encore servir à cet effet. Il semble préférable actuellement de le faire par action de l'ammoniaque sur le p. chloronitrobenzène.

L'anhydride acétique est un agent d'acylation remarquable ; il peut même être utilisé en solution aqueuse. On peut parfois remplacer l'acide acétique par l'acide formique, plus rarement par l'acide oxalique ; les sulfochlorures, et notamment celui de l'acide paratoluène sulfonique, sous-produit de la fabrication de la saccharine, peuvent également servir d'agents d'acylations.

La glycination s'opère par l'action de l'acide monochloracétique sur les amines en présence d'alcali ; c'est ainsi que l'on prépare la phénylglycine en partant de l'aniline. Ces glycines sont des produits intermédiaires importants pour les synthèses de l'indigo, ses analogues et homologues.

La nitrosation (action du nitrite de soude en milieu acide) s'applique également aux amines et aux phénols. Les phénols donnent des nitrosophénols qui, dans certains cas, peuvent servir de couleurs à mordants (nitroso- β -naphtol, dinitrosorésorcine, etc.) ; dans d'autres cas, ce sont des matières intermédiaires,

tel que le p. nitrosophénol qui, par réduction, fournit du p. aminophénol.

Les amines tertiaires donnent, comme les phénols, des dérivés nitrosés dans le noyau benzénique. C'est le cas de la diméthylaniline qui est transformée par la nitrosation en p. nitrosodiméthylaniline, matière première indispensable pour la synthèse des thiazines et des oxazines. Les amines secondaires donnent, généralement, des dérivés nitrosés dans la chaîne latérale; les amines primaires par contre des dérivés diazoïques particulièrement intéressants pour la fabrication des couleurs azoïques. Il faut toutefois faire remarquer que, par suite de leur peu de stabilité, on ne les prépare généralement qu'en solution. D'autre part, leur caractère de grande réactivité permet de les transformer en d'autres composés : en phénols par ébullition avec l'eau, en acides sulfoniques par action de l'acide sulfureux en présence de cuivre, en dérivés halogénés, etc., etc. C'est ainsi que l'o-anisidine diazotée donne, par ébullition avec de l'eau, du gaiacol, l'acide naphionique diazoté de l'acide naphtholsulfonique Neville-Winther, etc. Il convient cependant de remarquer que cette dernière transformation se fait actuellement plutôt par l'action de bisulfite de soude sur le naphionate.

Voyons maintenant les procédés de *condensation*, qui sont fort divers et fort nombreux.

Par action du phosgène (oxychlorure de carbone) sur les amines, on peut préparer, selon le cas, des chlorures d'acides, des cétones ou des urées. La diméthylaniline donne ainsi d'abord le chlorure de l'acide diméthylaminobenzoïque, puis la tétraméthyldiamido-benzophénone (cétone de Michler).

Nous avons déjà eu l'occasion de signaler l'action du chlorure d'aluminium comme agent de condensation. En faisant agir le benzène sur l'anhydride phthalique, en présence de ce chlorure, on obtient l'acide o.-benzoylbenzoïque, qui, par anhydrydation en milieu sulfurique, donne de l'antraquinone.

Cette réaction ne sert pas pour l'antraquinone, puisqu'on l'obtient généralement par oxydation de l'antracène, mais on l'utilise pour la synthèse de la méthylantraquinone, de la naphth-antraquinone et de nombreux autres dérivés.

La méthode de condensation par le magnésium (procédé Grignard) ne trouve, jusqu'à présent, que des emplois limités par suite des conditions d'exécution particulières.

En condensant la formaldéhyde avec la diméthylaniline, il se forme du tétraméthyl-diaminodiphénylméthane qui est la matière première pour la fabrication de l'auramine. Par oxydation, ce produit donne l'hydrol correspondant que l'on peut préparer également par réduction de la cétone correspondante (cétone de Michler). Cette cétone et l'hydrol sont des matières fort importantes pour la synthèse des colorants dérivés du triphénylméthane (verts et violets acides : bleu Victoria, etc.).

Avec la formaldéhyde et l'aniline, on prépare le diamidodiphénylméthane (avec formation intermédiaire d'anhydroformaldéhyde aniline). Si au lieu et place de formaldéhyde, on emploie la benzaldéhyde ou ses dérivés, on obtiendra des produits de condensation qui sont des leucobases de colorants du triphénylméthane. D'autres condensations permettent de faire des produits intermédiaires pour la synthèses des acridines ; mais ce chapitre est tellement vaste que nous devons nous borner à ces quelques exemples.

Nous signalerons aussi ici les réactions qui consistent à fixer les éléments de l'acide carbonique sur les phénates ; on obtient ainsi l'acide salicylique en partant du phénol, les acides crésotiques à partir des crésols, l'acide β -oxynaphtoïque en prenant le β -naphtol comme substance initiale, etc.

Une série de condensations s'effectuent en utilisant l'halogène mobile des dérivés à caractère aliphatique (benzylation) ou des dérivés aromatiques substitués négativement (dinitrochlorbenzène). On peut faciliter ces réactions, dans certains cas, par l'emploi de cuivre métallique ou de sels de cuivre.

La fusion alcaline sert également pour effectuer des condensations ; telles la synthèse de l'indoxyle à partir de la phénylglycine, de l'oxythionaphtène, etc.

Dans de nombreuses réactions, qu'il nous est impossible d'énumérer, même brièvement, on utilise, comme agent de condensation, le sodium, l'éthylate de sodium, l'amidure de sodium, la potasse caustique, l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, etc.

Les quelques réactions générales que nous venons d'exposer dans les grandes lignes peuvent être appliquées non seulement aux matières premières mais, ainsi que nous l'avons signalé plusieurs fois, aussi à leurs dérivés et c'est ce qui explique la variété des produits intermédiaires employés dans l'industrie des colorants.

Ainsi par sulfonation de l'aniline, on prépare l'acide sulfanilique; la même opération appliquée à l' α -naphtylamine donne l'acide naphtonique et l'acide Broenner en partant de la β -naphtylamine. L'acide métanilique par contre s'obtient par réduction de l'acide nitrobenzènesulfonique, préparé par sulfonation du nitrobenzène ou par nitration de l'acide benzène sulfonique.

De même en sulfonant le β -naphtol on prépare l'acide Schaeffer (2.6.) et l'acide crocéique (2.8), puis par disulfonation l'acide R (2.3.6.) et l'acide G (2.6.8). La nitration de l'acide β -naphthaline-sulfonique donne des dérivés nitrés qui, par réduction, sont transformés en acides α -naphtylamine-sulfoniques (Cleve); en appliquant les mêmes opérations au mélange des acides β -disulfoniques, on obtient des acides α -naphtylamine disulfoniques (Freund). Ces acides sulfoniques sont différents de ceux obtenus par sulfonation directe de l' α -naphtylamine et dont il a été question plus haut (acides naphtoniques 1.4 et 1.5, acides Dahl, etc.).

On peut donc appliquer successivement les diverses opérations générales étudiées précédemment pour arriver à un produit possédant plusieurs fonctions. Un exemple, particulièrement intéressant, est celui de l'acide H qui est un acide 1.8 amino-naphtol 3.6 disulfonique. On l'obtient en partant de la naphthaline trisulfonée (1.3.6) qui est nitrée; le dérivé nitré obtenu est réduit et l' α -naphtylamine trisulfonée ainsi formée soumise à la fusion alcaline. L'un des groupes sulfo (en α) est remplacé par le groupe hydroxyle, ce qui donne donc un amino-naphtol disulfoné, également α -naphtol et α -naphtylamine. Pour préparer ce composé on a donc employé successivement les opérations de la sulfonation, de la nitration, de la réduction et de la fusion.

alcaline. On procédera d'une façon analogue pour la préparation des acides γ , J, S, SS, K et autres. L'acide H peut, enfin, subir une nouvelle transformation (hydrolyse) et qui donne alors l'acide chromotropique (1.8 dioxy. 3.6 disulfonique).

Voici un autre exemple pris dans un autre groupe. En nitrant le toluène, il se forme, ainsi que nous l'avons vu précédemment, un mélange d'orthonitrotoluène et du dérivé para. Ce dernier séparé, puis sulfoné, donne un acide p-nitrotoluène-o-sulfonique qui, par l'alcali, se condense en un dérivé assez complexe dérivé du stilbène. Une réduction de ce produit de condensation donne, en définitive, de l'acide diaminostilbènesulfonique.

En sulfonant le phénol, on obtient un acide p.sulfonique qui, nitré dans des conditions convenables, donne un acide dinitrophénolsulfonique. Avec ce produit on peut préparer, par réduction partielle, un acide nitroamidophénolsulfonique ou, par réduction totale, un acide diamidophénolsulfonique. Dans d'autres conditions de nitration, l'acide p.phénolsulfonique donne, ainsi qu'il est bien connu, du dinitrophénol et de l'acide picrique.

..

Nous sommes obligés de nous arrêter là, et il nous est absolument impossible d'entrer dans plus de détails au sujet des nombreux produits intermédiaires que nous avons signalés et dont l'énumération est pourtant fort loin d'être complète. On aura toutefois vu, par l'exposé rudimentaire que nous venons d'en faire, qu'il s'agit d'un domaine excessivement vaste et qui demanderait tout un volume pour pouvoir être épuisé avec les développements qu'il comporte.

Ce volume reste à écrire ; depuis le traité de Girard et de de Laire sur les dérivés de la houille, édité en 1873, il n'a pas paru, en France, un travail d'ensemble sur ce sujet fort intéressant mais très spécial.

Il s'agit d'au moins deux cents composés divers, dont un certain nombre sont d'une importance absolument capitale. Le nombre total des produits intermédiaires augmente du reste

sans cesse, au fur et à mesure du développement de l'industrie des matières colorantes, car chaque groupe de couleurs demande ses produits intermédiaires particuliers.

La même observation peut s'appliquer aux produits intermédiaires nécessaires aux produits pharmaceutiques, aux parfums synthétiques, aux produits employés en photographie, etc.

Il serait évidemment intéressant d'établir quelles seraient les quantités nécessaires de produits inorganiques : chlore, acide sulfurique 66° B° et acide fumant, acide nitrique, sel de soude et soude caustique, ammoniacque, chaux, chlorures de sodium et de potassium, tournure de fer et poudre de zinc nécessaires à ces diverses fabrications. Mais cela ne peut entrer dans le cadre de cette étude, aussi peu d'ailleurs que d'examiner les quantités de produits utilisés de la série grasse, tel que le méthylène, la formaldéhyde (dont l'emploi se montait à plus de 250 tonnes), la glycérine, les acides formique, acétique, oxalique et tartrique, l'alcool éthylique et les alcools supérieurs, l'éther, l'anhydride acétique et le chlorure d'acétyle.

Un nombre limité de ces produits intermédiaires étaient fabriqués en France ; la plupart étaient importés par les fabriques allemandes, qui profitaient du tarif spécial taxant ces produits à 15 francs les 100 kilos, alors que les matières colorantes payaient 100 francs les 100 kilos ; les matières premières : goudron et produits de la distillation du goudron, sont exemptes de droit.

D'après les chiffres que nous possédons, on introduisait ainsi en France pour 7 à 8 millions de francs de produits intermédiaires ce qui, au prix moyen de 1.800 francs la tonne, représente environ 4.000 tonnes de produits divers (3.820 tonnes en 1913). Voici quelques prix moyens à titre d'indication : nitrobenzène, 60 francs ; phénol, 70 francs ; aniline, 100 francs ; β -naphtol, 110 francs ; chlordinitrobenzène, 110 francs ; acide phtalique, 125 francs ; p. nitraniline 175 francs ; diméthylaniline, 200 francs ; anthraquinone, 250 francs ; acide H, 300 francs ; benzidine, 310 francs ; benzaldéhyde, 325 francs, etc., les 100 kilos.

Plusieurs usines françaises faisaient de l'aniline ; sa produc-

tion peut être estimée à 2.500 tonnes annuellement, celle du phénol synthétique (avant la guerre) à 180 tonnes, du β -naphthol à 200 tonnes, de la diphénylamine à 150 tonnes environ. Les usines de matières colorantes en France consommaient en outre : 800 tonnes de chlordinitrobenzène, 400 tonnes d'acide H, 150 tonnes d' α -naphtylamine, 150 tonnes d'acide γ , 250 tonnes d'acides naphtholsulfoniques et naphtylaminesulfoniques divers, 400 tonnes de β -naphthol, 150 tonnes de paranitraniline, 50 tonnes de diphénylamine, 150 tonnes de benzidine, tolidine et dianisidine, 50 tonnes de toluylène-diamine, 30 tonnes d'acide salicylique, 20 tonnes de paranitrotoluène, etc.

Il faut faire remarquer cependant que certains de ces produits comme l'aniline, le β -naphthol, la p. nitraniline, l' α -naphtylamine servent aussi, dans les industries textiles, à la teinture des fils et des tissus, et même en quantités relativement considérables.

Dans les cas où l'on se déciderait à monter en France l'industrie des couleurs dérivées de l'antraquinone, il faudrait envisager une production de 300 tonnes, pour celle de l'indigo synthétique environ 600 tonnes de phénylglycine.

Ces chiffres ne sont qu'approximatifs ; ils donnent cependant une idée de l'importance de ces divers produits intermédiaires.

Il ne faut toutefois pas se dissimuler que toutes ces fabrications fort diverses représentent des expériences accumulées de près d'un demi-siècle et qu'il ne sera pas facile de trouver les spécialistes compétents pour les monter chez nous.

C'est certainement là la plus grosse difficulté à vaincre pour fabriquer les matières colorantes, car, ainsi que nous allons le voir dans le chapitre suivant, les colorants artificiels se préparent par des procédés relativement simples dès que l'on est en possession de ces produits intermédiaires.

Si l'exposé que nous venons de faire est, par sa nature même, très spécial et très technique, il montre aussi que la fabrication des matières colorantes et des matières intermédiaires ne peut pas être abordée par le premier venu. En présence de l'intérêt

que ces questions présentent actuellement, il n'est peut-être pas inutile d'insister sur ce fait pour éviter des erreurs et des mécomptes. Ceux-ci risquent de se produire si des personnes, spécialisées d'une façon insuffisante, veulent s'attaquer à un problème des plus difficiles de la technologie chimique organique.

L'INDUSTRIE DES MATIÈRES COLORANTES
ARTIFICIELLES (1)

Aucune industrie ne présente actuellement un tel intérêt que celle des matières colorantes artificielles dérivées du goudron de houille. La guerre, en effet, a montré jusqu'à quel point nous étions tributaires de l'étranger dans ce domaine et cette situation particulière, qui était cependant bien connue des intéressés, nous a complètement pris au dépourvu. Comme, d'autre part, les matières premières pour cette industrie sont les mêmes que pour l'industrie des explosifs, nécessaires à la défense nationale, il n'a encore été guère possible de remédier à un état de choses fort préjudiciable à nos industries textiles.

En attendant, cette question a fait l'objet de nombreux articles, conférences, brochures, etc., qui ne se distinguent pas toujours par la compétence des auteurs et qui donneraient lieu

(1) Bibliographie à consulter : *Traité des matières colorantes*, par LÉON LEFÈVRE. 2 vol. (1897).

Chimie des matières colorantes, par A. SEYEWETZ et P. SISLEY (1896).

Teinture et impression ; matières colorantes, par GUIGNET, DOMMER, GRANDMOUGIN (1895).

Manuel pratique du teinturier, par HUMMEL, DOMMER, GRANDMOUGIN (1897).

La Chimie des matières colorantes organiques, par NIETZKI, FAYRE et GUYOT (1901).

Analyses des matières colorantes organiques, par A. WAHL (1911).

à bien des observations. Mais l'espace nous manque pour faire des rectifications ; nous nous contenterons de mettre hors pair et de signaler la conférence de M. Wahl, qui vient de paraître sous forme de brochure (1).

Cette crise des matières colorantes n'est pas particulière à la France et il est juste d'ajouter que les autres Etats industriels, l'Angleterre et les Etats-Unis notamment, se trouvent dans la même situation que nous, car l'industrie des matières colorantes artificielles constituait un monopole allemand. L'industrie allemande produisait, à elle seule, environ 90 0/0 de la consommation mondiale en matières colorantes, soit pour près de 350 millions de francs (exportations en 1913 : 272 millions de couleurs et environ 20 millions de produits intermédiaires, soit au total 292 millions). Mais ce qu'il y a de particulier, et qui cause des regrets et parfois des récriminations, c'est que l'origine de cette industrie revient à des inventeurs anglais et français, et que, au début, l'Angleterre et la France possédaient des usines florissantes. On peut dire que, jusqu'à l'époque de l'Exposition de 1878, l'industrie de ces deux pays a été dominante, mais elle a dû s'effacer ensuite devant des rivaux plus hardis, plus entreprenants et plus savants. Et, cependant, vers cette époque, la découverte des orangés azoïques, par Roussin, ouvrait des perspectives nouvelles et un avenir des plus brillants, de même qu'en 1896, la découverte des couleurs au soufre, par Vidal, aurait permis de reconquérir une partie du terrain perdu.

On a beaucoup discuté sur les raisons qui ont amené chez nous la décadence d'une industrie qui aurait pu être florissante. D'aucuns ont cru que le manque de matières premières en était une des causes essentielles.

Certainement, la France est mal partagée au point de vue de la houille et pauvre en sous-produits dérivés de sa distillation. Mais la Suisse, qui n'a pas de houillères, possède une industrie des matières colorantes florissante, car sa production annuelle

(1) *La fabrication des matières colorantes organiques*, conférence par A. WAHL (1915).

atteint près de 25 millions de francs ; elle est donc supérieure à celle de l'Angleterre et de la France réunies. Il faut cependant ajouter que la Suisse a profité, pendant de longues années, d'une situation exceptionnelle, puisqu'elle ne connaissait pas la protection pour les inventions chimiques. Elle a donc pu utiliser sans frais les découvertes faites dans les autres pays industriels. D'autre part, les Etats-Unis, qui possèdent l'industrie houillère la plus considérable du monde, n'étaient, jusqu'au moment de la guerre, que de faibles producteurs de matières colorantes. On voit donc que la question des matières premières n'est pas une question absolument essentielle, et l'on peut ajouter à ce sujet que l'Allemagne aussi a été, à ses débuts, tributaire de l'Angleterre pour les produits dérivés du goudron de houille. Elle s'est affranchie par la suite en installant la récupération totale des sous-produits de la carbonisation de la houille.

La raison de notre infériorité dans ce domaine n'a rien de mystérieux ni d'inéluctable, et tient à un ensemble de faits matériels et moraux qu'il est aisé d'établir. C'est d'abord l'insuffisance de notre enseignement technique en matière chimique ; la prédominance des écoles d'ingénieurs, et, comme conséquence, la position prépondérante de l'ingénieur vis-à-vis du chimiste ; enfin, la spécialisation insuffisante en chimie organique et le manque de chimistes organiciens rompus aux recherches sur les couleurs.

Dans le domaine industriel, il faut signaler les méthodes timorées et routinières de nos industriels, qui n'ont pas compris l'importance de la méthode scientifique appliquée aux recherches industrielles, et, comme conséquence, le manque de laboratoires de recherches dans les usines et du noyau indispensable de spécialistes. C'est, ensuite, le manque de liaison entre la science et l'industrie qui s'ignoraient à peu près complètement. On peut y ajouter des lacunes ou insuffisances de notre loi des brevets, conçue à une époque où l'on ne pouvait prévoir le développement des industries chimiques ; peut-être aussi différentes lois sociales, élaborées dans des buts plutôt politiques et dont l'esprit affaiblissait l'autorité des dirigeants. Il n'est peut-être pas inutile d'ajouter que la conception égalitaire

démocratique ne s'accorde pas avec une organisation rationnelle de l'usine ; celle-ci demande, en effet, une discipline de tous les organes et une hiérarchisation qui est à l'opposé de l'égalité politique.

Selon le point de vue auquel on se place, on peut attribuer à l'une ou à l'autre de ces causes un effet prédominant, mais il est plus juste de reconnaître que tous ces facteurs ont concouru d'une façon plus ou moins directe au résultat que nous apercevons bien et qui n'est que l'aboutissement fatal et logique de tant d'imprévoyance. Ces causes ne sont pas particulières à l'industrie des matières colorantes ; elles se sont manifestées dans d'autres domaines, mais c'est dans ce compartiment qu'elles ont certainement pris le plus de relief et acquis le plus grand retentissement.

On s'agit beaucoup actuellement pour la rénovation de cette industrie et l'on est amené à se demander s'il est possible de développer chez nous cette industrie de façon à pouvoir lutter plus tard d'une façon efficace contre la concurrence allemande. Cela ne paraît pas impossible en faisant appel aux chimistes spécialistes et compétents — ils ne sont pas nombreux, il est vrai — et en évitant de retomber dans les erreurs passées.

Il ne faut toutefois pas se dissimuler que la lutte sera des plus difficiles et des plus âpres. On sait que pour mieux résister aux efforts tentés dans les pays alliés, en vue de cette rénovation des industries organiques, les usines allemandes viennent de s'unir en un syndicat puissant, au capital d'au moins un milliard qui possède des usines amorties, des installations absolument modernes et dispose d'au moins un millier de chimistes spécialistes et des expériences industrielles de près d'un demi-siècle.

De plus, pour les produits qui sont dans le domaine public, les prix sont des plus réduits et la marge de bénéfice excessivement faible ; c'est un point fort important qu'il ne faut pas oublier dans l'examen de cette question. D'autre part, il ne peut s'agir, évidemment, de créer tout de go de nouveaux groupes de matières colorantes qui laisseraient une marge de bénéfice plus considérable, parce que l'invention ne se commande pas et ne peut être réalisée que par des recherches sou-

vent fort longues. Tout ce que l'on peut faire, pour le moment, c'est d'utiliser les procédés qui sont dans le domaine public pour préparer les colorants que les teinturiers sont habitués à employer et qu'ils connaissent de longue date.

Des esprits simplistes penseront qu'il suffira d'élever une barrière douanière suffisante pour protéger l'industrie naissante jusqu'à ce qu'elle soit suffisamment prospère pour pouvoir lutter avec la concurrence allemande. Nous ne sommes guère partisans des protections douanières exagérées qui ne sont que trop souvent des primes à la paresse et au moindre effort. Il ne faut pas oublier non plus que l'élévation du prix des colorants, qui serait provoquée par ces mesures, aurait une répercussion sensible sur nos industries textiles qui sont fort importantes, ainsi que nous le verrons par la suite. Or, des prix trop élevés pour les couleurs risquent de porter atteinte à leur prospérité en les excluant du marché mondial où elles se trouveraient en présence de concurrents plus avantagés par suite du prix inférieur des couleurs employées.

Du reste, déjà avant la guerre, les matières colorantes étaient protégées par un droit de 100 francs les 100 kilos pour les produits à l'état sec, tandis que les produits chimiques dérivés des produits de distillation du goudron de houille (matières intermédiaires) étaient taxés au tarif minimum de 15 francs les 100 kilos et que les matières premières (benzols, toluène, naphthaline, etc.) étaient exemptes de droit. Or, voici ce qui s'est produit : les usines allemandes ont installé des succursales en France qui recevaient les produits intermédiaires d'Allemagne et qui les transformaient en matières colorantes ; c'était donc, à proprement parler, des usines de finissage, qui profitaient ainsi de la différence des droits entre les produits intermédiaires et les produits finis. Elles pouvaient de la sorte faire aux rares usines françaises une concurrence redoutable.

Une révision du tarif douanier apparaît donc indispensable pour éviter, à l'avenir, un état de choses gravement préjudiciable à l'industrie qui nous intéresse. Mais encore faut-il procéder à cette révision d'une manière judicieuse qui tienne exactement compte de tous les intérêts en présence.

Pour plus ample informé, nous renvoyons à un rapport de M. Sisley, présenté à la Chambre de commerce de Lyon, et dans lequel cette question, que nous ne pouvons qu'effleurer ici, est traitée en détail. D'après le projet auquel aboutit ce rapport, on frapperait les produits de droits progressifs suivant l'avancement de leur fabrication d'une part et selon leur prix de vente d'autre part. De même les droits sur les matières colorantes ne seraient plus uniformes comme autrefois, mais dépendraient de leur nature, de sorte qu'on arriverait à un tarif *ad valorem* mais sans les inconvénients de ce mode de taxation. Cette réforme semble logique, vu les différences de prix assez considérables entre les diverses classes de matières colorantes.

Cette révision du tarif douanier s'impose donc, mais elle dépendra de l'habileté et de la compétence des négociateurs ainsi que des modalités de la paix. Il y a donc là encore un facteur d'incertitude et, d'autre part, il ne faut pas perdre de vue que la question des usines allemandes, actuellement sous séquestre, constitue une inconnue considérable quant à l'avenir. Il nous faut donc réserver notre appréciation quant aux succès que l'industrie nationale des matières colorantes pourra remporter après la paix.

Il ne peut entrer dans notre idée de vouloir traiter ici, en détail, le côté technique de l'industrie des colorants, et on comprendra les difficultés que présenterait une pareille entreprise, si l'on considère que le nombre des matières colorantes industrielles est près d'atteindre deux mille marques. On peut s'étonner, à bon droit, de cette multitude. Il faut y voir, évidemment, la tendance allemande, que nous avons déjà signalée, à créer de nouveaux besoins par des spécialités et à aller au-devant des désirs de la clientèle. Mais, même en élaguant le superflu, il ne semble pas, d'après une étude de la Société Normande pour le développement de l'industrie des matières colorantes, des produits chimiques et pharmaceutiques, que l'on puisse se tirer d'affaire avec moins de 300 colorants. Ce chiffre élevé peut en-

core surprendre. Cependant si l'on tient compte de la diversité d'emploi des matières colorantes, il devient explicable.

Il faut, en effet, des colorants différents pour le coton, pour la laine, pour la soie, pour la teinture des tissus mixtes, sans compter les autres matières textiles et les nombreux produits qu'il s'agit de colorer. Mais, rien que pour les couleurs pour laine, il y a des groupes divers selon qu'il s'agit de nuances grand teint, de moyen teint ou de petit teint. On aura donc recours aux couleurs à mordants ou aux couleurs à cuve pour le grand teint, aux couleurs acides pour le moyen teint, aux couleurs basiques pour d'autres emplois, etc. Enfin, dans chaque groupe, il faut toute la gamme des nuances : le rouge, le bleu, le violet, le vert, le jaune, le noir, etc. et même en différentes tonalités ; ainsi il faudra pour le moins un bleu rougeâtre et un bleu verdâtre, un jaune orangé et un jaune verdâtre et ainsi de suite.

Théoriquement, on devrait, d'après le principe des trois couleurs, pouvoir se contenter d'un rouge, d'un jaune et d'un bleu, mais pratiquement, sauf pour les couleurs mode, il faut pouvoir disposer d'un plus grand nombre de coloris.

Selon le caractère particulier des couleurs, on pourra distinguer les groupes de couleurs suivants : couleurs acides, couleurs basiques, couleurs directes pour coton, couleurs à mordants, couleurs pour cuve, couleurs au soufre, couleurs laques et pigments divers, sans compter les couleurs générées sur les textiles même.

Cette classification faite au point de vue tinctorial ne se couvre pas avec la composition chimique ; en tenant compte de celle-ci, il faut envisager une vingtaine de groupes divers, comportant à nouveau des sous-groupes fort nombreux.

Nous allons passer rapidement en revue quelques-uns des principaux groupes de colorants industriels.

Couleurs azoïques. — C'est le groupe de couleurs le plus important aussi bien au point de vue du nombre des couleurs que des quantités consommées. Comme pour la fabrication de ces colorants, on emploie environ 500 tonnes de nitrite de soude et que l'on peut admettre, d'une façon approximative, que le poids du colorant azoïque obtenu est environ cinq à six fois le poids du

nitrite, on arrive à une production d'environ 3.000 tonnes de produits qui, selon le degré de concentration des marques commerciales, représentent de 4.000 à 5.000 tonnes de couleurs d'une valeur d'environ 8 millions de francs.

On trouve dans le groupe des azoïques des couleurs pour les emplois les plus divers. D'abord des couleurs acides : jaunes acides, tartrazine, jaune métanile, orangés, ponceaux, bordeaux, violets et bleus pour laine qui sont des monazoïques ; puis des disazoïques parmi lesquels il faut signaler les crocéines et surtout le groupe important des noirs acides pour laine : noirs naphthols, noirs naphtylamines, noir naphthaline, etc., dont la consommation pour la teinture de la laine est considérable.

Un groupe fort important est constitué par les colorants directs pour coton, dérivés de la benzidine et des bases analogues, et parmi lesquels on possède des jaunes (chrysamine, chryso, phénine), des bleus (bleu direct, benzoblu), des violets, des rouges (congo, benzopurpurines, benzo-rouges lumière), des verts, des bruns, des marrons, des gris et des noirs directs. Pour une plus grande solidité au lavage, on emploie des colorants diazotables sur fibre et dont il existe également toutes les nuances. Dans ce groupe, nous signalerons plus particulièrement les dérivés de l'acide J qui, malgré leur prix élevé, ont acquis une importance assez considérable (diazo écarlates, rosanthrènes).

On peut rattacher à ce groupe les colorants stilbéniques qui se forment par l'action de l'alcali sur l'acide nitrotoluène sulfonique ainsi que les colorants thiobenzényliques tels que la primuline et ses dérivés (rouge thiazine, érica). Ces colorants possèdent également de l'affinité pour le coton non mordancé et sont également susceptibles d'être développés sur fibre avec des développeurs divers : résorcine, β -naphthol, diamine, etc.

Un groupe spécial de couleurs azoïques est constitué par les couleurs à mordants qui sont généralement fixés sur mordants de chrome.

Ces colorants contiennent soit le groupement salicylique (jaune d'alizarine GG), ou bien l'on utilise la propriété des dérivés orthoxyzazoïques de pouvoir être développés par chromatage. Ce

dernier groupe de colorants, auquel appartiennent le noir diamant, le noir ériochrome, etc., a acquis une importance considérable pour la teinture de la draperie laine.

Les couleurs laques azoïques forment aussi un groupe fort important; elles trouvent des emplois fort divers en imprimerie, lithographie, pour les papiers peints, etc. On peut citer parmi les plus importantes le rouge lithol, le rouge paranitraniline- β -naphthol, etc.

Quelques-unes de ces couleurs sont produites sur tissu et sur fils en quantités considérables, notamment le rouge para et le bordeaux de naphtylamine.

Il ne peut entrer dans notre idée de vouloir donner ici la liste complète des colorants azoïques indispensables ainsi que leur composition chimique, car il s'agit de plus de 150 marques. On voudra se reporter à cet effet aux ouvrages spéciaux.

Au point de vue technique, on peut toutefois faire remarquer que la fabrication de ces couleurs est relativement simple, dès que l'on possède les matières intermédiaires nécessaires. Ainsi, un monazoïque résulte de l'action d'une amine diazotée sur un phénol; l'orangé II par exemple, pour prendre un exemple concret, résulte de la copulation du diazo de l'acide sulfanilique (obtenu par l'action du nitrite de soude sur l'acide sulfanilique en solution acide) avec le β -naphthol en solution alcaline. La préparation suppose donc au préalable celle du β -naphthol dérivé de la naphthaline (naphthaline \rightarrow β sulfonaphthaline \rightarrow β -naphthol) et de l'acide sulfanilique dérivé de l'aniline (benzol \rightarrow nitrobenzol \rightarrow aniline \rightarrow acide sulfanilique). De même, le noir de naphtylamine, fort important, résulte de l'action de l'acide de Freund (α -naphtylamine disulfonée) diazoté sur l' α -naphtylamine, nouvelle diazotation du colorant monazoïque et copulation avec une seconde molécule d' α -naphtylamine. Il faut donc préparer, avant tout, l'acide de Freund, à partir de la naphthaline (naphthaline \rightarrow naphthaline disulfonée \rightarrow nitronaphthaline disulfonée \rightarrow α -naphtylamine disulfonée) et l' α -naphtylamine (naphthaline \rightarrow α -nitronaphthaline \rightarrow α -naphtylamine).

Avant d'entreprendre la fabrication des azoïques, il faut d'abord monter la fabrication de l'aniline et de ses dérivés, du

phénol et des produits qui en dérivent ainsi que ceux de la série de la naphthaline : naphtols, naphtylamines, acides naphtolsulfoniques, naphtylaminesulfoniques et aminonaphtolsulfoniques divers, déjà mentionnés dans un chapitre précédent. Parmi le nombre considérable de ces produits, un choix s'imposera selon les colorants qu'il s'agit de préparer.

Couleurs au soufre. — Ces couleurs se préparent par fusion des composés organiques les plus divers avec du soufre et du sulfure de sodium. A peu près toutes les nuances y sont représentées, sauf le rouge, mais c'est le noir qui est la couleur la plus importante. Ce noir se fait en partant du dinitrophénol, obtenu lui-même par hydrolyse alcaline du chlordinobenzène. On employait en France environ 800 tonnes de ce produit, ce qui donnait près de 1.300 tonnes de noir d'une valeur approximative de 2 1/2 millions de francs. Avec les autres couleurs au soufre : jaunes, bleus, verts, olives, bruns et marrons (environ 30 marques) on doit arriver à un chiffre total de près de 3 millions.

Il peut être intéressant de noter ici que la consommation mondiale en noir seul s'élève à environ 14.000 tonnes d'une valeur de près de 25 millions de francs.

Couleurs à cuve. — La plus importante des couleurs à cuve est l'indigo dont la consommation française se montait, avant la guerre, à près de 4 millions de francs correspondant à 450 tonnes environ. Le seul procédé de préparation qui puisse entrer actuellement en ligne de compte (on connaît une trentaine de synthèses de l'indigo) est celui qui part de l'aniline. Celle-ci donne, avec de l'acide chloracétique, de la phénylglycine qui est condensée, par l'alcali (amidure de sodium, etc.), en indoxylé; ce dernier produit, oxydé, donne de l'indigo. Ce procédé fonctionnait à l'usine de Creil avec de la phénylglycine importée d'Allemagne (225 tonnes en 1913) et il faudrait pouvoir le développer pour couvrir non seulement toute la consommation française, mais faire de l'exportation, si possible.

La consommation mondiale en indigo dépasse probablement 10.000 tonnes d'une valeur de près de 100 millions de francs; l'exportation allemande s'élevait, rien que pour ce seul produit,

à 67 millions de francs, en 1913, la production suisse, pour cette même année, à 4 millions de francs. C'est dire l'intérêt que peut présenter cette fabrication, la plus importante certainement parmi les colorants artificiels dérivés du goudron de houille.

Quant aux autres couleurs à cuve qui forment plus de 50 marques diverses (ciba, hélindone, algol, indanthrène, hydron), elles offrent de l'intérêt pour la teinture grand teint des filés, pour l'impression, etc. Nous ne pensons pas que leur emploi dépasse, malgré leur prix relativement élevé, 1 à 2 millions de francs annuellement.

Une couleur à cuve mérite une mention spéciale, parce qu'elle fait concurrence à l'indigo : c'est le bleu hydron, dérivé du carbazol, et dont l'invention est due à un chimiste français. Par son mode de préparation, elle pourrait, il est vrai, être aussi rattachée aux couleurs au soufre.

Couleurs dérivées de l'antraquinone. — Ces couleurs sont aussi connues sous le nom d'alizarines, car la plus importante est l'alizarine qui donne du rouge sur mordant d'alumine. Sa consommation s'élevait en France, avant la guerre, à environ 1 million de francs correspondant à un peu plus de 200 tonnes. Il faut prévoir une diminution dans son emploi puisque le rouge a disparu de l'uniforme.

En dehors de l'alizarine rouge, il y avait aussi des alizarines pour orangé, pour bleu, pour brun, pour vert, pour noir, etc., les alizarines sulfonées : alizarine-cyanines, bleus saphirols, verts cyanines, rubinols, etc., ainsi que certaines couleurs pour cuves déjà mentionnées (indanthrène) soit pour le moins une trentaine de marques. Le total de ces couleurs peut atteindre un chiffre d'affaires de 1 million, ce qui fait pour environ 2 millions de couleurs dérivées de l'antraquinone.

Pour leur fabrication il faut disposer de l'antraquinone, que l'on fait par oxydation de l'antracène, et dont il faudrait approximativement 300 tonnes annuellement.

Il peut être intéressant de noter que l'alizarine a été fabriquée en France, mais cette fabrication a dû être abandonnée, la lutte économique avec les usines allemandes ne paraissant pas possible. La même observation s'applique à la Suisse qui a égale-

ment cessé cette fabrication ; seule l'Angleterre a pu continuer à faire de l'alizarine sur une échelle d'ailleurs limitée.

Couleurs d'aniline. — Au point de vue chimique, les couleurs dites d'aniline font partie de plusieurs groupes : ainsi l'auramine dérive du diphenylméthane, la fuchsine, les violets et verts d'aniline, etc., du triphenylméthane, le bleu Victoria du diphenylnaphtylméthane, la safranine est une azine, le bleu de Meldola une oxazine, le bleu de méthylène une thiazine, etc. On peut aussi rattacher ici les indulines, les acridines, la thioflavine, etc.

La fuchsine se prépare soit par oxydation de l'aniline pour rouge, par le nitrobenzène, ou, par voie de condensation, à partir de la formaldéhyde.

Le violet d'aniline, qui est une couleur fort importante, se fait par oxydation de la diméthylaniline ; c'est une fabrication française. Il est toutefois concurrencé par le violet cristallisé qui se prépare par l'action de l'oxychlorure de carbone sur la diméthylaniline.

Cette base alcoylée est non seulement importante pour les violets mais aussi pour les verts (vert malachite) : sa préparation s'effectue en chauffant en vase clos de l'aniline avec du méthylène en présence d'acide sulfurique. C'est encore une fabrication d'origine française et qui ne présente aucune difficulté particulière.

Par sulfonation des couleurs basiques, ou plus souvent par synthèse directe, on prépare les verts, violets et bleus acides qui ont une importance considérable, notamment le bleu carmin, le bleu cyanol, le violet formyle, le violet 6 BN, etc.

A signaler aussi les bleus alcalins et leurs dérivés, qui se font à partir de la rosaniline, et les indulines sulfonées préparées par la sulfonation directe des indulines.

Parmi les matières premières nécessaires, il faut mentionner l'aldéhyde formique, le phosgène, la benzaldéhyde et ses dérivés sulfonés, chlorés et nitrés, les amines alcoylées : diméthylaniline, diéthylaniline, benzylméthylaniline, benzyléthylaniline, diphenylamine, méthyldiphenylamine, etc., et leurs dérivés sulfonés. On prépare d'abord des matières intermédiaires, telles

que le diamidodiphénylméthane, la cétone de Michler, le tétraméthylidiamidobenzhydrol qui, par des condensations avec des produits appropriés, donnent soit directement des colorants, soit des leucobases qu'une oxydation ultérieure transforme en couleurs. Il faut compter pour le moins une trentaine de marques importantes.

Phtaléines. — Ces couleurs dérivent, ainsi que leur nom l'indique, de l'acide phtalique, et on les prépare soit par condensation avec la résorcine (éosine) ou avec le diméthyl.-m.-aminophénol (rhodamines). Elles se distinguent par leur vivacité et aussi par leur prix relativement élevé. Pour les fabriquer, il faut avoir l'acide phtalique, qui se fait par oxydation de la naphthaline par l'acide sulfurique fumant, et pour plusieurs d'entre elles, du brome que l'on fabrique actuellement en France.

On possède aussi des couleurs sulfonées dans ce groupe; les sulforhodamines, violets A 2 R, etc. (au total une dizaine de marques importantes).

Couleurs diverses. — Les galloxyanines présentent surtout de l'intérêt pour les indienneurs. La galloxyanine même résulte de la condensation de la nitrosodiméthylaniline avec l'acide gallique; le prune avec l'éther méthylique de cet acide. Leur préparation suppose celle de l'acide gallique que l'on importait de l'étranger (66 q. m. en 1913), de même du reste que le tanin pur, employé en teinture et en œnologie. Voilà encore, soit dit en passant, des fabrications qui seraient à installer. Pour celle du tanin pur, on trouverait facilement des débouchés pour 100 tonnes, chiffre inférieur à la consommation actuelle.

Parmi les couleurs nitrées, la plus importante du groupe est certainement le jaune de naphthol S qui dérive de l' α -naphthol. L'acide picrique est plus intéressant comme explosif que comme colorant.

Les couleurs nitrosées sont des couleurs à mordants; nous mentionnerons en particulier le nitroso- β -naphthol ainsi que son dérivé bisulfité (naphthine S).

Il faut, enfin, signaler les couleurs générées sur fibre même, et, en particulier, le noir d'aniline qui consomme des quantités considérables d'aniline pour sa préparation. La p. amidodiphé-

nylamine trouve un emploi plus restreint ainsi que certaines bases organiques : p. phénylènediamine, p. amidophénol qui servent à la teinture des peaux et fourrures.

Nous n'avons pu entrer dans des détails sur la fabrication des nombreux colorants industriels qui résultent le plus souvent de condensations de matières intermédiaires, soit directement, soit par oxydation subséquente, comme nous l'avons mentionné pour certaines couleurs dérivées du triphénylméthane, de même que pour les azines, oxazines et thiazines, acridines, etc.

Il peut, cependant, au point de vue économique, être intéressant de noter ici la plus-value que subissent les matières premières par leur transformation en matières colorantes. La benzine (30 fr. les 0/0 kgs) transformée en acide picrique (220 fr. les 0/0 kgs) subit une plus-value de 11 fois la valeur initiale; le même carbure transformé en fuchsine (800 fr. les 0/0 kgs) une plus-value de 14; et s'il l'est en indigo (900 fr.) de 30. Dans le groupe de l'anthracène (35 fr. les 0/0 kgs), la transformation en alizarine (700 fr. les 0/0 kgs) augmente la valeur initiale de 18 fois, celle en indanthrène (35 fr. le kg) plus de 50 fois, etc. Les plus-values dépendent, évidemment, des opérations chimiques à effectuer, de leur nombre, de leur rendement et de leur complexité, mais il faut cependant faire remarquer qu'elles sont aussi fonction des prix de vente qu'on peut obtenir. Or, ceux-ci étant réglés par le fait de la concurrence, les produits qui sont dans le domaine public seront forcément à des prix plus bas que les spécialités brevetées. Il y a donc intérêt à posséder et à développer ces dernières, et c'est un des buts essentiels du laboratoire de recherches de créer et d'élaborer de nouveaux produits intéressants. Or, il ne faut pas l'oublier : l'invention intéressante sera toujours le coup de dé heureux, qu'il faut amener par la fréquence des opérations, et cela nécessite un personnel fort nombreux.

D'autre part, cette plus-value relativement considérable explique comment des pays comme la Suisse, qui sont obligés d'importer leurs matières premières, peuvent néanmoins lutter, même sur le marché mondial, avec des concurrents plus favorisés quant à ces matières.

En résumé, on aura vu par l'exposé très sommaire que nous venons de faire, que les industries françaises consomment pour environ 25 à 26 millions de francs de colorants artificiels par année, qui, au prix moyen de 3.000 francs la tonne, représentent environ 8.500 tonnes de produits (1).

Si l'on veut examiner les divers groupes on arrive au partage suivant : couleurs azoïques, 8 millions ; couleurs au soufre, 3 millions ; indigo, 4 millions ; couleurs à cuve, 1 à 1 1/2 million ; couleurs dérivées de l'antracène, 2 millions ; couleurs d'aniline basiques et acides, 4 à 5 millions ; couleurs et produits divers, 2 à 3 millions. Sur ce total de 25 millions de francs, on en importait pour 8 millions de francs environ d'Allemagne, de sorte qu'on fabriquait en France pour 17 millions de francs de couleurs, en utilisant toutefois pour 7 à 8 millions de francs de produits intermédiaires également importés d'Allemagne. Ce chiffre d'affaires global est à partager entre 7 usines principales, dont 6 étaient des succursales de maisons allemandes. La production française atteignait environ 10 à 15 0/0 de la consommation. C'est dire tout le développement que peut prendre cette industrie dans notre pays, sans compter qu'avec l'Alsace reconquise, qui possède une industrie textile considérable, on verrait la consommation s'augmenter encore très sensiblement. Nous n'envisageons même pas pour le moment l'exportation dans les pays alliés et neutres, mais si l'industrie française devait arriver à ce

(1) Notons ici que la consommation anglaise en colorants artificiels s'élève à 19.000 tonnes d'une valeur de 50 millions de francs, celle des Etats-Unis à 26.000 tonnes valant 70 millions environ. Ces pays ne produisaient avant la guerre qu'une faible fraction de leur consommation.

(On pourra consulter pour les Etats-Unis la brochure de Thomas H. Norton : *Artificial dyestuffs in United States ; quantity and values of foreign imports and of domestic production during the fiscal year 1913-1914* ; Washington, 1916).

résultat, il s'agirait alors de chiffres beaucoup plus considérables.

Mais il n'est peut-être pas inutile d'insister sur le fait qu'il y aurait lieu de créer une entente entre les divers pays et leurs usines pour éviter une dispersion des efforts. Un programme d'action commun bien établi et rigoureusement exécuté faciliterait sensiblement la lutte avec l'industrie allemande qui, il ne faut pas l'oublier, restera redoutable, quelle que soit l'issue du conflit actuel.

ANNEXE AU CHAPITRE XVIII

Exportations allemandes en colorants et produits intermédiaires

	1913 tonnes	1913 francs
Couleurs d'aniline.....	64.287	177.598.750
Alizarine	6.132	11.657.500
Couleurs d'anthracène.....	4.907	15.308.750
Indigo.....	33.332	66.653.750
Carmin d'indigo.....	256	1.181.250
Total.....		272.400.000
Aniline et sel d'aniline.....	7.264	7.398.750
Naphtols et naphtylamines.....	3.106	3.797.500
Produits divers.....	5.950	7.840.000
Totaux.....	125.258	291.436.250

**L'INDUSTRIE DES PRODUITS PHARMACEUTIQUES
ET DES PARFUMS SYNTHÉTIQUES (1)**

Les mêmes raisons qui ont conduit à l'état d'infériorité de notre industrie des matières colorantes peuvent être invoquées pour le domaine des produits pharmaceutiques. Un grand nombre de ces composés a été découvert en Allemagne et y a été étudié au point de vue physiologique et clinique. Il faut bien reconnaître, qu'au point de vue de l'organisation du travail scientifique, nos adversaires sont passés maîtres et qu'ils ont su obtenir le plus grand rendement de la main-d'œuvre scientifique, main-d'œuvre considérable chez eux et à peu près inexistante chez nous. En dehors de ce fait, il faut ajouter la remarquable organisation commerciale allemande et le bon fonctionnement des cartels des fabricants de ces produits. Ce bon fonctionnement est dû

(1) Bibliographie à consulter : *Les produits pharmaceutiques industriels*, 2 vol. par P. CARRÉ (1909).

Les produits chimiques employés en médecine, par TRILLAT.

La fabrication des produits pharmaceutiques, conférence par E. FOURNEAU (1915).

Abrégé de la chimie des parfums, par P. JEANCARD et C. SATIE (1904).

Les parfums artificiels, par E. CHARABOT.

L'industrie des parfums, par M. OTTO (1909).

Les huiles essentielles et leurs principaux constituants, par CHARABOT, DUPONT et PELLET (1899).

La fabrication des parfums synthétiques, conférence par J. DUPONT (1915).

particulièrement à l'esprit de discipline et sans doute aussi à la correction commerciale des participants. Il ne faut pas perdre de vue non plus que les produits pharmaceutiques ne peuvent être brevetés en France, qu'en outre la question des marques de fabriques est d'une importance extrême, ainsi que les rapports entre les médecins appliquant les remèdes et les inventeurs de ces produits. Trop souvent aussi, la fabrication et la vente ne peuvent s'effectuer que sous l'égide d'un pharmacien prête-nom, ce qui n'est pas pour favoriser les initiatives des chimistes, seuls compétents. Toutes ces questions fort complexes mériteraient une étude spéciale qui ne peut rentrer dans le cadre de ce chapitre.

En tous les cas, il importe de faire remarquer que le développement des industries dérivées du goudron de houille entraînera forcément le développement des industries pharmaceutiques. Plusieurs des produits intermédiaires signalés plus haut servent aussi bien de point de départ pour les colorants que pour les remèdes synthétiques.

Ainsi l'acétanilide dérive de l'aniline, de même que les arsénicaux : l'atoxyle, l'hectine, le 606, l'arséno-benzol, le galyl, etc. ; le gaïacol et ses dérivés se préparent avec l'o. anisidine ; la phénacétine avec la paraphénétidine ; l'aspirine, le salicylate de méthyle, le salol, le salicylate de soude sont des dérivés de l'acide salicylique ; le benzonaphtol dérive du β -naphtol ; l'adrénaline de la pyrocatechine ; la novocaïne, la nirvanine et l'orthoforme des acides amidobenzoïques ; la phénolphtaléine de l'acide phtalique ; le vioforme, la lorétine des oxyquinoléïnes, etc. Comme pour certains colorants, on emploie aussi des dérivés de la série grasse pour la synthèse de l'antipyrine, du pyramidon, de la pipérazine, de la stovaïne, de l'alypine, de l'eucaïne ; quelques produits pharmaceutiques dérivent même complètement de cette série, tels que le chloral, le chloroforme, l'iodoforme, le sulfonal, le trional, l'isopral, le véronal, l'adaline, l'hexaméthylène tétramine (urométine) et d'autres encore.

Il ne peut entrer dans notre idée de vouloir donner une énumération complète de tous ces produits, ni d'étudier leur fabrication et leur consommation, d'autant plus qu'ils sont fort nom-

breux, et que, d'autre part, un assez grand nombre n'a souvent qu'une existence éphémère. Mais il importe toutefois de faire remarquer que les matières premières nécessaires à leur fabrication, outre celles dérivées du goudron de houille, sont avant tout le chlore, le brome, la potasse, le cyanure de potassium, le magnésium, l'alcool, l'acide acétique, l'alcool méthylique, l'acétone, le phosgène ainsi que l'iode, dont nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasion de nous occuper et dont plusieurs nous manquent, surtout la potasse et le magnésium.

Quant à la question de l'alcool (1), sa dénaturation, son prix, etc., c'est encore une question qui ne peut être examinée ici, mais qui est fort importante par suite de l'emploi considérable de ce produit.

Au point de vue de la fabrication, aucun de ces produits n'offre de difficultés insurmontables, et, de fait, la plupart ont été préparés en France, sauf peut-être la phénacétine et le sulfonal et ses dérivés. Nul doute qu'on pourra les fabriquer tous, et dans des conditions permettant la lutte économique avec nos rivaux, en présence des améliorations matérielles et morales que nous espérons dans nos industries organiques.

Il y aurait peut-être lieu de développer chez nous l'industrie des édulcorants artificiels, et de la saccharine en particulier, qui dérive du toluène. Elle fait l'objet d'une fabrication importante dans les usines suisses (2).

On peut rattacher ici la fabrication des alcaloïdes ; la quinine constitue une fabrication française qui, cependant, au point de vue de ses dérivés n'a pas été suffisamment développée. La morphine est surtout produite par les Anglais et aussi par l'Allemagne ; il semble que c'est surtout une question de droits qui en

(1) Voir : *La dénaturation de l'alcool en France*, par RENÉ DUCHEMIN (1907). *Rapport sur le Régime de l'alcool* (Office des Produits Chimiques et Pharmaceutiques), par EUGÈNE CHARABOT (1916).

(2) L'usage de ce produit vient d'être autorisé par suite de la diminution de la production sucrière et l'on envisage une production mensuelle de 10.000 kilogrammes.

empêche la fabrication chez nous comme celle de la théobromine et de la caféine.

Dans d'autres cas, on transforme des produits naturels par des traitements chimiques ; ainsi la dionine et l'héroïne dérivent de la morphine. On prépare aussi des dérivés du santal, du thymol, de l'ichthyol, des sels de mercure et d'argent complexes (protargol), des produits dérivés des peptonates et albumoses (somatose, ferro-somatose, lactosomatose, etc.), les glycérophosphates divers qui donnent lieu à des exportations importantes (environ 30 t.). Ce n'est que pour mémoire que nous citons les huiles médicinales, les extraits des plantes, glucosides et principes actifs, les extraits de glandes, les sérums, etc., qui ne rentrent plus directement dans le domaine que nous traitons.

Nous ne pouvons insister non plus sur les spécialités pharmaceutiques, malgré l'importance de quelques-unes, comme le méthylarsinate de soude (histogénol), le chlorure d'éthyle (Kelène), l'émulsion Scott, ainsi que les solutions antiseptiques à base d'acide borique, qui forment une grosse part de notre exportation (environ 35 t.), etc., car le succès de ces produits dépend surtout des procédés commerciaux mis en œuvre pour les lancer.

Nous n'avons pas d'éléments suffisants pour déterminer d'une façon certaine le chiffre d'affaires des produits pharmaceutiques synthétiques ; nous estimons cependant qu'il peut s'élever de dix à quinze millions de francs dans lesquels il faut compter pour un million et demi de produits importés.

..

Passons maintenant aux parfums synthétiques qui constituent également une industrie importante.

Ainsi la production totale de la vanilline artificielle est d'au moins 120 tonnes annuellement, d'une valeur de près de 4 millions de francs. Pour le musc artificiel, il y a également des débouchés considérables, puisque la production de certaines usines atteint 50 tonnes annuellement, d'une valeur de plus d'un demi-million. Les importations de parfums synthétiques se

montent à 70 tonnes environ d'une valeur de 1 1/2 million, alors que l'on peut estimer les exportations à 5 millions environ. Il faut encore ajouter à ces chiffres la consommation intérieure qui est considérable, de sorte que l'on peut évaluer le chiffre d'affaires des 8 usines françaises de 10 à 15 millions.

Ce qui est certain, c'est que le développement de l'industrie du chlore va permettre aux usines françaises de fabriquer l'aldéhyde benzoïque et l'alcool benzylique qui dérivent du toluène; elles pourront aussi développer la fabrication de la vanilline que l'on synthétise en partant du gaïacol, obtenu lui-même avec l'o-anisidine en partant du chlorbenzène. On ne peut assez insister sur le fait que les industries organiques forment un bloc, ainsi que cet exemple le démontre, car le chlorbenzène sert aussi de matière première pour les couleurs, et l'avancement de l'une des industries provoque tout naturellement celui des autres.

Parmi les dérivés aromatiques odorants, il y a encore lieu de citer les éthers de l'acide salicylique, l'oxyde de phényl, l'acétylanisol, la coumarine, les aldéhydes cinnamique et anisique, l'antranilate de méthyle, les éthers benzoïques et cinnamiques, l'éther méthylique du β -naphтол, l'indol, l'acétophénone, la méthylacétophénone, le diphenyl-méthane, l'alcool phényléthylique, etc., qui se préparent d'après les méthodes synthétiques connues. A signaler cependant plus particulièrement les méthodes synthétiques au magnésium et les méthodes catalytiques qui sont applicables par suite des prix relativement élevés des produits.

Si le plus grand nombre des produits odorants dérivent de la série benzénique, il en est d'autres pourtant fournis par la série grasse, tels que les éthers de certains acides gras, l'acétate d'amyle par exemple, qui servent d'essences de fruits artificielles.

Nous avons déjà eu l'occasion de signaler l'industrie des parfums naturels, qui est une industrie française fort importante par elle-même et qui est complétée par des transformations chimiques de certaines huiles essentielles. Nous signalerons ainsi surtout la fabrication de la vanilline à partir de l'eugénol, de l'héliotropine avec le safrol, de l'ionone avec le citral, du terpi-

néol et de ses éthers en partant de l'essence de térébenthine. Nos colonies tropicales pourraient nous fournir, plus que par le passé, des huiles essentielles de lemon-grass, de géranium, de badiane, de bois de rose, de thym, de palma-rosa, de basilic, etc., dont quelques-unes peuvent donner lieu à des fabrications nouvelles et intéressantes (du thymol par exemple).

Il est inutile d'insister ici sur l'art du parfumeur qui consiste à mélanger et à assortir les parfums divers ainsi qu'à les présenter sous une forme agréable; dans ce domaine les parfumeurs français jouissent d'un renom très justifié.

Les produits photographiques, et particulièrement les révélateurs usités en photographie, peuvent être rattachés ici. A mentionner, notamment, l'hydroquinone qui se fait à partir de l'aniline, le diamidophénol (amidol) par réduction du dinitrophénol, le p. amidophénol (rhodinal), le monométhyl. p. amidophénol (métol) obtenu à partir de la glycine du p. amidophénol, l'acide pyrogallique qui se fait à partir de l'acide gallique, etc.

On pourrait également signaler ici la fabrication des plaques, films et papiers photographiques pour lesquels nous possédons quelques usines renommées. Mais dans ce domaine encore les Allemands, grâce à leur organisation technique et commerciale, avaient su se créer des débouchés fort importants (Agfa, Hauff, etc.) et nos importations dépassaient le million.

Enfin, il y aurait à signaler les produits de laboratoire, employés en synthèse organique, et pour lesquels nous étions aussi dans une large mesure tributaires des usines spéciales allemandes (Kahlbaum, Merck, de Haen). Sans atteindre comme importance les industries qui viennent d'être étudiées, cela représente néanmoins un chiffre d'affaires qui n'est pas négligeable.

Au total, on peut estimer que toutes les industries organiques que nous venons d'étudier sommairement, et qui prennent le

goudron de houille comme point de départ, représentent un total d'environ 50 millions de francs, dont la moitié à peine était le produit de l'industrie française. C'est dire l'importance de la reprise qu'il y a à effectuer dans ce domaine où l'industrie allemande avait su prendre une place prépondérante.

L'INDUSTRIE DES POUDRES ET DES EXPLOSIFS (1)

Cette industrie a acquis, par suite des événements que nous traversons, une importance toute particulière et a dû être improvisée, pour ainsi dire, dans des conditions plutôt difficiles. En effet, le peu de développement de nos industries organiques a rendu singulièrement difficile la fabrication des explosifs, qui sont des composés organiques dérivés par nitration des produits formés lors de la distillation du goudron. On voit ainsi le rapport qu'il y a entre l'industrie des matières colorantes et celle des explosifs, et c'est là un argument nouveau pour développer cette première car, en cas de conflit, elle peut facilement être transformée pour la défense nationale, tandis que l'inverse n'est peut-être pas aussi simple que d'aucuns paraissent le croire.

D'autre part, il a fallu développer aussi certaines industries inorganiques indispensables, et en particulier celle de l'acide sulfurique fumant nécessaire pour les nitrations énergiques. La production de ce produit était peu importante avant la guerre ;

(1) Bibliographie à consulter : *Dictionnaire des matières explosives*, par F. DANIEL (1902).

Les explosifs et leur fabrication, par R. MOLINA et J.-A. MONTPELLIER (1909).

Le problème des poudres, par ALB. BUISSON.

Les explosifs modernes et leurs applications, par M. MOLINIÉ.

Les explosifs actuels, par Th. GUILBAUD (1916).

elle atteint actuellement un chiffre considérable, qui sera encore augmenté quand toutes les installations en cours seront terminées, et représentera plus que 1/10 de la production en acide sulfurique. C'est dire l'excédent considérable qui sera disponible après la guerre.

Il a fallu, de même, augmenter la production de l'acide nitrique à haute concentration, également indispensable pour certaines nitrations. Toutefois, dans bien des cas, on a pu employer directement le nitrate de soude sec en milieu sulfurique, ce qui simplifie sensiblement les méthodes de nitration.

On sait que l'ancienne poudre noire, composée de charbon, soufre et salpêtre, dans les proportions de 1 : 1 : 6, utilise l'oxygène du nitrate comme oxydant. La base des explosifs et des poudres modernes est encore l'acide nitrique, soit sous forme de dérivés nitrés des composés aromatiques : trinitrophénol, trinitrocrésol, trinitrotoluène, etc., soit sous forme d'éthers nitriques des celluloses et de la glycérine dans les poudres sans fumée. Ces composés très riches en oxygène nitrique contiennent généralement assez d'oxygène pour leur combustion intérieure, qui, provoquée par une cause extérieure, est excessivement rapide. On développe ainsi, dans un temps extrêmement court, une quantité considérable de gaz, dont le volume se trouve encore augmenté par suite de l'élévation considérable de la température, et c'est ce phénomène qui occasionne précisément la force explosive ou propulsive de ces composés.

Dans d'autres cas, cependant, la quantité d'oxygène est insuffisante, comme c'est le cas pour la dinitronaphtaline, le dinitrobenzène, la nitronaphtaline, etc., auxquels il faut additionner des oxydants tels que le perchlorate de potasse, le chlorate de potasse, le nitrate d'ammoniaque, etc. (cheddite).

Sans vouloir entrer dans des détails sur ces fabrications, nous mentionnerons cependant que la poudre B française se fait en mélangeant des celluloses fortement nitrées avec des celluloses moins nitrées, en proportions convenables ; on gélatinise dans un malaxeur avec de l'alcool-éther, on lamine la pâte obtenue, on la sèche, puis elle est granulée et lissée. Comme stabilisateur on ajoute une certaine proportion de diphényla-

mine (1,5 0/0) ; on lisse aussi certaines poudres de fusil avec de la diméthylidiphénylurée (centralite). On admet généralement que l'on ne peut faire des poudres stables qu'avec du coton (linters) ; il semble cependant que les Allemands aient réussi à se servir des celluloses industrielles. Peut-être ont-ils recours à une dissolution et à une reprecipitation de ces celluloses pour obtenir un produit à composition constante.

Aux lieu et place d'alcool-éther, on peut aussi prendre de la trinitroglycérine comme gélatinisant ; c'est ainsi que se font la cordite des Anglais, la filite des Italiens, etc. Nous ne pouvons discuter ici la valeur respective de ces poudres diverses ; il importe cependant de faire remarquer qu'au point de vue de la stabilité, il y aurait intérêt à remplacer ces poudres colloïdales, qui ont toujours une tendance à se décomposer et dont la loi de décomposition reste ignorée et dépend probablement de catalyseurs en présence, par des poudres cristalloïdes qui sont des composés chimiques stables et à composition constante. On n'a toutefois pas encore pu réaliser cette transformation malgré l'intérêt incontestable qu'elle présenterait.

Quant aux explosifs, les deux plus importants sont certainement l'acide picrique (mélinite) et le trinitrotoluène. Le premier se prépare par nitration du phénol, après sulfonation préventive pour modérer l'action de l'acide nitrique, qui, malgré tout, oxyde une partie du phénol en acide oxalique. Le phénol isolé du goudron de houille étant absolument insuffisant, il a fallu monter la fabrication du phénol synthétique à partir du benzol. On sulfone le benzol, puis l'on fond le benzènesulfonate de soude, à 330° C., avec de la soude caustique. Il se forme du phénate de soude, qui, décomposé par un acide, donne du phénol. Nous n'insisterons pas sur les détails de la sulfonation ni de la fusion ; on peut, toutefois, envisager plusieurs solutions industrielles pour isoler le benzènesulfonate de soude. On se rendra compte de l'importance de cette fabrication par le fait que la production journalière actuelle dépasse la production annuelle que nous avons indiquée précédemment. Il est sans doute inutile d'ajouter que, la guerre finie, il faudra arrêter ou limiter considérablement cette fabrication, car il serait à peu

près impossible de trouver des débouchés suffisants pour ces quantités de phénol, même en en faisant des matières plastiques ou des matières tannantes artificielles, etc.

Par trinitration du phénol sulfoné, on obtient l'acide picrique ; 100 parties de phénol donnent 180 parties d'acide picrique. Cette fabrication demande certaines précautions ; les picrates métalliques sont explosifs et l'acide picrique, contrairement à l'opinion des ingénieurs des Poudres et Salpêtres, insuffisamment documentés, peut faire explosion à la suite d'un incendie.

Le trinitrométacrésol ou crésylite est l'analogue de l'acide picrique, mais dérive du métacrésol ; il nécessite la préparation de cette matière première, qui se trouve dans le goudron de houille mais qu'il faut séparer de ses deux isomères ortho et para. Ceux-ci ne donnent que des dérivés dinitrés par nitration. Sa synthèse, à partir de la naphthaline, paraît trop coûteuse pour pouvoir entrer en ligne de compte.

Aussi bien l'acide picrique que l'acide crésylique ont un caractère acide qui n'est pas sans de nombreux inconvénients. Un explosif à caractère neutre est le trinitrotoluène (trotyl, tolite, trinol, trilité, carbonite, etc.) qui résulte de la trinitration du toluène. La production est limitée par celle du toluène qui accompagne le benzène dans les benzols, mais dont la proportion ne dépasse guère le quart de ce carbure. On a pu toutefois obvier à cette pénurie en nitrant les pétroles de Bornéo, qui contiennent des carbures aromatiques, et en séparant les dérivés nitrés obtenus par distillation. Par une nouvelle nitration on transforme les mononitrotoluènes ainsi formés en dinitro, puis en trinitrotoluènes.

Il est bien évident qu'en dehors des explosifs mentionnés, il en existe une foule d'autres ; pour être industriels, il faut qu'ils répondent toutefois à certaines conditions de stabilité, de bon marché, de fabrication facile qu'il n'est pas aisé de réunir. Ainsi, par exemple, l'hexanitrodiphénylamine possède tous les caractères d'un explosif ; toutefois son prix de revient est sensiblement supérieur à celui de l'acide picrique. Pour certains usages, notamment comme détonateurs, on peut employer cependant des produits plus coûteux, tels que la tétranitraniline, qui ré-

sulte de la nitration de la m. nitraniline, la tétranitrométhylaniline (tétryl) ou d'autres composés. Enfin, pour faire détoner les explosifs, il faut des détonateurs, dont le plus important est le fulminate de mercure ; il ne paraît pas impossible que les Allemands emploient aussi l'azoture de plomb. Selon l'usage et l'effet à obtenir, selon qu'il s'agira de grenades, d'obus de rupture, de torpilles aériennes ou sous-marines, la nature de la charge est très différente, mais il nous est impossible d'entrer dans ces détails qui sont du domaine de la pyrotechnie.

Les explosifs servent aussi dans les grands travaux d'arts, pour la construction des tunnels, des tranchées, des canaux, pour le fonçage des puits, dans les mines de houille et de sel, etc. La dynamite ne sert plus que sur une échelle restreinte ; pour le percement du tunnel du Loetschberg, on a employé, par exemple, un mélange dosé de nitroglycérine, nitrocellulose et dinitrotoluène. Pour les mines grisouteuses, il faut employer des explosifs dits de sûreté, qui donnent des températures inférieures à 650° C., à laquelle le grisou s'enflamme. Les types divers, tels que la bellite, la roburite, sécurite, etc., contiennent environ 15 0/0 de dinitrobenzine et 85 0/0 de nitrate d'ammoniaque. Ce produit sert d'oxydant, d'une part, mais la grande quantité d'azote qu'il dégage abaisse aussi la température des gaz de combustion.

Il y aurait encore à mentionner d'autres explosifs, comme ceux à base d'air liquide, mais nous devons nous arrêter ici pour ne pas dépasser le cadre de cette étude. Ce qu'il nous importait surtout, c'était de montrer que cette industrie se rattache, par ses procédés et ses méthodes, aux industries organiques qui prennent le goudron de houille comme point de départ.

En France, l'industrie des poudres et explosifs est, comme on ne le sait que trop, un monopole de l'Etat, et nous ne pensons pas que cela soit pour le mieux. La fabrication des monopoles d'Etat laisse toujours fort à désirer, et, dans l'occurrence, ce n'est que grâce au concours des industries privées qu'on a pu faire face aux demandes de la guerre. Il faut bien espérer que celle-ci terminée, cette fabrication sera libre comme elle l'est aux Etats-Unis.

En 1912, la production des poudreries d'Etat s'est élevée à 3.572 tonnes de poudre B, d'une valeur de 23 millions, et 390 tonnes de mélinite et crésylite valant 800.000 francs. Il faut y ajouter pour 8.300.000 francs de poudres de chasses et de mines, de sorte que les transactions totales se sont élevées à 34.300.000 francs. Il est hors de doute que, si cette industrie était une industrie privée, elle atteindrait facilement le chiffre de 50 millions, auxquels il faudrait encore ajouter les dynamites, les détonateurs, les feux d'artifices, etc., qui ne sont pas compris dans notre statistique. Il est inutile de vouloir établir quelles sont les transactions à l'heure actuelle; mais nous croyons intéressant de noter ici que les exportations des Etats-Unis se sont montées, de janvier à octobre 1915, à 350 millions de francs, rien que pour les poudres et les explosifs. On ne peut évidemment que regretter que des commandes aussi importantes n'aient pas pu être exécutées dans notre pays et cela par suite du monopole existant.



**FIBRES ARTIFICIELLES ;
MATIÈRES PLASTIQUES ET ARTIFICIELLES DIVERSES (1)**

Une seule fibre artificielle a acquis, jusqu'à présent, une importance considérable : c'est la soie artificielle. On sait que cette industrie, fondée par le comte de Chardonnet, repose sur la solubilisation de la cellulose du coton ; on éjecte ensuite cette solution cellulosique, à travers des orifices capillaires, dans un liquide coagulateur. Théoriquement, une infinité de solutions sont possibles, mais pratiquement, on est limité par le prix des dissolvants de la cellulose et par la nature du produit obtenu qui doit répondre à certaines conditions de ténacité, d'élasticité et de brillant.

Il y a surtout trois solutions qui ont prévalu : on peut faire de la soie artificielle par dissolution des nitro-celluloses peu

(1) Bibliographie à consulter : *Le celluloïd*, par FR. BOECKMANN et G. KLOTZ (1906).

Le celluloïd, par CILLARD (1910). — *Le celluloïd*, par MASSELON, ROBERTS et CILLARD (1912).

La soie artificielle, par P. WILLEMS.

Les succédanés de la soie. Les soies artificielles, par A. CHAPLET et H. ROUSSET (1909).

La soie artificielle et sa fabrication, par JOS. FOLTZER (1910).

Industrie de la lactose et de la caséine végétale du soja, par F. BELTZER.

Les perles fines, les nacres et leurs imitations, par M. DE KEGHEL.

nitrées dans l'alcool-éther et en filant la solution ainsi obtenue ; il faut ensuite dénitrer la soie à l'aide de sulhydrates alcalins. Cette méthode sert encore en France (Lyon, Besançon) et surtout en Belgique, dans les grandes filatures de Tubize et d'Obourg, où elle a pu se maintenir, grâce à des conditions particulières.

Les soies cuproammoniacales (soies de Givet, Izieux, etc.) se font par dissolution du coton mercerisé dans la liqueur cuproammoniacale, puis on file la solution dans de l'acide sulfurique dilué, ou mieux encore, dans de la soude relativement concentrée. Il y a lieu de récupérer le cuivre et l'ammoniaque.

Le procédé le plus intéressant, par suite de son bas prix de revient, est le procédé à la viscose (Arques-la-Bataille). On solubilise la cellulose par l'alcali et le sulfure de carbone et l'on file la solution de xanthate ainsi obtenue dans une solution de bisulfate acide. Il semble bien que c'est à ce procédé surtout que doit appartenir l'avenir. On a envisagé aussi l'emploi des solutions de cellulose dans l'acide sulfurique ou l'acide phosphorique, mais il semble que l'hydrolyse de la molécule soit trop avancée pour donner des fibres résistantes. Il nous est, malheureusement, impossible d'entrer dans de plus amples détails sur un sujet des plus intéressants, mais qui mériterait une étude spéciale. Il faut toutefois faire remarquer que la solidité des fibres obtenues est minime à l'état mouillé et il y a là encore un perfectionnement à opérer (sthénosage à la formaldéhyde).

La production mondiale de soie artificielle atteignait, en 1913, 9 millions de kilogrammes dont un tiers, produit en France, représente une quarantaine de millions. L'exportation se montait à 179.200 kilogrammes en 1911, dont la plus grande partie allait en Allemagne (132.000 kilogrammes en 1913). On fait aussi du crin artificiel, des chapeaux en soie artificielle, du tulle artificiel, dont la première usine fut montée à Saint-Quentin, et d'autres produits encore.

On peut envisager la fabrication d'autres fibres artificielles à partir de la pâte de bois, en forçant celle-ci à travers des filières, puis aussi par filature de lanières de papier, etc. Mais ces industries n'ont recours qu'à des procédés mécaniques de sorte

qu'elles ne rentrent plus dans le cadre de nos études. La chimie pourrait toutefois intervenir pour donner à ces produits la solidité à l'eau qui leur manque et qui est un obstacle sérieux à leur emploi.

Une fibre, dénommée *textilose* en Allemagne, s'obtient par un doublement du papier par des fibres textiles, du coton en particulier. On obtient ainsi des produits plus résistants au mouillage qu'avec le papier seul. La production s'en montait à près de 12.000 tonnes environ; elle servait surtout pour remplacer le jute dans la fabrication des sacs, et il est à présumer que cette fabrication a dû être développée, par suite de la disette de nos ennemis en fibres exotiques.

* .

Les matières plastiques et produits similaires ainsi que les préparations qui en dérivent sont tellement nombreuses qu'il nous est impossible de les traiter en détail et d'en donner même une énumération un peu complète.

Un certain nombre de ces produits dérivent de la cellulose du coton par des traitements appropriés. Nous savons que le coton nitré modérément est soluble dans un mélange d'alcool et d'éther; cette solution qui constitue le *collodion* donne par évaporation des pellicules, films, etc., dont l'emploi en photographie notamment est considérable.

L'industrie du *celluloïd* se rattache tout naturellement à celle du collodion. On sait que ce produit est une dissolution solide de camphre dans la nitro-cellulose. Les opérations pour sa préparation consistent à nitrer le coton au degré voulu, à blanchir la nitro-cellulose, puis à la sécher. On l'empâte alors, en présence d'alcool dénaturé ou de méthylène, avec la proportion de camphre nécessaire (généralement 35 de camphre pour 100 de nitrocellulose), on pétrit, on lamine la masse obtenue, puis on sèche. Dans certains cas, et pour obtenir des produits transparents, on se sert aussi d'acétone, d'acétate d'amyle, etc.

Une notable partie du camphre importé (866 tonnes en 1913)

servait pour cette industrie. Nous avons déjà eu l'occasion de signaler l'intérêt qu'il y aurait à faire cette matière par synthèse à partir de l'essence de térébenthine dont nous sommes d'importants producteurs. Ce serait une somme de près de 3 millions, qui resterait ainsi dans le pays. On a tenté de remplacer le camphre par de nombreux produits ; seuls le manol et l'acétanilide ont trouvé un certain emploi. Le grand inconvénient du celluloïd est son inflammabilité qui peut le rendre excessivement dangereux, mais on n'a guère réussi jusqu'à présent à atténuer cet inconvénient sans modifier sensiblement ses qualités initiales, surtout quand on lui incorpore des substances minérales.

L'industrie du celluloïd est fort importante puisqu'on estime sa production à 15.000 tonnes environ d'une valeur de près de 75 millions ; la production française peut s'élever à 2.500 tonnes ; les exportations (590 tonnes) balancent sensiblement les importations totales d'une valeur d'environ 4 millions.

Dans ce domaine encore l'industrie allemande occupait la première place puisqu'elle produisait, à elle seule, environ 65 0/0 de la production mondiale. L'industrie française au contraire se trouvait dans une situation plutôt difficile.

Les *acétylcelluloses* se préparent également à partir de la cellulose du coton, mais elles ont l'avantage d'être absolument ininflammables. Ces produits sont des éthers acétiques de la cellulose qui résultent de l'action de l'anhydride acétique ou du chlorure d'acétyle sur la cellulose ou ses dérivés en présence d'un catalyseur. Ils ont donné lieu à des travaux considérables et fort nombreux, et ce n'est qu'après vingt ans d'efforts acharnés qu'ils commencent à trouver des emplois industriels. En 1911, MM. Clément et Rivière estimaient la production européenne à 100 tonnes ; cette estimation paraît toutefois exagérée pour cette période. Par suite des événements actuels, l'emploi en a considérablement augmenté.

On peut distinguer essentiellement deux types de produits : les acétates de cellulose solubles dans le chloroforme et le tétrachloréthane et les acétates d'hydrocellulose qui sont déjà solubles dans l'acétone. On a aussi préparé des types, solubles

même dans l'acide acétique dilué (séricose) et qui résultent d'une hydrolyse très avancée de la cellulose.

Il nous est impossible de donner des détails sur la fabrication de ces divers produits connus sous le nom de cellone, cellite, sicoïde, etc., et qui trouvent de multiples emplois pour les films cinématographiques, pour l'imprégnation des tissus pour ballons et avions, pour la métallisation des fils (fils bayko), comme matière isolante pour les industries électriques, pour la préparation de vernis et de colles à base de tétrachloréthane. Ces colles, soit dit en passant, ne sont pas absolument sans danger, vu l'action physiologique du solvant. Il est donc préférable de les préparer, malgré le prix sensiblement plus élevé, avec de l'alcool benzylique et de l'acétone.

Les acétylcelluloses peuvent aussi servir à la préparation de masses plastiques ; à cet effet, on les malaxe avec un plastifiant en présence d'un solvant (par exemple, tétrachloréthane et alcool), à chaud, on lamine ensuite, on presse, sèche, etc. Ces produits sont fabriqués en France par la Société chimique des usines du Rhône ; on annonce du reste la création d'une nouvelle usine utilisant certains procédés brevetés (brevets français 413.671, 430.606, 432.046, etc.)

On pourrait encore préparer des éthers acides de la cellulose autres que les éthers nitriques et les éthers acétiques ; il semble cependant que, seules les formyl-celluloses, obtenues par dissolution de cellulose précipitée (résidus de la fabrication de la soie artificielle, par exemple,) dans l'acide formique concentré, paraissent présenter un certain intérêt.

En parlant des soies artificielles, nous avons déjà signalé la *viscose* qui se fait par dissolution de la cellulose par l'alcali et le sulfure de carbone. On obtient ainsi un xanthogénate de cellulose sodique soluble dans l'eau qui peut être coagulé par des procédés divers. En y incorporant des matières minérales et autres, on obtient également des masses artificielles, tels que le viscoïd, dont les emplois sont multiples. A signaler aussi le pé-gamoïd qui dérive également de la viscose et qui sert pour le recouvrement de tentures, papiers peints, etc.

Au lieu de partir de la cellulose et de matières cellulosiques,

on peut prendre comme point de départ des matières albuminoïdes. *La galalithe*, par exemple, dérive de la caséine industrielle que l'on malaxe à chaud avec une lessive alcaline (carbonate, phosphate, borax, etc.); la pâte est laminée, soudée, puis traitée au formol. La grosse difficulté est d'obtenir des masses transparentes; le produit a aussi l'inconvénient de se fendiller lors du coupage et il ne peut guère être réduit en feuilles minces. Malgré cela, il trouve les emplois les plus divers: pour poignées diverses, peignes, dos de brosses et surtout pour la manufacture des boutons.

Le prix de ces masses artificielles est d'environ 5 francs le kilogramme. En parlant des caséines, nous avons déjà eu l'occasion de signaler l'exportation assez importante de ces produits, qui vont surtout en Allemagne pour y être transformées industriellement. A ce sujet, et comme l'exportation de ces produits est interdite, nous mentionnerons les procédés allemands qui prennent de la levure pour préparer des matières artificielles. Ainsi une masse plastique, dénommée *ernolithe*, s'obtient par action de la formaldéhyde sur des résidus de levure et compression subséquente du produit; elle doit servir comme substituant de l'ébonite (br. allemand 275.857).

La gélatine peut être transformée, avec ou sans addition de glycérine, par évaporation, en feuilles transparentes, souples et flexibles qui trouvent des emplois dans l'imagerie, pour l'emballage de divers produits, etc. On a essayé en vain, jusqu'à présent, de se servir de feuilles de gélatine formolées comme base de pellicules pour des films photographiques ou cinématographiques. C'est sans résultat aussi qu'on a tenté d'en faire de la soie artificielle (procédé Millar) et il ne semble pas non plus qu'on ait réussi à en faire des masses plastiques, malgré les nombreux essais faits dans cette voie. Signalons toutefois l'emploi des masses à base de gélatine pour l'hectographie, la polycopie, etc.

* *

Les fibres artificielles et les masses plastiques que nous venons d'étudier dérivent de produits naturels immédiats ou trans-

formés : celluloses, caséine, gélatine, osséine, etc. Mais il est possible de préparer des masses plastiques et artificielles en utilisant les dérivés du goudron de houille, et le phénol en particulier, et c'est là un emploi des plus intéressants que pourra trouver le phénol synthétique après la guerre. Nous signalerons plus particulièrement les résines artificielles telles que la *bakelite*, la *résinite* ou *condensite* qui résultent de l'action d'aldéhydes sur les phénols, et en particulier de la condensation de la formaldéhyde avec le phénol en présence d'acides ou d'alcalis, dans des conditions bien déterminées de température et de pression. Selon ces conditions, on peut obtenir les produits les plus divers, liquides ou solides, qui trouvent des emplois multiples dans les industries électriques pour la fabrication des perles artificielles, des poignées de cannes et de parapluies, de porte-cigares et porte-cigarettes, des pipes, des plaques de gramophones et cylindres de phonographes, dans l'impression des tissus, pour vernis et laques en solutions alcooliques ou autres, pour le vernissage, l'émaillage, etc.

Le but poursuivi est d'arriver à des substituants des produits naturels : copals, gommés-laques, ambre et autres résines. Précisément comme succédané de l'ambre, la bakelite a trouvé des emplois considérables. Il peut aussi être intéressant de noter ici que l'emploi de l'ambre a pu être considérablement développé par l'utilisation des ambroïdes qui résultent de l'agglomération sous forte pression des déchets d'ambre qui, autrefois, étaient surtout employés à la distillation et à la fabrication de l'acide succinique.

..

Nous n'avons nullement la prétention d'avoir épuisé, en ces quelques lignes, un sujet des plus vastes et des plus intéressants. Il y aurait tout un livre à écrire sur les succédanés et les substituants des produits naturels qui peuvent être réalisés par les procédés les plus divers. C'est encore un domaine où la recherche organisée systématiquement, quoique dans des conditions différentes de celles pour les industries organiques dérivées

du goudron de houille, peut donner des résultats tout à fait remarquables et où le génie inventif de notre race pourrait se donner libre cours. Mais pour cela il faudrait des laboratoires de recherches et un personnel approprié auquel il faudrait faire crédit.

Au cours de nos études nous avons déjà eù l'occasion de parler du *caoutchouc synthétique* que l'on peut également signaler ici. Il paraît qu'en Russie cette industrie doit être expérimentée en grand, sans que l'on puisse toutefois se prononcer sur son avenir économique. Il a aussi déjà été question des caoutchoucs factices, dérivés des huiles siccatives et de l'huile de lin en particulier ; on pourrait mentionner également le linoléum, qui en dérive, de même que l'huile de ricin durcie par hydrogénation qui sert comme masse artificielle pour isolateurs.

Dans le domaine des succédanés, on pourrait encore signaler les cuirs artificiels. Les essais faits dans cette voie sont fort nombreux ; un produit obtenu par laminage de nappes de coton avec du balata a trouvé un certain emploi. Une industrie qui mérite également d'être signalée, et qui est d'origine française, est celle des fourrures artificielles. Elle consiste à enlever le poil des fourrures naturelles par tondage, après congélation du poil, puis à le fixer ensuite sur un support approprié de valeur moindre que la peau (de la toile par exemple). On obtient ainsi, outre une fourrure, la peau qui peut servir en ganterie ou pour d'autres usages.

Pour terminer, il n'est peut-être pas inutile d'insister sur le fait que nos ennemis, gênés par le blocus dans leur ravitaillement en produits exotiques, ont dû avoir recours, dans une large mesure, à des succédanés et à des substituants. Il ne paraît pas impossible que certains produits, qu'ils ont dû ainsi créer et employer, continueront à servir après la guerre et c'est un facteur avec lequel on fera bien de compter dans l'avenir.

INDUSTRIES TEXTILES ET INDUSTRIES TINCTORIALES (1)

Les industries textiles peuvent paraître être en dehors du cadre de nos études, mais comme elles sont en relation étroite avec les industries chimiques du blanchiment, de la teinture et de l'impression, nous pensons qu'il y a lieu de les examiner au moins sommairement. Cela d'autant plus que les industries tinctoriales traitent actuellement les fibres dans tous les états de transformation, depuis la matière non filée jusqu'aux produits complètement transformés.

Les industries textiles sont parmi les plus importantes des industries françaises. Elles représentent un chiffre d'affaires de plus de 4 milliards, dont 2.070 millions à l'importation et

(1) Bibliographie à consulter : *Teinture et impression, apprêts, matières colorantes*, par GUIGNET, DOMMER et GRANDMOUGIN (1895).

Teinture et impression, par M. PRUDHOMME.

Manuel pratique du teinturier, par HUMMEL, DOMMER et GRANDMOUGIN.

La grande industrie tinctoriale, par FRANCIS J.-G. BELTZER (1906).

La teinture au XIX^e siècle, par T. GRISON (1908).

Couleurs et colorants dans l'industrie textile, par l'abbé VASSART (1912).

La teinture du coton, par E. SERRE (1912).

Industrie des poils et fourrures, cheveux et plumes, par F.-J.-G. BELTZER (1912).

Traité de la couleur au point de vue physique, par A. ROSENSTIEHL (1913).

De l'apprêt des tissus de laine peignée, par HENRI LAGACHE (1914).

Alfa et papier d'alfa, par H. DE MONTESSUS DE BALLORE (1909).

2.284 millions à l'exportation. Les matières brutes importées s'élèvent à 1.723 millions dont 650 millions sont réexportés et transitent à travers notre pays.

Il est bien évident que la France est obligée d'importer la totalité du coton qu'elle consomme, soit 271.299 tonnes pour 576 millions de francs, en 1913. Elle le transforme dans ses filatures du Nord, de l'Est et de la Normandie surtout, qui compte 7.500.000 broches pour produire des filés dont la valeur dépasse 500 millions. La transformation en tissus se fait sur 130.000 métiers à tisser mécaniques et 40.000 métiers à bras ; la valeur des produits manufacturés avec le coton, en y comprenant les industries de la passementerie, de la bonneterie et de la broderie, atteint certainement le milliard.

Il y aurait évidemment intérêt à diminuer les importations et à s'affranchir du monopole américain. Sur une production mondiale de 4.746.215 tonnes, l'Amérique du Nord figure pour 3.208.340 tonnes (en 1913-14) et cette situation n'est pas sans présenter de nombreux inconvénients, surtout pour l'avenir. Il y aurait lieu de développer la culture du coton dans notre empire colonial. L'introduction du Sea Island en Egypte par l'ingénieur français Jumel, il y a un siècle, et le développement pris par cette culture (329.460 tonnes en 1912-13) montrent les résultats que l'on peut obtenir dans ce domaine par un travail méthodique.

Notre pays est un peu mieux partagé au point de vue des fibres d'origine animale, laine et soie, parce qu'il produit ces fibres sur son territoire. Toutefois, cette production est insuffisante, et il faut encore avoir recours aux importations des pays étrangers pour couvrir les besoins de l'industrie textile.

La France ne produit, en effet, que 35.000 tonnes de laine annuellement, alors que sa consommation s'élève à 270.000 tonnes environ d'une valeur de 634 millions. Il est vrai que par le lavage ce chiffre se réduit sensiblement, et ce ne sont guère plus de 100.000 tonnes de laines lavées qui sont filées par 3.078.000 broches principalement dans le Nord (Roubaix, Tourcoing).

Pour la laine aussi, il y aurait lieu de développer la produc-

tion de notre empire colonial. Les marchés sud-algériens sont actuellement accessibles par le premier tronçon du Transsaharien (Biskra-Touggourt) et les exportations en laine ont passé de 13.111.000 francs en 1914 à 15.992.000 francs en 1915. La richesse des troupeaux dépasse 200 000 têtes, et il paraît certain qu'il doit être possible de développer l'industrie lainière dans les régions algériennes, tunisiennes et marocaines.

Quant à la soie, la production de cocons est de 5.109.426 kilos (en 1913) correspondant à environ 350 tonnes de soie (en 1913) ; cette quantité est tout à fait insuffisante, de sorte qu'on en importe encore, du Japon et de la Chine notamment, sous forme de filés ou de tissus, pour 354 millions. On sait que le siège de cette industrie est à Lyon, qui est le centre le plus important du continent pour la soie.

Les industries linières ont produit, en 1911, 14.631 tonnes de chanvre d'une valeur de 14.563.000 francs et 20.413 tonnes de lin valant 26.277.000 francs, mais ces industries importent encore pour plus de 100 millions de matières premières. En y comprenant l'industrie du jute (importations : 73 millions de francs en 1913), elles comptent environ 500.000 broches de filature et 25.000 métiers à tisser, surtout dans la région du Nord.

Ces quelques chiffres montrent suffisamment l'importance de nos industries textiles. Il est indéniable qu'elles se sont constamment développées et qu'elles occupent une place importante dans le marché mondial, grâce à la qualité et au bon goût des articles fabriqués. Toutefois, il ne faut pas se dissimuler que pour les articles bon marché nous étions dépassés par les Allemands, et que pour certains tissus, qui constituaient autrefois un monopole français, nous commençons à être concurrencés sérieusement par les Anglais et par les Allemands.

Il faut aussi tenir compte du fait que le retour de l'Alsace-Lorraine pourra influencer sérieusement l'industrie textile française, non seulement au point de vue quantitatif mais aussi qualitativement. La région de Mulhouse seule comptait, en 1900, environ 1 million de broches pour le coton, produisant environ 30 millions de kilos de filés, et près de 500.000 broches pour la laine avec une production de 11 millions de kilos. Le nombre

des métiers à tisser atteignait environ 20.000. On voit par ces quelques chiffres que l'industrie textile alsacienne représente au moins 20 0/0 de l'industrie française, car outre la région de Mulhouse et ses environs immédiats, il faut encore compter la région des vallées : Guebwiller, Munster, Sainte-Marie-aux-Mines, puis la Basse-Alsace, etc. Comme la plupart des usines avaient des débouchés fort importants en Allemagne, il est certain que leur situation pourra être profondément modifiée après la guerre et le contre-coup s'en fera sentir sur l'industrie française. Nous sommes ici dans des conditions qui rappellent celles de la métallurgie et de l'industrie minière françaises : celles-ci peuvent se trouver également modifiées par l'annexion des bassins houillers de la Lorraine et de la Sarre. Mais ce sont là des questions économiques qui ne sont pas du ressort de la chimie ; il nous aura suffi d'indiquer en passant les problèmes qui restent encore à résoudre au mieux des intérêts nationaux.

*
*
*

Quelques indications sur les industries du papier et des pâtes à papier peuvent compléter ces notes sur les industries textiles. On sait que le papier, fabriqué jusque vers le milieu du XIX^e siècle, avec des chiffons, n'aurait pu suffire à la consommation actuelle en n'utilisant que cette matière première. Depuis un demi-siècle, on en fait des quantités considérables avec des pâtes mécaniques, obtenues par râpage du bois et, depuis 1878 surtout, avec les pâtes chimiques, qui se font par cuisson du bois sous pression dans des lessiveuses avec du bisulfite de chaux. On obtient aussi des pâtes chimiques par les procédés au sulfate de soude ou par l'action de la soude caustique sur la paille de seigle et sur l'alfa. Cette plante vivace, très répandue dans l'Afrique du Nord, est surtout utilisée par les Anglais qui en achètent plus de 100.000 tonnes en Algérie et en Tunisie. La France, qui devrait être la première à l'employer, n'en consomme guère plus de 7.000 tonnes.

Par suite du manque de forêts et parce que les bois de France

se prêtent mal à la fabrication de la pâte de bois, les râperies de Calais, Rouen, Nantes, etc., étaient obligées de faire venir les bois du dehors. Nous sommes aussi tributaires de l'étranger pour les pâtes de bois chimiques et mécaniques. Ainsi, en 1913, on a importé 260.000 tonnes de pâtes mécaniques et 205.000 t. de pâtes chimiques représentant plus de 70 millions de francs. Un quart environ venait d'Allemagne et d'Autriche (26.000 t. de pâtes mécaniques et 62.000 tonnes de pâtes chimiques environ), le reste était fourni par la Suède et la Norvège, en partie aussi par le Canada. Les importations de ce pays ont augmenté sérieusement depuis la guerre, la Suède ayant interdit les exportations de pâtes en février 1916.

En outre des pâtes, nous importions encore pour le moins 100.000 tonnes de déchets de coton et de chiffons, de sorte que nous arrivions à une production de papier d'environ 2.000 tonnes par jour, soit plus de 600.000 tonnes par an.

Ce qu'il y a de curieux et même de paradoxal dans l'industrie de la cellulose, c'est que ce produit nous vient de contrées septentrionales (Canada, Suède), alors qu'il semblerait plus logique de le tirer de contrées tropicales où la croissance des végétaux est forcément plus rapide. La France, avec son empire colonial considérable, devrait, en somme, pouvoir s'affranchir des importations étrangères. Nous avons déjà signalé l'alfa qui est employé par deux usines en Algérie. Une usine en Indo-Chine utilise la fibre de bambou ; cette plante se reproduit vite et l'on peut en faire une coupe annuelle. On peut encore envisager l'emploi d'autres matières premières : plantes vivaces diverses, bambous, roseaux, maïs, sorgho, genêt, fibres de tourbe, etc.

On peut utiliser le papier pour faire des fibres textiles. Un procédé, usité en Allemagne, consiste à découper la nappe de papier sortant de la machine à papier en lanières étroites, qui sont tordues et filées après humidification. Ces filés de papier ne possèdent qu'une résistance faible, surtout quand ils sont mouillés. On peut l'augmenter en les doublant avec des fibres textiles diverses, avec du coton pour des qualités supérieures (textilose), avec des déchets de cardage de l'industrie linière pour les qua-

lités plus vulgaires (la textilité est ainsi composée de 60/65 0/0 de papier et de 40 35 0/0 de fibres végétales).

D'après les indications que nous possédons, on produit en Allemagne plus de 30.000 tonnes de ces fibres, qui servent surtout comme substitut du jute, comme matière isolante pour les câbles, dans la fabrication du linoléum, pour les tapis, les tentures et revêtements divers, etc. Les Allemands affirment qu'ils ont pu couvrir ainsi 1/3 de leurs importations en jute et qu'ils comptent même s'affranchir, par la suite, de l'emploi de cette fibre exotique.

Les industries tinctoriales sont, on peut le dire, l'aboutissement et le couronnement des industries chimiques. Elles font appel à toutes les industries chimiques ; la grande industrie minière lui fournit les acides et les alcalis, le chlore et l'acide sulfureux nécessaires au blanchiment, l'industrie organique, les colorants indispensables à l'ornementation des filés et des tissus. Il vient encore s'ajouter à ces éléments matériels un élément artistique destiné à obtenir des effets colorés harmonieux, agréables à l'œil.

On ne se rend généralement pas compte de la proportion de matières colorantes nécessaires à l'embellissement des produits textiles, et il nous a paru intéressant d'établir le compte suivant :

La production mondiale de coton s'élève à 5 millions de tonnes (5.419.540 tonnes en 1912-13) d'une valeur de 7 milliards, valeur qui est au moins triplée par la filature et le tissage, ce qui donne environ 21 milliards. La laine brute consommée par l'industrie mondiale est de 1.260.000 tonnes d'une valeur de 3 milliards environ ; manufacturée, la valeur peut monter à 10 milliards environ. Il faut ajouter à ces chiffres impressionnants : 26.770 tonnes de soie naturelle d'une valeur de 1.400 millions, 9.900 tonnes de soie artificielle pour 135 millions, 642.150 tonnes de lin et de chanvre pour 625 millions, 1.920.000 tonnes de jute pour 1.450 millions, sans compter d'autres fibres

exotiques : ramie, fibres de coco, etc., dont l'emploi dans l'industrie textile est moins considérable. Nous croyons qu'on peut estimer à au moins 40 milliards les produits textiles divers, susceptibles d'être colorés avec des matières colorantes artificielles, dont la production totale ne dépasse guère 400 millions, soit 1 0/0 de la valeur des produits textiles qu'elles servent à colorer. Il ne faut pas oublier que les couleurs servent aussi à la coloration du papier, des aliments, des corps gras et à d'autres usages encore dont nous n'avons pas tenu compte dans notre calcul. Cette proportion se vérifie aussi pour l'industrie textile française où, pour des transactions qui s'élèvent de deux à trois milliards annuellement, on consomme, ainsi que nous l'avons vu dans un chapitre précédent, pour environ 25 millions de francs de couleurs.

Il ne faudrait toutefois pas conclure de ce qui précède que le prix des colorants n'a qu'une importance secondaire. Si pour la teinture de la soie, où les prix des teintures sont très élevés, la couleur n'est qu'un facteur secondaire, il n'en est pas de même pour les tissus de coton, par exemple, et notamment pour ceux destinés à l'exportation. C'est une des raisons pour lesquelles nous insistons contre une élévation exagérée des droits d'entrée sur les couleurs, qui aurait sa répercussion sur les prix de ces produits.

Dans notre décompte, nous n'avons pas tenu compte des colorants naturels dont quelques-uns, comme le campêche notamment, ont encore une importance considérable parce que dans certaines applications ils n'ont pu être remplacés par les colorants artificiels. Mais si ces colorants ont trouvé, par suite des circonstances spéciales que nous traversons, une recrudescence d'emploi, il est à présumer que, malgré tout, ils disparaîtront devant les produits synthétiques. D'autant plus qu'avec la récupération croissante des sous-produits de la carbonisation de la houille, on sera forcément amené à développer de plus en plus l'industrie des colorants artificiels et à remplacer les quelques produits naturels encore en usage. Il est peu probable, soit dit en passant, qu'on arrive à synthétiser industriellement le campêche comme cela s'est fait pour l'indigo ; il sera remplacé,



comme il l'a déjà été en partie, par des colorants artificiels d'autres groupes. La même remarque peut s'appliquer au bois jaune, à la graine de Perse, à la cochenille, etc. Dans cette lutte avec le génie humain, il semble bien que la nature — qui paraît, elle aussi, pratiquer très souvent le moindre effort — doive avoir le dessous. Elle ne paraît, en effet, guère capable d'améliorer ses produits et ses rendements sans l'intervention humaine.

Ce qu'il y a de particulier, et qui mérite d'être souligné, c'est d'autre part l'évolution qui s'est faite dans les industries tinctoriales à la suite du remplacement des couleurs naturelles par les colorants artificiels ; on peut dire que l'art du teinturier a pour ainsi dire disparu. Nous voulons dire par là que les progrès de la teinture n'ont pas été réalisés dans les ateliers de teinture, mais dans les fabriques de matières colorantes.

On peut regretter ce phénomène qui était fatal et qui s'est produit encore dans d'autres domaines, dans la pharmacie, par exemple, que l'industrie chimique est également en train de transformer. Le pharmacien moderne est devenu très souvent un agent commercial qui forme l'intermédiaire entre l'usine et le public.

Comment cette transformation s'est-elle opérée ? Quand on compare la facilité avec laquelle la laine se teint directement sans préparation préalable et les procédés de teinture compliqués, autrefois en usage dans la teinture du coton, l'idée devait forcément venir de simplifier ces procédés. Cette simplification ne s'est pas faite par les teinturiers ou par une modification des propriétés tinctoriales de la fibre du coton, mais par la création de nouveaux groupes de colorants : d'abord les colorants directs, puis les couleurs au soufre, enfin, les couleurs à cuve. Dans le domaine de la teinture sur laine, les couleurs chromatables constituent également une simplification de la teinture puisqu'elles donnent en un bain des teintes aussi solides que celles que l'on obtenait autrefois sur deux bains successifs.

Si l'on examine les tendances actuelles dans les industries tinctoriales, on verra qu'il s'agit de simplifier, d'une part, les méthodes de teinture et, d'autre part, d'augmenter la solidité des



nuances obtenues. On peut dire que dans ces deux directions on a obtenu des résultats intéressants. Nous parlions précédemment des couleurs diverses pour coton et des couleurs chromatables pour laine qui ont considérablement simplifié le travail en teinture ; on peut y ajouter la facilité avec laquelle on teint actuellement en rouge alizarine comparé au travail que représentait l'obtention de l'ancien rouge turc, de même que la cuve chimique à l'hydrosulfite constitue un progrès sérieux sur la cuve à fermentation, dont l'emploi demandait des praticiens expérimentés.

Quant à la solidité, il faut reconnaître que la tendance actuelle est de plus en plus à faire du solide et on ne peut qu'encourager cette tendance, car on a certainement abusé des couleurs faux teint, surtout au début de l'industrie des couleurs artificielles. Il s'est fait heureusement une réaction, et, à l'heure actuelle, on peut presque répondre à toutes les exigences du grand teint, mais il faut remarquer que les couleurs bon teint reviennent sensiblement plus cher que les couleurs faux teint. Toutefois, le prix infime de la couleur par rapport à l'objet coloré est un argument de plus en faveur de la campagne que l'on mène depuis quelques années en faveur du grand teint.

Il importe donc de ne pas perdre de vue que l'évolution de la teinture, dans l'avenir, continuera à être le fait de l'industrie des matières colorantes. Cela est vrai non seulement pour la teinture des fibres homogènes, mais aussi et surtout pour la teinture des fibres et tissus mixtes, tissus composés, avec fils à effet, etc. Dans ce domaine l'industrie des colorants artificiels a permis de créer de tous nouveaux genres ; la teinture de la mi-laine en particulier a été complètement transformée par l'emploi des couleurs artificielles.

Nos industries tinctoriales seront donc ce que l'industrie des colorants les fera et c'est un point important sur lequel on ne peut assez insister. Une industrie nationale des matières colorantes paraît donc le complément nécessaire de nos industries textiles et tinctoriales pour les libérer d'une servitude étrangère et pour les faire progresser dans l'avenir.

Mais il y a dans les industries tinctoriales un autre domaine,

indépendant jusqu'à un certain point de l'industrie des colorants : c'est le domaine mécanique. Nous sortirions absolument du cadre de cette étude si nous voulions examiner les progrès réalisés dans cette direction et ceux qui restent à faire. Tandis qu'autrefois on se bornait à la teinture des filés et des pièces, le teinturier moderne est arrivé à teindre les fibres dans tous leurs états de transformation : fibres brutes, rubans de cardes et de peigneuses, canettes, bobines croisées et autres, fils de chaîne libres et sur ensouples, etc. Ce résultat a été obtenu en renversant, pour ainsi dire, la manière de procéder en teinture. Tandis que pour la teinture des filés et des pièces, le bain de teinture est immobile et que l'on y meut la matière à teindre pour obtenir l'unisson, pour la teinture sur appareils on immobilise la matière à teindre et l'on fait circuler le bain de teinture. Ce procédé peut comporter deux solutions principales : le système par emballage et le système par embrochage, qui, chacun de leur côté, peuvent donner lieu à des constructions fort diverses.

Il nous semble que, dans ce domaine encore, les constructeurs allemands avaient réussi à accaparer les marchés par des modèles qui, il faut le reconnaître, donnaient satisfaction au point de vue mécanique et économique. La même remarque peut s'appliquer aux machines à merceriser en filés et en pièces, aux appareils pour blanchiment, aux machines pour essorer et sécher, aux appareils pour apprêts, etc. Certainement que nos constructeurs français auront à cœur de nous affranchir de l'emprise allemande (1).

*
*
*

En ce qui concerne le blanchiment, il ne semble guère possible de réaliser des modifications bien profondes au point de vue chimique, car on ne peut guère employer des produits moins coûteux que les alcalis, les acides et le chlore qui servent pour

(1) *Les progrès de l'industrie tinctoriale*, EUG. GRANDMOUGIN, *Génie civil*, 1911/12, 183, 209, 230.

le blanchiment des fibres végétales. Les alcalis servent au décreusage des matières incrustantes et au dégraissage par saponification des corps gras naturels ou venus au cours de la fabrication ; le chlore a pour but de détruire les colorants naturels des fibres. Au point de vue mécanique on a réalisé des progrès sérieux par une circulation méthodique de la lessive, en évitant sa dilution par des réchauffeurs appropriés, par l'emploi du vide, etc. Le lessivage au large, combiné au vaporisage, constitue une simplification du blanchiment par suite de l'économie de temps ; ce procédé ne convient cependant que pour certains articles. Nous avons déjà signalé les inconvénients qui résultent de l'emploi d'huiles minérales pour le graissage des métiers à tisser ; dans ce cas-là, le lessivage ordinaire peut être insuffisant. On peut augmenter l'action des lessives de blanchiment par l'addition de certains dissolvants (carbures, aniline, phénol, sulforicines, etc.), mais il semble préférable d'avoir recours aux huiles saponifiables pour le graissage des métiers à tisser.

Quant au blanchiment proprement dit, nous avons déjà suggéré l'emploi du chlore liquide au lieu et place d'hypochlorite. L'emploi du chlore ou de ses dérivés n'est toutefois pas sans inconvénients pour la solidité des fibres ; il serait intéressant de pouvoir remplacer son action oxydante par celle de l'eau oxygénée ou des persels, si le prix de ces produits ne s'opposait pas à leur emploi. On peut cependant se demander si l'oxygène même ne pourrait servir ; on l'a fait agir avec succès, paraît-il, sur le coton lessivé, dans la cuve de lessivage même, en présence de certains catalyseurs (manganèse par exemple). Il semble que, dans cette voie, il y aurait encore des progrès intéressants à réaliser.

Quant à la laine, elle est d'abord dessuintée par l'eau tiède, puis dégraissée au savon de potasse. Dans les grandes laveries, on emploie des installations mécaniques appropriées : dessuinteuse Maillard et Léviathan. Il importe de récupérer la potasse, contenue dans les eaux de dessuintage, par évaporation et calcination, et la graisse de suint, matière première pour la lanoline.

On peut aussi dégraisser la laine par extraction avec des liquides volatils, le naphte par exemple ; ce procédé n'est cependant en usage que dans quelques rares usines, car il demande une installation très importante. Il paraît plutôt intéressant pour une collectivité d'usines que pour une usine isolée.

Le blanchiment proprement dit se fait par l'acide sulfureux soit libre, soit sous forme de bisulfites ou d'hydrosulfites, ou par l'eau oxygénée alcaline.

Le décreusage de la soie se fait toujours par le savon, soit en bain plein, soit dans la mousse. Il s'agit dans ce dernier cas d'un procédé physico-chimique très particulier par lequel on obtient une bonne pénétration des fibres. Ce principe a aussi été mis à profit dans les appareils à teindre dans la mousse (système C. Wanke).

Quant à la charge de la soie au silico-phosphate d'étain, elle s'est développée, depuis un quart de siècle, d'une façon prodigieuse ; elle a permis de mettre cette fibre à la portée d'un public qui, autrefois, n'aurait pu l'acquérir. On sait que ce procédé consiste à fixer sur la soie, par des passages alternatifs dans des solutions de tétrachlorure d'étain et de phosphate de soude, un précipité minéral, qui tout en gonflant la fibre et en augmentant son poids, lui conserve toutes ses propriétés précieuses. On arrive ainsi à diluer la soie, qui est une matière des plus précieuses, par un composé minéral d'un prix très bas, c'est-à-dire à abaisser sensiblement le prix des soieries. Si une charge modérée (30 0/0 pour l'organsin, 70 0/0 pour la trame par exemple) augmente plutôt les qualités industrielles de la soie, il ne faut toutefois pas perdre de vue que des charges excessives ne sont pas sans de graves inconvénients. Mais voilà encore un sujet spécial que nous ne pouvons aborder ici.

Au point de vue artistique les plus beaux effets d'ornementation sont obtenus par le tissage en couleurs et par l'impression des tissus qui se concurrencent dans certains domaines, mais

qui ont cependant, pour des raisons que nous ne pouvons exposer ici, leur domaine propre.

L'exécution artistique a toujours été un privilège français et c'est tellement vrai que la plupart des dessins pour l'impression proviennent des ateliers de Paris.

La reprise de l'Alsace française avec ses manufactures d'impression, qui se sont spécialisées dans l'article riche, va être un événement des plus importants dans le domaine de l'impression. L'Alsace seule, et le rayon de Mulhouse en particulier, compte certainement plus de machines à imprimer (environ 150) que la France entière, et si la production par unité est relativement faible (moyenne de production : environ 5.000 pièces de 100 mètres par an et par machine) elle est compensée, comme nous venons de le dire, par la qualité de la marchandise. Il est certain, d'autre part, que l'industrie alsacienne, dont les débouchés étaient surtout outre-Rhin, va connaître des moments difficiles, et il faudra une politique industrielle prudente pour lui conserver son ancienne prospérité.

Mais ces questions économiques dépassent singulièrement le cadre de nos études. Il y a là, comme pour l'avenir de la métallurgie, un ensemble de problèmes à étudier pour lesquels il faudrait une politique économique à conceptions larges et qui ne s'inspirent pas seulement d'intérêts particuliers ou régionaux. Nous pensons du reste qu'il y aurait avantage, pour les indienneurs comme pour les teinturiers, à s'unir en de puissantes associations, telles que nous les voyons en Angleterre dans la Calico Printers Association ou la Bradford Dyers Association. Si le particularisme français est un peu réfractaire à ces cartels, il faut cependant bien faire remarquer que l'achat en commun des matières premières, des drogues, des couleurs, etc., permettrait de réaliser des économies considérables. On peut aussi centraliser les laboratoires d'analyses et de recherches, ce qui réduit, il est vrai, le personnel technique, mais diminue les frais généraux. Enfin, dans une association qui embrasse toutes les manufactures, on peut spécialiser les usines, ce qui permet de simplifier sensiblement la fabrication en la réduisant à quelques articles à grande production.

Nous devons, malheureusement, nous abstenir de développer ici les perfectionnements apportés à l'art de l'impression depuis un quart de siècle : réserves sous noir d'aniline, couleurs naphтол générées sur fibre, rongeurs au sulfoxylate, impression de couleurs à cuve, etc., ainsi que les perfectionnements qui nous paraissent encore possibles.

Si parfaite que soit la machine à imprimer rotative, elle n'est cependant pas encore arrivée à la limite des perfectionnements, et il y a surtout aussi le domaine de la gravure qui est susceptible de progresser. Les progrès réalisés dans l'impression rotative des illustrés par la transformation du procédé Rolffs par M. Mertens montrent tout ce que l'on peut atteindre dans ce domaine. Mais ce procédé n'est pas applicable à l'impression des tissus dans la forme actuelle. Il y aurait aussi à reprendre l'étude de l'impression lithographique sur tissus qui n'a pas donné, jusqu'à présent, les résultats qu'on espérait (1).

..

L'industrie des apprêts, enfin, vient compléter les industries tinctoriales en permettant de donner à la marchandise finie l'aspect le plus agréable à l'œil et au toucher. Parmi les nombreuses opérations, qui sont surtout du domaine de la mécanique, nous ne mentionnerons ici que le similisage par rouleaux gravés (silk-finish) qui permet de donner à des tissus de coton l'aspect des soieries. Il est certain que dans ce domaine encore, ainsi que dans celui de l'action des produits chimiques qui peuvent modifier profondément les caractères physiques et chimiques des fibres, il reste énormément à faire. Faut-il rappeler ici l'importance capitale du mercerisage à la soude caustique pour les filés et les tissus de coton, et des nombreuses modifications et variantes pour l'obtention de crépons, tissus bosselés, etc., en employant des tissus homogènes ou mixtes.

Le caractère de la laine peut aussi être modifié dans ses pro-

(1) *Les nouveaux procédés d'impression sur tissus*, EUG. GRANDMOUGIN, *Techn. mod.*, 1914, 356

priétés tinctoriales par l'action du chlore, des hydrosulfites, des sulfocyanures, des sels métalliques, des matières tan-nantes, etc., et ces procédés peuvent également trouver des emplois variés.

Il y aurait lieu, enfin, de tenir compte des industries qui régénèrent les fibres usagées et parmi lesquelles celle de la laine-renaissance offre un intérêt particulier, par suite du prix élevé de la matière. Il est bien certain que, comme cette fibre nous vient en grande partie de l'étranger, il y a lieu de l'employer aussi longtemps que possible en la régénérant. Ce qui est regrettable, c'est que par l'opération de la carbonisation, qui a pour but de la séparer de la fibre du coton, on perde totalement cette dernière fibre, moins précieuse, il est vrai, mais qui n'est pas non plus dénuée de valeur.

Nous tiendrions encore à insister ici pour qu'à l'avenir nos chimistes-coloristes observent une politique industrielle plus moderne et plus réaliste que celle pratiquée par le passé. L'époque du secret de fabrication et du pli cacheté doit cesser ; il faut savoir tirer parti des découvertes et des progrès incessants en profitant des enseignements que nous donnent les fabriques de matières colorantes. Celles-ci ne se bornent pas seulement à breveter des procédés de fabrication de matières colorantes ; elles pratiquent de plus en plus le brevet de procédé d'application. S'il y eut une période où, à tort ou à raison, les découvertes les plus importantes : rongage du bleu cuvé par l'acide chromique, réserves sous noir d'aniline, etc., ne furent pas protégées, cette période n'est plus ; il faut utiliser maintenant d'une façon plus rationnelle les découvertes que les coloristes sont amenés à faire au cours de leurs travaux.

Le temps n'est plus hélas ! où les industries textiles ou tinctoriales étaient d'un rapport financier remarquable ; elles se sont banalisées si l'on peut dire. Mais elles peuvent augmenter leurs revenus en tenant compte de ces observations, et nous sommes persuadés que la création d'un laboratoire scientifique dans ces usines permettrait d'obtenir, à ce point de vue, un rendement appréciable. Nous connaissons des usines où l'on n'a qu'à se féliciter des résultats ainsi obtenus.

Il faut toutefois, pour cela, des chimistes spécialisés dans le domaine des fibres textiles, des colorants et de leurs applications. Le retour de l'Alsace nous rendra l'école de chimie de Mulhouse qui s'était spécialisée dans ce domaine. Elle a formé des centaines de chimistes-coloristes qui ont porté son renom dans le monde entier. C'est une école animée d'un esprit moderne, créée par l'industrie pour l'industrie, et qui a toujours su donner un enseignement rigoureusement scientifique mais adapté à des buts industriels.

Elle peut servir de modèle aux instituts à créer ou à rénover ; et il se peut qu'elle devienne plus tard le noyau autour duquel se grouperont d'autres instituts pour la création d'une école polytechnique pour l'industrie alsacienne.

ANNEXES AU CHAPITRE XXII

Production mondiale du coton

	1913-1914 en tonnes
Etats-Unis.....	3.208.340
Indes.....	1.127.250
Egypte.....	322.875
Brésil et Pérou.....	• 65.250
Divers.....	22.500
Total.....	4.746.215

Production mondiale de la laine

	1913 en tonnes
Europe.....	362.400
Australasie.....	347.451
Amérique du Sud.....	216.081
Amérique du Nord.....	139.524
Asie.....	123.669
Afrique.....	93.771
Total.....	1.282.896

Production mondiale de la soie

	1913 en tonnes	1915 en tonnes
France.....	350	130
Italie.....	3.540	2.878
Espagne.....	82	50
Autriche-Hongrie.....	273	167
Turquie d'Asie.....	1.090	590
Turquie d'Europe.....	85	30
Pays balkaniques.....	320	180
Caucase.....	385	125
Turkestan et Asie Occidentale.....	225	50
Perse.....	210	40
Schanghai et Canton.....	8.515	7.500
Japon.....	12.120	11.250
Indes.....	113	81
Indo-Chine.....	12	14
Totaux.....	27.320	23.085

Broches de filature pour coton

Pays	le 1 ^{er} mars 1914
Angleterre.....	55.971.501
Etats-Unis.....	31.519.766
Allemagne.....	11.404.944
Russie.....	9.111.835
France.....	7.400.000
Indes anglaises.....	6.397.142
Autriche.....	4.941.320
Italie.....	4.600.000
Monde entier.....	144.704.012

STATISTIQUES (1)

Dans les chapitres qui précèdent, nous avons indiqué sommairement, et en passant, l'importance de la production de certains produits, ainsi que les chiffres des transactions auxquelles ils donnent lieu. Il serait évidemment intéressant, si cela ne devait nous entraîner trop loin, d'étudier plus en détail les questions économiques relatives aux industries chimiques. Il est vrai qu'il est assez difficile de faire un partage entre les industries vraiment chimiques et les industries annexes qui sont tributaires de la chimie ou auxquelles les industries chimiques proprement dites doivent avoir recours.

Ainsi nous avons dû signaler l'industrie des combustibles minéraux d'où certaines industries chimiques organiques tirent leurs matières premières, et qui, d'autre part, sont indispensables pour la production de la force motrice, pour l'obtention du calorique nécessaire aux réactions chimiques, etc. Les transactions atteignent dans ce domaine plus de 1 1/2 milliard, dont 450 millions de produits importés. Les industries métallur-

(1) Bibliographie à consulter : *Les Industries chimiques en France et en Allemagne*, par FLEURENT, 1915.

Enquête faite sur les industries chimiques en France, par L. GUILLET (1900).
Documents statistiques de la Direction générale des Douanes, publication mensuelle.

giques représentent un chiffre d'affaires d'au moins 750 millions, en produits bruts, dont 500 millions rien que pour la fonte.

Nos importations en minerais divers (excepté ceux d'or, d'argent et de platine) dépassent 115 millions annuellement ; nous en exportons d'autre part pour 75 millions, dont la plus grosse part est constituée par des minerais de fer (50 millions environ), des minerais de zinc (15 millions) et des minerais d'alumine (3 1/2 millions).

Il y aurait encore à ajouter aux industries minérales les transactions réalisées par les industries de la céramique et de la verrerie, les industries des ciments, etc., qui représentent également des chiffres considérables.

Les diverses industries que nous avons étudiées dans les chapitres qui précèdent : les industries de l'alimentation, les industries chimiques, les industries du caoutchouc, du papier et du carton, les industries du livre, les industries textiles et les industries annexes du travail des étoffes et des vêtements, des pailles et crins, les industries des cuirs et des peaux, les industries du bois, la métallurgie, le travail des métaux fins, la taille des pierres, le travail des pierres et terres au feu, la manutention et les transports et les commerces divers comptaient, en 1914, 44.860 établissements avec 1.512.798 ouvriers.

Sur ce nombre les industries chimiques proprement dites ne figurent que pour 534 usines avec 33.650 ouvriers et 3.000 employés scientifiques, techniques et commerciaux (en 1906) ; 9 usines seulement occupaient plus de 500 ouvriers.

Il est juste d'ajouter que la guerre a donné une impulsion sérieuse à l'industrie chimique et que les grandes sociétés ont été amenées à augmenter sérieusement les capitaux engagés dans ces entreprises, sans compter les nombreuses usines créées pour les besoins de la guerre.

* * *

En nous limitant aux industries plus particulièrement chimiques, le petit tableau suivant résume le commerce des produits chimiques pour 1912 :

	Importations	Exportations
	(en mille francs)	
Produits chimiques	233.368	202.550
Couleurs minérales	10.859	24.107
Teintures préparées	11.124	9.581
Compositions diverses	34.525	83.891
Huiles et sucs végétaux	342.761	293.314
Espèces médicinales	25.805	14.857
	<hr/> 658.442	<hr/> 628.300

Parmi les produits chimiques proprement dits sont compris les acides, les alcalis, les sels, les engrais minéraux, les carbures, etc.; les compositions diverses comprennent les savons, féculs et amidons, colles et gélatines, bougies, caséines, sucre de lait, etc., et dans les huiles et sucs végétaux, il faut compter les huiles diverses, les résines, essence de térébenthine, caoutchouc, etc.

Voici à titre, d'indication, le commerce de produits chimiques de l'Allemagne et de l'Angleterre.

Commerce des produits chimiques proprement dits de l'Allemagne

	1910	
	Importations	Exportations
	(en mille francs)	
Produits chimiques divers.....	251.000	289.000
Couleurs et matières colorantes	22.290	294.020
Essences et parfums artificiels.....	40.250	29.500
Produits pharmaceutiques et autres.....	32.700	78.150

On estime qu'en 1913, la valeur des produits chimiques fabriqués par l'Allemagne dépassait 2.500 millions, et qu'elle en exportait pour près d'un milliard de francs.

Commerce des produits chimiques et matières premières de l'Angleterre

	1912	
	Importations	Exportations
	(en mille francs)	
Produits chimiques, drogues, couleurs ..	314.025	526.800
Produits oléagineux, huiles, etc	936.100	114.250
Peaux	343.000	50.700
Cuirs manufacturés	358.575	131.300
Verres et poteries	106.975	124.350

Pâtes de bois et chimiques	139.175	23.200
Papier.....	181.325	88.800
Houille, coke, etc	6.875	1.064.625
Minerais de fer, pyrites, etc	155.475	10.225
Autres minerais divers	226.400	2.875

En ce qui concerne nos transactions avec l'Allemagne, il peut être intéressant de noter que nous exportions dans ce pays pour 60 millions environ de produits chimiques divers, alors que les importations s'élevaient à 95 1/2 millions de francs. Ces chiffres montrent bien que nous étions tributaires de l'industrie allemande pour les produits organiques notamment.

*
*
*

Pour en revenir au commerce des produits chimiques en France, il y aurait lieu d'examiner chacun de ces compartiments, mais cela nous entraînerait à des développements excessifs. Nous nous bornerons donc en donnant dans le tableau suivant un résumé de la production des produits chimiques proprement dits, et en particulier des produits de l'industrie chimique minérale.

Tableau de la production et de la valeur des principaux produits minéraux (1)

Produits	Production en tonnes	Prix par tonne (en francs)	Total (mille francs)
Acide sulfurique	1.000.000	65	65.000
Oléum 30 %/0.....	100.000	90	9.000
Acide chlorhydrique 20° Bé	120.000	60	7.200
Acide nitrique 40° Bé .	15.000	360	5.400
Sel de soude	350.000	110	38.500
Soude caustique	75.000	275	20.625
Silicates de soude et de potasse	6.000	100	600
Potasse.....	8.000	800	6.400
Sulfate de fer	35.000	55	1.925
Sulfate d'alumine	10.000	140	1.400
Alun	3.000	160	480

(1) Les prix et les productions s'appliquent à une année normale (acide sulfurique et oléum exceptés).

Sulfate de cuivre	30.000	550	16.500
Sulfate de zinc	400	180	72
Sulfate de soude	100.000	60	6.000
Sulfate d'ammoniaque .	70.000	320	22.400
Nitrite de soude	1.000	650	650
Bisulfite de chaux.....	2.000	70	140
Bisulfite de soude.....	1.000	110	110
Sulfite de soude.....	500	220	110
Sulfure de sodium	4.000	140	560
Ferrocyanure de potas- sium	1.500	1.300	1.950
Chlorure de chaux .. .	45.000	160	7.200
Eau de Javel 45°	10.000	150	1.500
Chlorate de potasse....	4.500	1.000	4.500
Eau oxygénée 10 vol ..	6.000	250	1.500
Iode	60	35.000	2.100
Superphosphate de chaux 15 %/0	1.900.000	55	104.500
Cyanamide 15 %/0.....	7.500	230	1.725
Carbure de calcium ...	36.000	250	9.000
Tétrachlorure d'étain ..	6.000	2.000	12.000
Sel d'étain	125	2.600	325
Céruse	25.000	600	15.000
Minium	7.000	580	4.060
Blanc de zinc	12.000	880	10.560
Lithopone	6.000	350	2.100

Cette liste est loin d'être complète; elle montre cependant l'importance des transactions dans l'industrie minérale qui doivent atteindre près de 500 millions.

Il ne faudrait cependant pas fixer l'importance des transactions totales par simple addition des chiffres de la dernière colonne, car l'on arriverait à un total bien supérieur à la réalité. Cela provient du fait que certains produits, comme l'acide sulfurique et la soude, servent à la confection de matières secondaires.

Ainsi l'on produit pour 65 millions d'acide sulfurique; mais la plus grosse part, au moins 40 millions, sert, en temps normal, pour la fabrication des superphosphates, dont la valeur dépasse 100 millions. Le même acide sert à la préparation de la plupart des autres acides, des sulfates, etc. On peut faire la

même observation pour le sel de soude, dont la production représente le chiffre important de 40 millions qui, avec la soude caustique, peut s'élever à 60 millions de francs.

Parmi les produits que nous exportons, les produits chimiques figurent pour 30 millions, les superphosphates pour 15 millions, le carbonate de soude pour 8 millions, l'alumine anhydre pour 3 1/2 millions, la soude caustique pour 2 1/2 millions. Les couleurs minérales forment également un appoint important de notre exportation : les outremers (2.000 tonnes) pour 2 millions, le kermès minéral et les sels d'antimoine pour 1 million, des ocres naturels (25.000 tonnes) pour 1 1/2 million, etc.

Pour certains produits, nous sommes tributaires de l'étranger, notamment pour le nitrate de soude qui représente à lui seul près de 75 millions, les sels de potasse pour engrais pour 15 millions, une partie du sulfate d'ammoniaque et des sels ammoniacaux pour 8 millions, la potasse caustique et le carbonate de potasse pour 3 millions environ, le borate de chaux pour 2 millions, etc., parce que nous ne trouvons pas dans notre sous-sol ces matières nécessaires. Il n'en est pas tout à fait de même pour certain produits manufacturés, le sulfate de cuivre dont nous importons pour 8 millions, la totalité des bichromates (pour 2 millions), le chlorure de baryum (pour 400.000 francs), le permanganate (pour 300.000 francs), les couleurs bronze (278 tonnes) pour plus de 1 million, etc.

Pour les industries organiques, il est plus difficile d'établir une statistique pour les raisons que nous avons déjà exposées, à savoir qu'il est difficile de faire le partage entre les industries chimiques proprement dites et les industries annexes et connexes.

L'industrie sucrière représente une valeur de 240 millions; celle du caoutchouc au moins 150 millions; la panification représente à elle seule près de 2 milliards (la consommation en blé s'élève, pour une année normale, à 95 millions de quintaux, la ration de pain étant de 245 kgs par tête annuellement); la tannerie importe pour 220 millions de peaux; les industries textiles et les industries tinctoriales, qui en dépendent, utilisent pour 1.723 millions de matières premières. D'autre part, l'in-

industrie des huiles et des graisses représente, rien que pour la région de Marseille, un chiffre d'affaires de 350 millions; la consommation de stéarine se monte à 19.000 tonnes représentant une valeur de 22 millions; l'emploi du cacao dans l'industrie du chocolat est de 27.800 tonnes annuellement, soit environ 50 millions de francs; l'industrie des tartres se monte à au moins 52 millions; celle des résines, brais et térébenthines à environ 20 à 25 millions, etc.

Nous avons estimé, d'autre part, les industries organiques synthétiques, qui prennent le goudron de houille comme point de départ, à près de 50 millions, dont 25 millions environ sont importés; les poudres et explosifs, en temps normal, représentent 35 millions.

Voici un petit tableau qui donne quelques indications sur les productions et chiffres d'affaires de quelques autres industries organiques :

Produits	Production en tonnes	Prix par tonne (en francs)	Total (mille francs)
Benzol	12.000	250	3.000
Sulfure de carbone	6.000	500	3.000
Formaldéhyde	250	950	237
Méthylène 90° (hl.) ...	25.000	90	2.250
Acétate de chaux	10.000	200	2.000
Alcool (hl)	3.000.000	40	120.000
Fécule	35.000	350	12.250
Glucose	20.000	450	9.000
Glycérine 28°	9.000	1.600	14.400
Aniline	2.500	1.350	3.375
Naphtol	200	1.250	250
Diphénylamine	150	3.000	450

Il y a lieu de faire ici la même remarque que pour les produits minéraux, c'est-à-dire que l'on ne peut pas totaliser sans autre les chiffres ainsi obtenus. Ainsi le benzol sert de matière première pour l'aniline, la diphénylamine, etc.

A l'exportation, nous signalerons les extraits de châtaignier pour 15 millions environ (85.000 tonnes), la glycérine (7.000 t.) pour 11 millions, les savons (45.000 tonnes) pour 25 millions,

les produits tartriques pour 20 millions, le celluloïd brut pour 2 1/2 millions, etc.

Aux importations, nous avons déjà mentionné autrefois pour 15 millions de produits de distillation de la houille, pour 8 millions de produits intermédiaires, pour 8 millions de matières colorantes artificielles, pour 1 1/2 million de produits pharmaceutiques synthétiques, pour 2 millions de parfums synthétiques et de produits photographiques, pour 3 millions de sels de nicotine, puis des alcaloïdes naturels, des huiles déglycérinées, des lies de vin, du tartre brut, du citrate de chaux pour 3 millions, l'acétone et les produits de distillation du bois, etc.

COMPARAISON DES GRANDES NATIONS INDUSTRIELLES

Il peut être intéressant de comparer la situation industrielle de notre pays à celle des autres nations industrielles et ce rapprochement va nous montrer ce qu'il nous reste à faire.

Voici d'abord les chiffres du commerce extérieur (importations et exportations) pour 1912 :

Angleterre	33.885 millions.
Allemagne	24.265 »
États-Unis	19.741 »
France	14.943 »

Les chiffres pour 1913 sont sensiblement du même ordre et les années de guerre 1914/1916 ne peuvent entrer en ligne de compte pour les pays européens. parce que, par suite des événements particuliers que nous traversons, le rapport entre les importations et les exportations, et le commerce en général, ont été complètement modifiés. Il faut noter cependant le développement pris par le commerce des Etats-Unis qui s'est élevé, en 1915, à 26.140 millions, dont 8.640 millions à l'importation et 17.500 millions à l'exportation. On voit l'accroissement provoqué par suite de la situation privilégiée de ce pays au cours de ces événements.

Mais ce qu'il importe de faire remarquer plus particulièrement, c'est que si le commerce français a doublé de 1891 à 1913 (7.673 millions en 1891 à 15.383 millions en 1913), il a plus que

triplé en Allemagne dans le même laps de temps (8.247 millions en 1891 à 25.970 millions en 1913) et les exportations de ce pays ont passé de 4.331 millions à 13.370 millions. Voilà un fait très important à retenir et qui montre l'avance prise par l'Allemagne sur toutes les autres nations. Nous n'attachons, en ce qui nous concerne, qu'une valeur relative au rapport entre les importations et les exportations, malgré certaines théories chères aux économistes qui tiennent à la balance économique. Les théories des économistes se sont trouvées compromises trop souvent pour être considérées comme des dogmes ; il suffit d'ailleurs de faire remarquer qu'en Angleterre les importations dépassent de beaucoup les exportations (19.610 millions contre 13.400 millions) ce qui n'empêche pas ce pays d'être le plus riche du monde.

Voici quelques tableaux qui permettront de comparer entre elles les quatre grandes nations au point de vue économique et industriel.

	États-Unis	Allemagne	Angleterre	France
Population (millions)	100	70	48	40
		(en millions de francs)		
Importations	9.088	13.370	19.610	8.508
Exportations	12.000	12.600	13.400	6.875
Commerce total	21.088	25.970	33.010	15.383
Fortune.....	1.150.000	425.000	450.000	350.000
Revenu total	»	52.500	60.000 (1)	30.000
Impôts	6.000	4.000	5.000	5.000

Au point de vue industriel, le tableau suivant n'est pas dépourvu d'intérêt ; nous y avons ajouté en outre la production mondiale :

(1) D'après des données plus récentes (1916), ce chiffre doit être élevé à 95 milliards, soit 2.075 francs par tête. Par suite de la guerre les impôts s'élèvent, en 1916, à 237 fr. 50 par tête d'habitant.

Tableau comparatif de la production et de la consommation des grands produits industriels, en tonnes (1).

	Etats-Unis	Allemagne	Angleterre	France	Mondiale
Production de houille	443,000,000	191,000,000	272,000,000	40,000,000	1,075,000,000
» de coke	40,000,000	32,168,000	20,000,000	2,900,000	90,500,000
» de fonte	30,000,000	19,000,000	11,000,000	5,500,000	80,000,000
» de lignite	»	87,000,000	»	792,793	»
Importation de coton	»	630,344	988,320	329,136	5,449,540
Consommation de coton	1,192,300	384,245	302,281	250,000	»
Consommation de laine	214,200	214,000	327,600	189,000	1,260,000
Broches de filature pour coton (unités)	31,523,000	11,000,000	55,165,000	7,500,000	145,000,000
Production de zinc	308,549	277,051	58,298	63,412	973,540
» de cuivre	589,100	41,100	52,100	12,000	1,005,900
» de plomb	407,800	181,100	30,500	28,000	1,186,700
» d'aluminium	22,500	(?) 3,000	7,500	18,000	68,300
» de nickel	15,000	5,000	5,200	2,000	30,000
» d'étain	»	12,412	18,300	500	118,200
Production d'acide sulfurique 66° Bé	2,200,000	1,600,000	1,150,000	1,000,000	10,500,000
» de sel de soude	675,000	550,000	750,000	350,000	3,500,000
» de superphosphates	3,248,000	1,818,700	820,000	1,920,000	10,870,000
» de sel	3,077,000	2,994,000	2,083,000	1,150,000	15,455,000
» de sulfate d'ammoniaque	155,000	550,000	432,000	68,500	1,800,000
» de chlorure de chaux	90,000	70,000	115,000	45,000	350,000
» de cyanamide calcique	64,000	36,000	»	7,500	210,000
Importation de nitrate de soude	635,905	774,320	143,190	322,115	2,783,440
Consommation de potasse (K ² O)	248,294	604,283	17,480	49,437	1,126,100
Production de sucre de betteraves	700,000	2,738,000	»	800,000	9,000,000
» d'alcool (hl)	3,650,000	3,750,000	1,193,000	3,100,000	22,900,000
» de benzol (tonnes)	90,000	250,000	80,000	12,000	137,000
Consommation de caoutchouc	90,000	20,500	15,000	16,000	32,000
Gaz de houille (millions mètres cubes)	»	2,700	5,500	1,350	»

(1) Les indications de ce tableau, qui sont des moyennes, se rapportent à une année normale, généralement 1913 ou 1914 (voir les diverses annexes).

Nous avons déjà eu l'occasion d'examiner certains de ces chiffres au cours de notre travail. Au point de vue absolu, la France occupe, sauf exceptions, le quatrième rang parmi les nations industrielles. On peut, il est vrai, arriver à une autre interprétation en déterminant les productions et les consommations par tête d'habitant. On arrive ainsi aux deux tableaux qui suivent :

	Etats-Unis	Allemagne	Angleterre	France
Fortune (en francs).....	11.250	6.700	10.465	8.750
Revenu (en francs).....	"	750	1.325	750
Impôts (en francs).....	60.00	54.50	105.90	105.60
Commerce extérieur (francs).	210.80	346.60	788.00	374.60
Production de houille (tonnes)	4.54	2.70	4.08	1.00
» de coke (tonnes).	0.4	0.46	0.46	0.0725
» de fonte (tonnes).	0.307	0.27	0.255	0.125
Consommation de coton (kil.).	11.92	9.3	23.0	8.2
» de laine (kil.).	2.14	3.06	7.62	4.72
Consommation de produits textiles (francs).....	"	73.65	82.40	82.80
Production de sel (kilogr.)...	30.77	42.8	48.4	29.0
Consommation de nitrate (k.).	6.35	11.0	3.33	8.05
» de potasse (k.).	2.48	8.63	0.40	1.05
Production de sucre (kilogr.).	7.00	39.1	"	20.0
» d'alcool (litres)...	2.65	5.36	2.50	7.75

Pour les produits chimiques proprement dits et certains métaux, on aura les valeurs suivantes :

Produits	Etats-Unis	Allemagne	Angleterre	France
	(production en kgs. et par tête d'habitant)			
Acide sulfurique.....	22.0	23.0	27.0	25.0
Sel de soude.....	6.75	7.85	16.3	8.25
Sulfate d'ammoniaque.....	1.55	7.85	10.0	1.7
Superphosphates.....	32.48	26.00	19.00	48.00
Chlorure de chaux.....	0.9	1.0	2.67	1.10
Cyanamide calcique.....	0.64	0.493	"	0.187
Zinc.....	3.08	3.98	1.35	1.585
Cuivre.....	5.89	0.59	1.21	0.3
Plomb.....	4.07	2.6	0.71	0.7
Aluminium.....	0.225	0.043	0.174	0.45
Nickel.....	"	0.071	0.121	8.05
Etain.....	"	0.177	0.43	0.012

Ces chiffres mériteraient quelques commentaires à différents points de vue. On y verra surtout que la situation industrielle de la France se trouve sensiblement améliorée pour certains produits. Ainsi pour la production de l'acide sulfurique et de la soude, notre pays égale les Etats-Unis et l'Allemagne ; pour la production des superphosphates, il vient en toute première ligne.

Quant aux industries houillères et métallurgiques, la France ne peut prétendre, pour le moment, occuper une situation de premier plan ; si elle possède les mines de fer les plus riches, elle n'est, malheureusement, pas encore en possession de la houille nécessaire pour leur mise en valeur.

On peut, évidemment, discuter sur la valeur de ces chiffres pour exprimer la capacité industrielle des diverses nations et les interprétations peuvent varier. Ainsi si l'on groupe les nations d'après l'accroissement de la population, on constate que la France passe au second rang après l'Allemagne quant aux progressions des exportations. Il est possible de faire dire aux chiffres un peu ce que l'on veut, et c'est une des raisons pour lesquelles nous nous abstenons de les commenter plus longuement.

CONCLUSION

Nous sommes arrivés au terme de nos études et une conclusion s'impose.

Si, au cours de ces études, nous nous sommes arrêtés plus complaisamment à étudier un certain nombre de fabrications, que nous connaissons plus particulièrement, aux dépens d'autres qui ont été traitées plus sommairement, nous espérons cependant qu'il se dégage de notre travail une vue d'ensemble. Si, dans le domaine des industries minérales, nous occupons une place satisfaisante, il reste par contre un effort considérable à faire dans le domaine de certaines industries organiques, et en particulier dans celles qui prennent le goudron de houille comme point de départ.

Au cours de ces études nous avons eu l'occasion d'indiquer plusieurs fois les raisons de cet état de choses : enseignement technique insuffisant en chimie organique, lacunes et insuffisances de notre loi des brevets, manque d'initiative de certains industriels, conditions financières et économiques particulières, etc.

Mais, et nous nous permettons d'insister sur ce point, il se dégage de ces études, malgré tout, une impression reconfortante et qui est confirmée par l'admirable effort de toute la nation en vue de la défense nationale.

La mobilisation industrielle, après les tâtonnements et les hé-

sitations du début, a pris, de plus en plus, une ampleur et un développement extraordinaires.

Il faut, cependant, que nous le répitions : pour avoir une industrie florissante, il nous faudra des hommes en quantité et en qualité. Le problème de la natalité se pose d'une façon inéluctable, et ce sera la tâche des hygiénistes et des économistes de l'envisager, à tous les points de vue, pour enrayer une tendance qui risque de stériliser sans cela le bel effort que nous venons de faire.

Car le problème de la natalité est, avant tout, un problème d'ordre moral qui, jusqu'à présent, était régi par la loi du moindre effort. Or, dans ce domaine, comme dans tous les autres domaines : scientifique, commercial et industriel, il faut absolument que les Français redeviennent partisans du plus grand effort. Ce n'est qu'ainsi que nous reprendrons la place que nous occupions autrefois et que, par indolence, nous avons laissé prendre par d'autres.

Il vient se greffer sur ce problème de la natalité une série d'autres problèmes qu'il s'agit également de résoudre, tels que le redoutable fléau de l'alcoolisme avec tous les maux qu'il engendre, la question des logements salubres, de l'assistance et de l'enseignement.

C'est dans ce dernier domaine en particulier que nous aurons des efforts considérables à faire. On ne saurait jamais assez insister sur le fait que nous sommes en retard, au point de vue de l'enseignement, sur l'Allemagne, la Suisse, le Danemark ; que les 9/10 de notre jeunesse n'ont aucune éducation professionnelle. Il faudra donc multiplier les écoles de métiers et les écoles professionnelles et ne pas hésiter, s'il le faut, à rendre l'instruction professionnelle obligatoire.

Dans le domaine de l'enseignement secondaire, il nous faudrait un enseignement plus pratique, plus conforme aux réalités économiques et industrielles et n'exagérant pas l'étude de la littérature et des mathématiques.

Il nous faudra aussi réformer notre enseignement supérieur, notamment en matière technique, donner une plus large part aux travaux pratiques de laboratoire et diminuer les cours et

les conférences dont la proportion par rapport aux exercices pratiques est absolument exagérée.

Il y aura aussi lieu de supprimer le concours qui limite l'entrée de nos écoles spéciales et qui leur confère un monopole qui n'est pas sans danger et sans inconvénients pour le développement industriel de la nation.

D'une façon générale, développer l'action, l'initiative et l'audace, alors que notre enseignement produisait surtout des penseurs et des littérateurs.

..

La France, avec son admirable climat, son sol fertile, sa situation géographique incomparable devrait être le premier pays du monde. Située sur deux mers, dont l'une, l'Océan, est le boulevard du monde, elle pourrait posséder un trafic maritime de premier ordre. Mais dans ce domaine encore, il faut que les intérêts particuliers s'effacent devant les intérêts-généraux. Il nous faut renoncer à notre individualisme exagéré, qui n'est souvent qu'une des formes de l'égoïsme mal entendu et une des causes profondes de notre décadence économique et industrielle.

Il faut que le Français de demain se fasse une nouvelle mentalité et que, sans abdiquer sa personnalité qui lui est propre, il renonce aux mesquineries du passé pour voir, dans l'avenir, grand et loin.

Pour aboutir, il nous faudra une organisation qui ne sera pas nécessairement celle de nos ennemis, mais qui tiendra compte de notre mentalité, des qualités et des défauts inhérents à notre race. Toutefois, qui dit organisation dit discipline, subordination des intérêts particuliers aux intérêts généraux, efforts continus, méthodiques et convergents, une série de facteurs indispensables au succès et que nous avons un peu trop désappris depuis un demi-siècle. Cette coordination des efforts sera particulièrement nécessaire aussi pour les forces techniques et scientifiques qui ne doivent plus être séparées comme autrefois par des cloisons étanches.

Le retour de l'Alsace française avec sa population sobre,

probe, honnête et laborieuse et qui possède des traditions industrielles lointaines, solides et éprouvées, sera, à tous les points de vue, une acquisition de tout premier ordre. Par la réintégration de cet élément pondéré, on rétablira l'équilibre qui avait été rompu, il y a quarante-cinq ans, en donnant à certains éléments de notre population un peu trop exubérants, et qui prennent trop souvent la parole pour l'action, une part prépondérante dans nos destinées.

Enfin, il y a un point sur lequel nous ne pourrons jamais assez insister : c'est sur le rôle que doit jouer le chimiste dans l'avenir. La guerre a démontré jusqu'à l'évidence son importance sociale, industrielle et nationale et il faut qu'il prenne désormais la place qui lui revient et que lui seul est à même de remplir. La rénovation de l'industrie chimique ne peut venir que du chimiste ; le chimiste seul, et non pas l'ingénieur, peut la faire progresser. C'est donc au chimiste que doit revenir la direction de nos entreprises chimiques et ce n'est qu'ainsi que nous aurons une industrie chimique grande, forte et prospère.

« Que le règne de la chimie arrive ! »

PRIX DES PRODUITS CHIMIQUES (Place de Paris)

M = manque

(H P) = hors Paris

		Cours au 30 juin 1914	Cours au 30 juin 1915	Cours au 30 juin 1916
		fr. c.	fr. c.	fr. c.
MÉTAUX NEUFS				
Antimoine (régule)	les 100 kil.	65 »	325 »	300 »
» (sulfure du Japon)	»	40 »	175 »	275 »
Cuivre Barres Chili américain, marques ordinaires	les 100 kil.	161 »		
» » » 1 ^{res} marques	»	161 75	M	M
» lingots et plaques, Havre ou Rouen	»	169 75	265 »	397 50
Minerai de Corocoro	Havre	160 »	221 »	M
Etain Banka	Havre ou Paris	384 »	472 »	M
» Billiton	»	M	M	M
» des Détroits	Havre.	371 »	480 »	530 »
» Anglais de Cournouilles, Paris	»	365 »	470 »	538 »
Mercure en potiches	Paris. le kil.	5 15	14 »	16 90
Nickel	»	4 50		
Plomb de provenances diverses Rouen et Havre	les 100 kil.	57 50	77 »	95 »
» » » Paris	»	58 »	77 50	95 50
Zinc de Silésie	Havre	63 50	M	
» autres bonnes marques	»	58 50	M	
» » » Paris	»	58 50	255 »	175 »
MÉTAUX VIEUX				
Mitraille cuivre rouge non étamé	»	150 à 160	175 à 180	255 à 260
Mitraille d'étain	»	285 à 290	295 à 300	280 à 285
Rognures de zinc	»	48 »	140 »	140 à 145
Vieux zinc couvertures	»	45 à 46	130 »	125 à 130
« chiffonnier	»	40 à 42	125 »	115 à 120

	Cours au 30 juin 1914	Cours au 30 juin 1915	Cours au 30 juin 1916
	fr. c.	fr.	fr. c.
MÉTAUX VIEUX (suite)			
Cendres de zinc (fonderie).....	» 20 »	50 »	55 »
Oxydes de zinc galvanisation.....	» 19 »	45 »	52 »
Mattes de zinc, pains non brûlés.....	» 48 »	160 »	105 à 110
Vieux plomb, planches et tuyaux.....	» 43 à 44	60 »	68 à 72
» » refondu.....	» 39 à 40	56 »	58 à 62
ENGRAIS			
Cyanamide à 15 o/o d'azote, franco... les 100 kil.	23 »	24 »	35 »
» à 17 — 20 o/o » l'unité »	1 60	1 60	»
Nitrate de Chaux 13 o/o d'azote (en fûts de 100 kil. Net, sur wagon Rouen) .	22 50	M	M
Nitrate de soude (Dunkerque) livrable 1914..... les 100 kil.	25 »	34 (*)	45 (*)
Sulfate d'ammoniaque 20/21 o/o (gare Paris) livrable..... »	30 »	40 »	56 »
Corne torréfiée..... L'unité,	2 »	2 40	3 30
Cuir »..... »	1 40	2 10	2 10
» détanné..... »	1 00	2 20	2 50
Sang desséché..... L'unité,	2 30	2 50	3 50
Phosphates Algérie Tunisie 58/63 caf. mer du Nord et Atlantique..... »	0 54	»	»
» » » 63/68 »..... »	0 56	»	»
» Land Pebble 68/72 »..... »	5 d. 1/2	»	»
» précipités d'os..... »	0 42	»	»
Superphosphates d'os pur..... »	0 55	0 70	1 »
» minéraux..... »	0 37	0 60	0 90
Poudre d'os dégelatinés..... les 100 kil.	11 »	11 »	19 »
Sulfate de potasse. Base 90°. Esc. 3 o/o Gares du départ, du Nord..... »	22 75	M	M
Chlorure de potassium » »..... »	21 25	M	M
Sulfate de fer cristaux et menus sels . . Gare Paris..... »	6 »	8 50	11 à 12
Sulfate de cuivre..... »	55 »	72 50	150

(*) Nitrate de soude (à Nantes et à La Pallice).

	Cours au 30 juin 1914	Cours au 30 juin 1915	Cours au 30 juin 1916
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
PRODUITS CHIMIQUES			
Acétate d'Alumine 10° Blond.. (H P), les 100 kil.	18 »	45 »	50 »
» » 15° Blanc... » . »	27 »	55 »	60 »
» d'Amyle » . le kil.	2 50	4 à 4 50	M
» de Cuivre (poudre Verdet) » . les 100 kilo	180 »	285 »	540 »
» de Plomb 1 ^{er} blanc..... » . »	80 »	180 »	340 »
» de Soude cristallisé..... » . »	40 »	55 »	175 »
» » Neige..... » . »	39 »	50 »	175 »
Acétone en tourie..... » . »	210 »	375 »	650 »
Acide Acétique 40 o/o bon goût, » . »	50 »	65 »	550 »
» » 80 o/o..... » . »	100 »	130 »	450 »
» » 40 o/o Industriel » . »	35 »	55 »	225 »
» » 35 o/o » . »	33 »	53 »	200 »
Acide Azotique (Voir acide nitrique) ..			
» Borique poudre les 100 kil.	82 50	122 »	204 50
» » cristallisé..... »	77 50	115 »	198 50
» » demi-pailettes..... »	82 50	122 »	204 50
» » pailettes..... »	85	125 »	207 50
» Citrique »	590 »	775 »	1275 »
Acide Fluorhydrique »	87 50	150 »	200 »
» Lactique industriel 50 o/o..... »	70 »	M	180 »
» Muriatique 22° chimiquement pur »	32 »	32 »	200 »
» » 20/21° par 15 touries »	7 50	17 à 19	25 »
» Nitrique 36° blanc..... »	33 »	60 »	80 »
» » » jaune..... »	32 »	55 »	75 »
» » 40° blanc..... »	39 »	66 »	90 »
» » » jaune..... »	38 »	55 »	80 »
» » 36° chimiquement pur »	52 »	120 »	M
» » 40° » » » » »	58 »	140 »	M
» Oxalique..... »	90 »	380 »	1000 »
» Phénique cristallisé 35°..... »	150 »	M	M
» » neige..... »	190 »	M	M
» » liquide 97/98° ambré. »	50 »	100 »	150 »
» Phosphorique 60°..... »	200 »	320 »	325 »
» Phosphorique 45°..... »	90 »	160 »	200 »
» Sulfureux par 15 touries..... »	5 »	17 »	19 »
» Sulfurique 53°..... »	6 »	8 »	11 »
» » 60°..... »	6 50	10 »	18 »

	Cours au 30 juin 1914	Cours au 30 juin 1915	Cours au 30 juin 1916
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
PRODUITS CHIMIQUES (suite).			
Acide Sulfurique 66° les 100 kil.	7 75	16 "	35 "
» » 66° chimiquement pur..... »	34 "	125 "	M
» » 66° au soufre..... »	18 25	25 "	42 "
» Tartrique 1 ^{er} blanc, cristallisé, poudre ou granulé..... »	290 "	430 "	1100 "
Alcali-Volatil du gaz 22°..... »	37 "	46 "	68 "
» » » 28/29°..... »	72 "	M	"
Alun épuré..... »	21 "	55 "	"
» ordinaire..... »	18 "	40 "	80 "
» de Chrome..... »	42 "	M	500 "
Arséniate de Potasse..... »	160 "	M	460 "
» de Soude cristallisé..... »	52 "	80 "	130 "
Arsenic poudre..... »	36 "	55 à 60	140 "
» rouge (voir à Orpin)..... »	"	"	"
Azotate d'Argent cristallisé ou fondu.. le kil.	81 "	78 "	74 "
Benzine cristallisable.....(H.P) les 100 kil	47 "	180 "	375 "
» lourde industrielle..... » l'hecto.	43 "	125 "	160 "
» légère..... »	75 "	"	"
Bicarbonate de Soude français..... les 100 kil.	17 50	31 "	45 "
Bi-Chromate de Potasse..... »	80 "	250 "	650 "
» de Soude..... »	70 "	100 à 110	550 "
Bisulfite de Chaux 11°..... »	8 50	16 à 17	20 "
» de Potasse..... »	85 "	M	M
» de Soude 30°..... »	12 "	24 "	26 "
» » 35°..... »	13 "	28 "	29 "
Borax raffiné en cristaux..... »	55 "	75 "	117 50
Borax poudre..... »	57 50	77 50	120 50
Camphre raffiné en pains..... »	450 "	610 "	640 "
Carbonate d'Ammoniaque anglais..... »	98 "	120 "	190 "
» de Soude cristallisé..... »	8 "	12 50	13 50
Carbure de Calcium, tout venant (H.P) »	25 "	35 "	65 "
Caséine insoluble..... »	105 "	120 "	275 "
» solubilisée..... »	105 "	120 "	275 "
Cérésine blanche.....(H.P) »	300 à 350	300 à 400	325 à 400
» jaune natur, orange ou rouge » »	310 à 320	"	315 à 340
Chlorate de Potasse cristaux..... »	107 50	210 "	275 "

	Cours au 30 juin 1914		Cours au 30 juin 1915		Cours au 30 juin 1916		
	fr.	c.	fr.	c.	fr.	c.	
PRODUITS CHIMIQUES (suite).							
Chlorate de Potasse poudre.....	les 100 kil.	112	50	215	»	280	»
Chlorate de soude.....	»	115	»	200	»	250	»
Chlorure de Baryum cristallisé.....	»	16	50	40	»	110	»
» de Calcium fondu.....	»	12	»	25	»	63	»
Chlorure de Carbone (Tetra).....	»	90	»	M		550	»
» de Chaux 105/110°.....	»	17	50	45	»	76	»
» de Magnésium fondu.....	»	12	»	20	»	M	
» de Zinc 48° exempt de fer...	»	20	»	55	»	84	»
» » 45° ordinaire.....	»	18	»	50	»	80	»
Chromate jaune de Potasse.....	»	160	»	M		600	»
Cire végétale blanche du Japon (H P)	»	140	»	150	»	210	»
Colle de Poisson de Chine en galettes .	le kil.	6	»	12	»	12	»
» » de Cayenne extra.....	»	7	50	12	»	12	»
» » du Brésil (vessies)...	»	13	»	13	»	13	»
» » de Russie Saliansky naturelle extra.....	»	27	»	50	»	50	»
» végétale du Japon (agar-agar)...	les 100 kil.	475	»	490	»	700	»
Crème de tartre entière.....	»	235	»	360	»	550	»
» » en poudre.....	»	235	»	365	»	495	»
Cyanure blanc de Potassium pur.....	»	185	»	500	»	M	
Dextrine blonde citron.....	»	55	»	120	»	110	»
» blanche.....	»	57	»	125	»	125	»
Eau oxygénée 10 à 12 volumes indus- trielle.....	»	28	»	40	»	75	»
Emétique cristallisé.....	»	260	»	M		M	
Gélatine blanche Rousselot marque » Diamant.....	le kil.	5	»	5	»	6	50
» demi-blanche Rousselot super- » fine « Or ».....	»	3	70	4	25	5	75
» Jacquand-Coignet.....	»	3	35	3	35	3	35
» poudre pour bains.....	»	1	25	»		»	
Glycérine blanche pure 30°.....	les 100 kil.	217	50	290	»	425	»
» blanche industrielle 28°.....	»	180	»	230	»	300	»
» blonde, claire, extra 28°.....	»	175	»	200	»	330	»
» » » ordin. 28°.....	»	140	»	180	»	300	»
» brune 28°.....	»	120	»	120	»	190	»
Goudron de Norvège (en fûts pétroliers)	»	30	»	50	»	90	»

		Cours au 30 juin 1914	Cours au 30 juin 1915	Cours au 30 juin 1916
		fr. c.	fr. c.	fr. c.
PRODUITS CHIMIQUES (suite).				
Hyposulfite de soude photographique..	les 100 kil.	21 "	80 "	60 "
Iode bi-sublimé	le kil.	37 "	48 "	60 "
Lessive Caustique de Potasse 36°.....	les 100 kil.	33 "	M	M
" " " 40°.....	"	43 "	M	30 "
" " de Soude 36°.....	"	14 "	18 "	26 50
Menthol boîte d'origine 2 kil. 500	le kil.	40 "	30 "	56 "
Métabisulfite de Potasse cristallisé.....	les 100 kil.	85 "	M	"
Méthylène 90° (H.P.)	l'hecto.	95 "	M	250 "
Naphtaline cristaux (H.P.).....	les 100 kil.	19 "	M	M
" pulvérisée	"	19 "	M	240 "
" en bâtons hexagonaux	"	22 "	M	M
" en boules..... en sacs.	"	22 "	M	240 "
" sublimée	en sacs.	23 "	M	240 "
Nitrate de Plomb.....	"	83 "	120 "	270 "
Orpin	"	68 "	100 "	280 "
Oxyde d'Antimoine blanc	"	55 "	275 "	250 "
Oxyde de Chrome vert	le kil.	2 50	4 "	10 "
" de Cobalt noir	"	14 75	16 "	18 "
" " gris.....	"	16 10	19 50	21 "
Oxyde de Cuivre noir en grains	les 100 kil.	205 "	M	M
" " noir en poudre	"	170 "	300 "	500 "
" " rouge en poudre....	"	210 "	310 "	550 "
" d'Étain	"	390 "	M	M
" de Nickel vert.....	"	425 "	600 "	800 "
" " noir.....	le kil.	4 50	7 "	9 50
" d'Urane.....	"	28 "	40 "	40 "
Ozokérite (H.P.).....	les 100 kil.	225 à 250	250 à 320	M
Panama (Quillay).....	"	95 "	125 "	160 "
Paraffine demi raffinée blanche 48/50° (H.P.).....	"	95 "	125 "	175 "
" " blanche 50/52° (H.P.)	"	100 "	140 "	180 "
Permanganate de potasse	"	135 "	900 "	1350 "
Polysulfure de potassium	"	52 "	65 "	65 "
Potasse d'Amérique véritable	"	110 "	200 "	300 "
Potasse imitation d'Amérique 66/70°..	"	39 "	"	"
" " " 52/55°..	"	33 "	"	"
" " " 45°..	"	30 "	"	"

	Cours au 30 juin 1914	Cours au 30 juin 1915	Cours au 30 juin 1916
PRODUITS CHIMIQUES (suite).			
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Potasse caustique 70/75 plaques..... les 100 kil.	61 »	M	960 »
» » solide 74/76..... »	45 »	M	M
» » » 70/72..... »	42 »	M	M
» Perlasse 1 ^{re} qualité..... »	85 »	M	M
» » ordinaire 75/80°..... »	32 »	M	M
» rose factice..... 90/92°..... »	25 »	»	»
Prussiate jaune de potasse..... »	145 »	400 »	1000 »
Prussiate rouge de potasse..... »	290 »	1200 »	1850 »
Salpêtre cubique en masse (de soude).. »	40 »	M	75 »
» neige (de soude)..... »	39 »	60 »	72 50
» raffiné neige (de potasse) »	56 »	160 »	190 »
» » masse..... »	58 »	M	M
Sel ammoniac blanc pour piles 98/99.. »	69 »	125 »	150 »
» » gris en pains..... »	145 »	250 »	360 »
» d'étain 52 0/0..... »	250 »	325 »	450 »
» de soude Solvay 90/92..... »	12 »	17 à 18	21 »
» de soude » 65/70..... »	22 50	M	M
» » » 75/80..... »	23 50	M	M
» » » 80/85..... »	24 50	M	41 »
Silicate de soude neutre 35/37..... »	8 »	16 »	25 »
» » alcalin 45°..... »	10 50	18 »	M
» de potasse industriel..... »	18 »	30 »	M
» » pharmaceutique.... »	20 »	55 »	M
Soude caustique 60/62 en cylindres .. »	29 50	M	M
» » 70/72..... »	30 25	41 50	M
» » 60/62, plaquettes.... »	32 75	M	59 »
» » 70/72..... »	33 25	44 50	64 »
Sucre de lait en poudre..... »	160 »	200 »	400 »
Soufre en canons..... »	18 50	32 »	40 »
Soufre (fleur)..... »	21 »	36 »	45 »
Sulfate d'alumine épuré..... »	16 »	30 »	58 »
» » » exempt de fer. »	19 »	»	»
Sulfate de baryte naturel en poudre impalpable qualité extra blanche			
franco Paris..... »	8 50	9 50	40 à 45
» » qualité blanche... »	7 50	8 50	30 »
» » autres qualités.... »	6 50 à 4 »	7 50 à 5	18 à 20
(logé en fûts de 50 kil.)			

	Cours au 30 juin 1914	Cours au 30 juin 1915	Cours au 30 juin 1916
PRODUITS CHIMIQUES (suite).			
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Sulfate de Magnésie industriel les 100 kil.			
Sulfate de Manganèse soc			
» de Nickel ammoniacal (double)	8 50	26 »	45 »
» » pur (simple).....	65 »	100 »	250 »
Sulfate de Soude.....	85 »	170 »	170 »
» de zinc exempt de fer, aiguilles.	95 »	180 »	165 »
» » » ordinaire.	6 50	16 à 17	»
Sulfure de sodium.....	21 »	50 »	85 »
Sulfure de potasse	20 »	52 »	80 »
» de carbone (H. P.).....	17 »	50 »	70 »
Tartrate neutre de Potasse.....	33 »	M	M
	60 »	70 »	90 »
	280 »	M	M
COULEURS ET VERNIS			
Blanc de Zinc Neige poudre cire verte, Vieille Montagne	95 »	180 »	285 »
Blanc de Zinc N° 1 poudre cire rouge, Vieille Montagne	76 »	160 »	250 »
Blanc de Zinc N° 2 poudre cire bleue, Vieille Montagne	74 »	»	»
Blanc de Zinc Neige broyé cire verte, Vieille Montagne	109 »	»	»
Blanc de Zinc N° 1 broyé cire rouge, Vieille Montagne.....	88 »	165 »	255 »
Blanc de Zinc N° 2 broyé cire bleue, Vieille Montagne	26 »	»	»
Blanc de Zinc Neige non foulé, Vieille Montagne.....	110 »	200 »	305 »
Blanc de Zinc N° 1 non foulé, Vieille Montagne.....	85 »	180 »	290 »
Céruse broyée surfine	73 »	»	»
» N° 1	61 »	»	»
» poudre garantie pure.....	63 »	»	170 »
Colcotar en poudre.....	22 »	»	»
Essence de Térébenthin (H. P.)	90 »	90 »	130 »
Gomme laque cerise A. C	190 »	170 »	245 »
» » autre marque	200 »	200 »	290 »
» » feuille orange T. N....	185 »	180 »	280 »
» » feuille orange extra....	215 »	225 »	310 »
Litharge poudre pure	63 »	85 »	140 »

	Cours au 30 juin 1914	Cours au 30 juin 1915	Cours au 30 juin 1916
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
COULEURS ET VERNIS (suite).			
Litharge paillettes les 100 kil.	64 »	90 »	141 »
Lithopone (cachet rouge) par 10 tonnes, gare Paris..... »	10 »	75 »	170 »
Minium de fer »	11 »	»	»
» de plomb garanti pur pour cris- tallerie »	60 »	105 »	140 »
Minium de plomb garanti pur pour peinture..... »	59 »	97 »	133 »
Minium de plomb surfin pour peinture..... »	56 »	93 »	118 »
» » N° 1..... »	53 »	92 »	113 »
» » N° 2..... »	51 »	75 »	98 »

Le Commerce Extérieur de la France en 1915, 1914, 1913 et 1916 ⁽¹⁾

IMPORTATIONS EN FRANCE

COMMERCE SPÉCIAL

Produits et dépouilles d'animaux

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Suif	{ Etats-Unis.....	20.935	26.539	65.195	20.476
	{ Uruguay.....	2.312	1.093	2.676	2.538
	{ République-Argentine.....	20.390	24.705	26.666	51.543
	{ Autres pays.....	58.121	119.561	70.541	86.810
Totaux.....		101.758	171.898	165.078	161.467
Margarine et substances similaires....		284	457	341	4.017
Dé gras de peaux.....		»	»	»	»
Cire	{ brute.....	5.163	3.559	4.120	10.003
	{ blanche.....	192	270	226	109
Jaunes d'Œufs impropres aux usages alimentaires.....		4.451	6.454	12.533	4.453
Engrais organiques	{ Guano { Pérou.....	»	»	16	»
	{ Guano { Autres pays....	272	25.022	13.500	2.155
Totaux.....		272	25.022	13.516	2.15
Autres.....		36.970	309.066	820.441	44.184
Os calcinés à blanc.....		7	6.178	26.274	5.921
Noir d'os (noir animal).....		1.967	7.827	13.258	2.706
Oreillons.....		3.084	55.909	142.980	7.464
Produits et dépouilles d'animaux non dénommés.....		1.564	30.630	54.403	2.918
Pêches					
Graisses de poisson	{ Huiles de baleine.....	17.938	8.327	10.17	13.092
	{ — de morue.....	20.116	16.254	33.182	17.489
	{ Autres.....	51.749	50.745	56.456	53.758

(1) Les chiffres pour 1916 n'ont pu être ajoutés qu'au cours de la composition, ce qui explique l'arrangement anormal des tableaux.



Marchandises et provenances	1915	1914	1913	1916
	Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Blanc de baleine et de cachalot....	116	62	98	70
Peaux de phoques, brutes.....	»	154	1.315	177
Vessies natatoires de poissons.....	381	614	837	348

Substances propres à la médecine et à la parfumerie

Eponges	{	brutes.....	1.935	2.038	3.127	2.507
		préparées.....	5	31	51	8
Musc (pur, vésicules pleines ou vides et queues de rats musqués).....			162	105	45	318
Cantharides desséchées, civette castoréum et ambre gris.....			250	41	106	145
Autre substances.....			439	258	645	1.303

Huiles et sucs végétaux

Huiles fixes pures	{	d'olive	Espagne.....	32.960	19.270	11.849	91.712
			Italie.....	10.875	9.233	13.503	5.189
			Algérie.....	49.973	40.693	10.718	76.146
			Tunisie.....	57.138	99.147	106.517	75.445
			Autres.....	3.717	2.711	14.825	2.316
Huiles fixes pures	{	de palme	Etats franç. de la Côte occident. d'Afrique.....	133.787	92.474	145.710	177.348
			Poss. angl. d'Afrique (Partie occidentale).....	55.794	13.935	6.547	142.066
			Autres pays.....	19.891	24.625	19.269	27.867
			Totaux.....	209.472	131.034	171.526	347.281
			de coco, de touloucouna, d'ilipé et de palmiste.....	3.542	15.878	38.561	15.401
Huiles fixes pures	{	de coton destinées à la savonnerie ou à la fabr. graisses alimentaires.	de ricin et de pulgère.....	6.431	2.598	2.266	12.607
			de lin.....	51.781	14.189	23.034	123.457
			Etats-Unis..	42.931	31.844	36.227	33.085
			Autres pays.	18.719	7.218	15.278	13.063
			Totaux.....	61.650	39.062	51.505	46.148

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916
—		—	—	1913	—
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Huiles	de coton autres (Etats-Unis).	52.406	4.264	24.718	18.996
	(Autres pays).....	6.605	4.629	16.504	3.403
	Totaux	59.011	8.893	41.222	22.401
fixes } pures }	de sésame, destinées à la savonnerie ou à la fabr. de graisses alimentaires.....	"	"	54	1.493
	Autres.....	42	174	333	205
	d'arachides, destinées à la savonnerie.....	5.519	172	194	20.752
Huiles	Autres.....	3.969	82	129	11.438
	de colza.....	12.324	320	270	27.973
	de soja, destin. à la savonnerie.	5.152	2.473	1.979	4.632
fixes } pures }	Autres.....	411	3	66	3.633
	de maïs, destin. à la savonnerie.	63	635	460	436
	Autres.....	122	15	87	188
Huiles	Autres.....	937	272	659	804
	de rose.....	1.930	745	1.701	105
	de géranium rosat et d'Ylang-Ylang.....	803	856	815	937
volatiles } et essences }	toutes autres.....	4.853	4.521	5.937	6.602
	Parfums synthétiques ou artificiels...	439	537	1.153	490
Graisses végétales alimentaires.....	163	638	628	188	
Cire végétale de carnauba, de myrica et autres.....	10.227	5.995	19.233	11.522	
Gommes	d'Europe.....	17	76	152	60
	à l'état naturel } exotiques.....	66.892	60.134	80.158	66.966
Gemmes , térébenthines, résines brutes, colophanes, brais, poix, pains de résine et autres produits résineux indigènes.....	2.579	5.699	9.485	3.206	
Goudron végétal.....	16.637	29.183	47.831	24.318	
Huile de résine.....	32	89	692	31	
Résines	et autres produits } Scammonée.....	6	14	103	23
	résineux exotiques } autres que de pin } et de sapin }	15.938	25.484	41.531	33.169
Essence de térébenthine.....		275	242	1.010	2.608
	Benjoin.....	551	619	1.805	616
Baumes	de copahu.....	185	41	119	129
	Autres.....	573	317	689	307

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916	
		Q. M.	Q. M.	M. Q.	Q. M.	
Sucs d'espèces parti- culières	Campre	brut	2.583	6.138	7.568	2.542
		raffiné.....	2.834	879	1.096	1.806
		art. ou synthét.				»
	Caoutchouc et gutta-percha					
	bruts, ou refondus en masse	132.982	115.662	174.408	177.455	
	Glu	»	»	»	»	
	Manne.....	265	126	300	267	
Aloès.....	369	310	478	535		
Opium	179	69	86	57		
Jus de réglisse	8.821	4.909	4.839	6.987		
Espèces Médicinales						
Racines	Réglisse.....	9.833	28.802	52.486	24.499	
	Autres	12.004	9.127	16.889	13.680	
Herbes, feuilles et fleurs.....		16.618	18.716	30.335	31.467	
Écorces	de citrons, d'oranges et de leurs variétés	2.675	2.126	4.265	2.463	
	de quinquina.....	8.101	7.864	9.942	10.773	
	autres	1.035	467	537	547	
Lichens autres que ceux qui sont pro- pres à la teinture		867	746	598	1.721	
Fruits et graines	Casse, tamarins	554	2.351	2.250	928	
	Autres	19.610	20.007	22.359	18.911	
Teintures et Tanins						
Garance en racine, moulue ou en paille		25	133	163	41	
Curcuma en racine.....		1.918	2.944	5.416	5.349	
Quercitron		11.223	30.444	19.597	4.987	
Lichens tinctoriaux.....		790	1.560	1.560	2.373	
Écorces à tan, moulues ou non	Belgique	114	1.903	1.740	20	
	Algérie.....	52.249	20.362	29.653	31.137	
	Autres	47.193	10.112	10.764	40.812	
Totaux.....		99.556	32.379	42.157	71.969	
Sumac, fustet et épine- vinette	Écorces, feuilles et brindilles	Italie.....	26.007	19.252	43.351	26.166
		Autres pays.	1.563	174	1.354	545
	Totaux.....		27.570	19.426	44.705	26.711
	Moulus	Italie	16.109	12.265	22.368	18.004
Autres pays		1.024	981	2.387	243	
Totaux.....		17.133	13.246	24.755	18.247	

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Noix de galle et avelanêdes entières concassées ou moulues	Turquie.....	»	11.136	13.876	»
	Autres pays..	36.470	22.110	22.023	20.179
Totaux		36.470	33.246	25.899	20.179
Libidibi et autres gousses tinctoriales ..		179	1.996	1.169	528
Safran	Espagne	197	205	349	391
	Autres pays	27	13	19	15
Totaux		224	218	368	406
Autres teintures et tanins		3.408	4.347	7.464	3.497

Pierres, terres et combustibles minéraux

Pierres et terres servant aux arts et métiers	Emeris	pulvérisés	418	4.239	6.893	755
		agglomérés	5.550	6.413	9.982	10.125
	Kaolin	140.027	456.821	612.557	293.460	
	Alunite brute	»	30.361	45.522	»	
	Craie	88	13.361	19.904	217	
	Sable à fabriquer le verre	100	164.006	277.671	274	
	Carbonate de baryte natif	9.431	4.412	13.465	30.435	
	Castine	»	»	»	»	
	Sulfate de baryte	6.329	101.634	158.838	53.809	
	Terres d'infusoires	7.951	11.262	12.959	11.035	
	Pierre ponce	10.728	18.154	23.907	14.542	
	Phosphates	Tunisie ...	3.128.746	4.372.601	7.060.642	2.513.536
		naturels } Autres pays	122.390	2.241.691	2.347.267	345.520
Totaux		3.251.136	6.614.292	9.407.909	2.859.056	
Pyrites (sulfure de fer). Tonnes.....		421.986	604.646	581.756	792.347	
Soufre	non épuré (minerai compris)	99.396	115.782	186.344	116.896	
	épuré, en canons	»	»	»	»	
	sublimé	»	»	»	»	
Houille crue	Angleterre	18.918.203	10.759.058	11.257.228	18.710.950	
	Belgique	46	2.032.099	3.669.395	12	
	Allemagne	741	2.427.735	3.490.576	»	
	Autres pays	148.753	211.366	293.736	63.780	
Totaux		19.067.743	15.430.258	18.710.935	18.774.742	
Houille carbonisée (coke)	Belgique..... Tonnes	»	385.403	547.228	»	
	Allemagne.....	1.678	894.280	2.392.897	»	
	Autres pays	223.258	178.248	129.913	790.991	
Totaux		224.936	1.457.931	3.070.038	790.991	

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916	
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.	
Graphite et plombagine.....		5.053	4.626	3.796	13.690	
Goudron et brai provenant de la distillation de la houille.....		158.967	227.546	302.427	168.428	
Bitumes et Asphaltes		25.596	38.470	58.215	24.380	
Cire minérale { brute.....		2.315	2.752	2.147	3.348	
ou ozokérite { raffinée.....		1.041	2.089	4.094	511	
Succin		"	24	47	"	
Huiles brutes de pétrole et de schiste	Quantités imposées au poids	Etats-Unis ...	2.239	4	"	10.358
		Autres pays..	4.374	171	42	8.267
	Totaux.....		6.613	175	42	18.625
Huiles brutes de pétrole et de schiste	Quantités imposées au volume	Russie :				
		Hect	4.939	159.867	356.868	"
	Q. m.	4.124	129.681	288.185	"	
	Roumanie :					
	Hect	866	298.993	498.174	"	
	Q. m.	693	239.194	401.481	"	
	Etats-Unis :					
	Hect	211.299	985.564	1.127.632	463.024	
	Q. m.	169.039	791.824	904.926	370.419	
	Autres pays :					
Hect	6.497	"	"	1.793		
Q. m.	5.198	"	1	1.435		
Totaux Hect		223.601	1.444.424	1.982.674	464.817	
Totaux Q. m		179.054	1.160.699	1.594.593	371.854	
Huiles raffinées de pétrole et de schiste	Quantités imposées au poids	Q. m.	10.271	84	49	10.530
		Russie.. H.	"	309	19.821	21
	Quantités imposées au volume	Autr.-Hong.	40.836	398.376	533.405	"
		Roumanie ..	4.478	42.086	154.783	585
		Etats-Unis..	2.629.020	1.781.363	1.841.880	3.036.065
		Autres pays ..	54.905	57.204	61.567	52.819
Totaux		2.729.239	2.279.338	2.611.456	3.089.490	
Essences de pétrole et de schiste	Quantités imposées au poids	Q. m.	2.339	157	31	107
		Russie.. H.	13.275	393.115	626.684	116
	Quantités imposées au volume	Autr.-Hong.	1.223	112.310	110.437	"
		Roumanie ..	47.281	672.618	921.504	438
		Etats-Unis..	2.518.580	1.246.983	708.063	3.755.071
		Autres pays ..	447.130	40.852	77.599	885.853
	Totaux		3.027.489	2.465.878	2.444.284	4.641.478

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Huiles lourdes et résidus de pétrole	Russie Q. m.	44.323	358.743	614.412	5.902
	Etats-Unis.....	963.532	579.726	707.908	1.656.643
	Autres pays.....	58.244	73.232	123.665	37.549
	Totaux.....	1,066,099	1,011,701	1,445,985	1,700,144
Cire de lignite et paraffine.....	111.134	46.475	51.613	184.496	
Vaseline.....	9.348	695	1.729	5.276	
Métaux					
Or	Minerai..... Kil.	1,500	11,000	1,100	"
	battu en feuilles.....	26	865	1,766	33
	tiré ou laminé.....	78	172	628	96
	filé.....	54	417	1,026	2
Platine	Minerai.....	"	600	100	"
	brut, en masses, lingots, barres, poudres, bijoux cassés, etc.....	360	2,908	5,029	522
	battu en feuilles.....	"	"	"	54
	tiré ou laminé.....	"	"	14	2
Argent	filé.....	"	13	23	"
	Minerai..... Q. m.	"	18	233	8
Cendres d'orfèvre	battu, tiré, laminé, ou filé. Kil.	2,900	7,016	2,053	2,134
	485	2,315	4,063	478
Aluminium	Minerai (bauxite), etc. Q. m.....	15	150	8,738	"
	en lingots ou déchets Q. m.	813	30	13	7,708
	battu, tiré, laminé, filé ou en poudre.....	185	537	932	1,080
fer minerai..... Q. m.	2,711,591	7,014,865	14,104,237	6,276,047	
Cuivre minerai..... —	27,576	107,168	96,527	15,914	
Plomb minerai..... —	159,905	217,802	397,716	407,505	
Etain minerai..... —	2,196	21,323	25,425	4,451	
Zinc minerai..... —	493,984	991,242	1,787,189	567,279	
Nickel minerai..... —	190,043	285,800	102,925	89,150	
Cobalt minerai..... —	"	"	"	"	
Mercure natif..... —	3,297	1,674	1,977	5,681	
Antimoine	Minerai..... Q. m.	28,258	51,798	52,580	106,978
	Sulfuré fondu..... —	911	230	1,519	1,82
	Métallique ou régule —	"	"	"	"

Marchandises et provenances	1915	1914	1913	1916
	Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Arsenic métallique —	230	113	114	»
Arsenic minéral —	»	»	»	»
Cadmium brut —	194	92	129	425
Bismuth (étain de glace) —	1.223	616	618	1.216
Manganèse minéral —	125.905	1.534.874	2.589.290	586.529
Minéraux non dénommés —	233.991	216.327	288.048	187.898

Produits chimiques

Acides	acétique.....	»	»	»	»	
	arsénieux.....	2.331	2.128	3.121	2.053	
	borique.....	786	666	743	291	
	carbonique liquide.....	96	738	1.434	182	
	chlorhydrique.....	20.711	30.731	38.705	15.386	
	citrique	liquide (jus de citron naturel ou concentré).....	194	576	1.336	1.456
		crystallisé.....	369	580	287	954
	fluorhydrique.....	»	84	184	»	
	formique.....	1.943	889	641	195	
	gallique cristallisé.....	130	48	66	58	
hydrofluosilicique.....	»	»	»	»		
lactique.....	718	1.559	2.547	887		
nitrique.....	4.849	6.116	11.022	2.438		
oléique orig. anim.....	1.758	17.370	33.179	1.907		
Acides	oxalique.....	2.170	3.932	8.520	2.271	
	phosphorique.....	280	341	570	434	
	stéarique.....	11.343	8.442	13.122	22.651	
	sulfurique.....	257.413	61.803	110.008	703.744	
	tannique.....	918	1.113	2.191	796	
	tartrique.....	2.725	3.737	5.013	3.048	
	huiles déglycérinées.....	2.817	22.939	43.138	27.703	
Brome liquide	541	1.060	1.010	13		
Bromures	1.029	108	94	716		
Fluorures	4	437	871	»		
Iode brut ou raffiné	859	448	227	632		
Iodures et iodofomes	»	»	»	»		
Extraits	de noix de galle et de sumac.....	2.291	1.432	4.131	1.287	
	de Québracho.....	26.101	25.725	59.243	34.732	
	de châtaignier, etc.....	4.197	9.151	11.691	1.983	

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916		
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.		
Oxydes	de cobalt { safre, smalt et azur..	1	745	1.235	291		
	pur	7	28	26	1		
	de cuivre.....	97	617	963	123		
	d'étain.....	14	134	495	85		
	de fer.....	2.949	9.039	15.435	3.124		
	de plomb.....	2.084	5.846	8.007	5.464		
	d'urane.....	112	272	546	22		
	de zinc	16.379	39.047	62.195	30.983		
	Bioxyde de baryum.....	35	1.724	1.992	1.055		
	Ammoniaque (alcali volatil).....	18	2.766	3.717	1.834		
	Magnésie calcinée	1.365	414	347	1.187		
	Potasse et Carbonate de potasse.....	11.842	28.981	73.737	3.250		
	Salin de betteraves.....	"	14.450	35.970	1.979		
	Soude caustique.....	130.022	19.220	5.624	143.641		
	Soude brute.....	8.120	3.275	11.223	361		
	Soude naturelle ou artificielle. Ne titrant pas plus de 30 % de carbonate pur..	23.729	7.130	68	409		
	Autre.....	21.485	26.208	580	9		
	Bicarbonate de soude.....	27.189	6.820	1.615	27.491		
	Sels de soude dénommés.....	6.167	3.389	6.117	3.379		
	Sel marin, { bruts ou raffinés autres						
	sel de saline { que blancs.....	302.335	375.727	323.303	591.159		
	et sel gemme { raffinés blancs.....	27.569	11.077	6.353	26.307		
Sels ammoniacaux	{ sulfate d'ammoniaque	{ brut.....	101.162	91.651	229.952	207.893	
			{ raffiné.....	15.241	1.650	2.417	44.991
		{ autres	{ bruts.....	67.986	42	599	191.003
			{ raffinés.....	143.880	6.835	9.557	268.369
Sels	de nicotine.....	119	159	270	19		
	de cobalt	17	8	12	19		
	d'argent.....	7	1	5	"		
	de plomb, prod chim. et couleurs à base de plomb, non dénommés.	893	1.091	1.470	3.284		
	Chlorures d'étain.....	6.612	8.675	10.835	9.395		
	Acétate de plomb.....	3.573	3.272	2.279	1.984		
	Alcool { amylique.....	"	37	211	23		
	{ méthylique.....	17.675	13.073	22.691	17.020		
	Aldéhyde formique.....	10.674	3.913	4.687	6.128		
	Alumine anhydre.....	1	2.055	26	1		
	Alun d'ammoniaque ou de potasse....	8.852	1.769	1.179	8.858		

Marchandises et provenances	1915	1914	1913	1916
	Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Hydrate d'alumine	8.852	159	3.304	34
Arséniat de soude	"	24	94	117
Borax { brut	12.119	91.476	150.504	72.060
{ mi-raffiné ou raffiné	332	617	988	237
Borate de chaux	23.635	5.003	28.539	"
Carbonates { de magnésie	10.671	5.715	7.100	17.124
{ de plomb	10.102	19.004	40.409	32.561
Carbure de calcium	18.973	33.837	37.003	161.454
Citrates de chaux	13.637	9.391	9.972	10.650
Chlorates { de potasse	"	"	"	"
{ de soude, de baryte et autres	"	"	"	"
Permanganate de potasse	815	1.756	2.299	649
{ d'aluminium	"	"	"	"
Chlorures { de chaux	"	"	"	"
{ de magnésium	112	18.945	30.996	8.450
{ de potassium	6.993	303.521	461.378	3.572
Chlore liquéfié	5.773	2.133	2.884	37.426
Chromates { de plomb	804	162	449	491
{ de potasse et de soude	34.725	23.296	32.452	41.638
Ether acétique et sulfurique	5.024	87	217	202
Chloroforme	"	"	"	"
Collodion	"	"	"	"
Glycérine	1.731	2.196	5.271	546
Lactates { de fer	1	6	6	1
{ autres	20	71	131	2
Formiates	"	22	14	4
Nitrates { de chaux et cyanamide calci- que	24.582	38.087	100.096	79.855
{ de potasse	278	2.913	714	29.960
{ de soude { Chili	2.509.038	2.970.018	3.220.139	5.406.942
{ Autres pays	31.042	1.879	1.009	72
Totaux	2.540.080	2.971.897	3.221.148	5.407.014
Nitrates de thorium, de cérium et autres sels de terres rares	1	2	16	"
Oxalate de potasse	85	313	492	54
Pyrolignite de chaux	4.979	9.684	1.794	7.894
Acétone	2.996	12.578	20.145	3.568
Silicate de soude ou de potasse	1.513	1.646	2.699	834

LE COMMERCE EXTÉRIEUR DE LA FRANCE EN 1915, 1914 1913 ET 1916 247

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916	
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.	
Sulfates	d'alumine.....	1.717	1.707	1.533	832	
	de cuivre.....	338.680	240.705	215.750	209.427	
	de fer.....	17.554	16.535	33.695	"	
	de magnésie calcinée.....	12.161	27.999	43.281	8.748	
	de potasse.....	1.107	116.485	152.840	291	
	de soude.....	1.227	1.119	1.015	11	
	de zinc.....	619	2.378	2.122	718	
Sulfites et bisulfites de soude.....		946	6.020	5.855	1.861	
Sulfite, bisulfite ou métabisulfite de potasse.....		267	899	1.634	175	
Hyposulfite de soude.....		8.078	738	489	663	
Sulfure d'arsenic.....		36	1.635	2.590	3	
Sulfure de mercure	{ en pierres.....	3	4	"	"	
	{ pulvérisé.....	50	108	234	72	
Tartrates de potasse	Lie de vin.....	80.375	85.605	108.755	55.752	
	Tartre brut.....	12.791	11.402	14.165	8.867	
	Cristaux de tartre.....	681	126	1.266	226	
	Crème de tartre.....	482	247	155	489	
	Autres.....	1.784	137	359	32	
Prussiate de potasse et de soude.....		381	180	206	169	
Supersphosphates de chaux.....		140.383	581.546	1.008.224	41.221	
Engrais chimiques	{ Scories phosphatées.....	99.811	337.505	2.232.171	8.278	
	{ Autres.....	50.863	712.051	"	71.004	
Cocaïne brute.....		"	"	"	"	
Celluloïd	{ brut en masses, plaquettes ou feuilles, rognures et déchets.....	3.865	2.934	3.901	6.576	
	{ en feuilles polies colorées ou ouvrées.....	277	613	1.348	989	
	{ en joncs, tubes, bâtons ...	69	282	441	363	
Produits chimiques dérivés du goudron de houille	{ Produits obtenus directement par la distillation du goudron de houille.....	426.574	703.710	1.077.848	780.739	
	{ Produits dérivés des produits de la distillation de la houille.....	9.013	20.961	38.203	29.879	
Produits chimiques non dénommés	{ à base d'alcool	{ Imposabl. sur la quantité d'alcool... ..	518	330	599	122
		{ Imposabl. à la valeur....	130	706	90	294

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916	
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.	
Produits chimiques non dénommés	} Imposabl. au poids	20	47	140	684	
		} Imposabl. à la valeur . . .	87.361	146.219	220.148	103.439
Teintures préparées						
Cochénille		1.889	1.826	3.504	1.836	
Indigo {	Indes anglaises	27	189	346	45	
	Autres pays	479	120	54	1.480	
	Totaux	506	309	400	1.525	
Cachou en masse		24.121	21.451	32.267	30.614	
Rocou préparé		1.135	567	974	564	
Orseille préparée sèche (Cudbeard ou extrait)		1	40	88	4	
Extraits de bois de teintures et d'autres espèces tinctoriales	} noirs et violets.	1.125	1.516	1.231	2.422	
		rouges et jaunes.	574	286	218	336
Teintures dérivées du goudron de houille	} Acide picrique	5.132	6	3	37.264	
		Alizarine artificielle	31	1.501	3.498	4.890
		Autres	5.552	12.090	17.451	
Couleurs						
Outremer		274	579	1.078	453	
Bleu de Prusse		749	737	1.011	863	
Vernis {	à l'alcool	93	156	317	73	
	à l'essence, à l'huile ou à l'essence et à l'huile mélangées.	3.369	11.420	17.108	8.197	
Encre {	à dessiner en tablettes	"	"	"	"	
	à écrire ou à imprimer	575	1.210	1.776	869	
Noir {	d'imprimeur en taille-douce.	"	"	"	"	
	d'Espagne et de fumée	8.224	8.190	11.637	8.968	
	minéral { nat. pierres	"	"	"	"	
	br. pulvér.	"	2.120	4.235	3	
Crayons {	simples en pierres	"	695	1.066	"	
	d'ardoise factice	"	111	266	1	
	à gaine { communs	170	250	437	356	
	fins	817	593	1.325	1.400	

Marchandises et provenances	1915	1914	1913	1916	
—	Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.	
Charbons préparés pour l'éclairage électrique	5.641	3.011	6.597	7.463	
Ocres broyées ou autrement préparées.	2.089	9.648	19.046	4.741	
Terres de Cologne, de Cassel, d'Italie, de Sienne et d'Ombre	493	1.917	3.024	4.184	
Verts de Schweinfurt et verts métis, cendres bleues ou vertes	6	51	132	10	
Verts de montagne de Brunswick et similaires résultant du mélange du chromate de plomb et du bleu de Prusse.	17	626	1.114	189	
Jaune de zinc ou chromate de zinc	35	134	159	98	
Talc pulvérisé	41.228	37.030	55.460	79.827	
Couleurs {	broyées à l'huile	4.627	1.014	1.089	7.117
	en pâte, préparées à l'eau pour papiers peints	14	92	130	»
Lithopone	14.781	45.568	78.639	57.321	
Couleurs non dénommées	670	4.382	8.699	1.215	

Compositions diverses

Parfumeries {	Savons transparents	684	261	396	231
	— autres	12.969	4.714	17.263	4.683
Savons autres que de parfumerie	76.395	23.002	20.864	93.266	
Parement au savon et autres pour l'apprêt des fils et tissus	758	3.409	5.533	277	
Amidon	22.401	3.174	5.203	34.412	
Fécules diverses	39.559	93.814	87.619	10.258	
Dextrine	1.668	1.250	2.258	637	
Cire à cacheter	56	40	62	77	
Bougies toutes sortes	7.180	168	454	16.446	
Cire et acide stéarique ouvrés autrement qu'en bougies	25	29	123	29	
Colle de poisson	501	511	777	782	
Colle forte	7.709	11.151	20.928	5.026	
Gélatine en poudre, feuilles, etc	1.210	1.660	2.795	1.526	
Albumine	3.863	2.910	4.711	6.999	
Cirage	102	175	273	61	
Sucre de lait	1.385	150	151	1.612	
Caséine durcie et matières similaires	60	241	251	57	
Caséine	115	61	144	399	

EXPORTATIONS DE FRANCE

COMMERCE SPÉCIAL

Produits et dépouilles d'animaux

Marchandises et provenances	1915	1914	1913	1916
	Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Graisses autres { Suif brut et huile de				
que de poisson { suif	73.025	133.419	218.752	67.830
{ Autres	9.220	49.446	91.480	11.533
Margarine et subst. simil.....	20.849	34.944	68.652	14.171
Dé gras de peaux.....	21.136	11.439	15.883	14.943
Cire { brute.....	2.624	1.661	2.398	7.396
{ blanche.....	73	63	71	50
Jaunes d'œufs impropres aux usages alimentaires.....	1.231	1.550	909	218
Engrais { Guano	1.073	1.586	3.174	2.675
organiques { Autres	74.860	182.412	307.333	53.023
Os calcinés à blanc	8.547	5.650	4.984	7.023
Noir d'os (noir animal).....	33.669	33.729	25.273	31.677
Oreillons	16.422	63.328	69.748	31.453
Produits et dépouilles d'animaux à l'état brut.....	1.088	4.824	4.565	2.649

Pêches

Graisses { Huile de morue.....	756	552	828	1.032
de poisson { Autres	4.528	2.190	7.645	6.479

Substances propres à la médecine et à la parfumerie

Eponges { brutes.....	221	175	374	575
{ préparées.....	124	117	206	113
Musc	»	»	»	»
Cantharides desséchées, civette casto- réum et ambre gris.....	»	»	»	»
Autres substances	686	857	1.342	657

Huiles et sucs végétaux

Marchandises et provenances	1915	1914	1913	1916
	Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Huiles fixes aromatisées	39	257	154	»
Huiles volatiles { de rose.....	18.874	6.192	3.289	11.761
ou essences { de géranium rosat et d'Ylang-Ylang.....	167	70	81	755
{ toutes autres.....	4.628	6.610	10.905	6.374
Huiles fixes pures { d'olive.....	30.078	36.930	64.299	21.437
{ de palme.....	15.658	4.433	11.978	31.115
{ de coco, de touloucouna, d'ilipé et de palmiste.....	87.195	73.209	106.710	56.387
{ de ricin et de pulgère.....	10.393	25.092	35.387	5.666
{ de lin.....	39.876	25.011	28.514	29.799
{ de ravison.....	»	»	»	»
Huiles fixes pures { de coton.....	5.439	4.594	10.037	1.354
{ de sésame.....	26.511	61.229	59.260	22.277
{ d'arachides.....	293.993	223.082	263.418	127.503
{ de colza.....	8.081	18.610	19.925	6.158
{ d'œillette.....	499	5.350	4.777	»
{ de pavot.....	600	743	2.155	»
{ autres.....	5.734	21.750	21.433	5.218
Parfums synthétiques ou artificiels	218	285	147	812
Graisses végétales alimentaires	255.529	173.480	195.830	92.771
Cire végétale de carnauba, demyrica et autres	486	301	384	727
Gommes { d'Europe.....	209	859	1.095	59
à l'état naturel { exotiques { Angleterre.....	3.976	6.009	3.189	»
{ Autres pays.....	22.384	10.857	10.133	17.238
Gemmes, térébenthines, résines brutes, colophanes, poix, pains de résine et autres produits résineux indigènes	538.269	460.340	435.061	325.577
Goudron végétal	1.692	4.263	5.948	2.343
Huile de résine	567	257	312	683
Résines et autres produits résineux exotiques autres que de pin et de sapin (scammonée non comprise)	4.498	6.314	12.484	8.791
Essence de térébenthine	48.174	65.449	114.867	32.369
Baumes { Benjoin	533	626	508	518
{ Autres	864	504	587	254

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916	
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.	
Sucs d'espèces particulières	Camphre	brut	34	23	53	375
		raffiné	521	201	194	662
		artifi. ou syn.	"	"	"	"
	Caoutchouc et gutta- percha bruts, ou re- fondus en masse	23.349	65.128	106.870	28.833	
	Opium	2	"	9	6	
	Jus de réglisse	4.303	4.867	6.711		

Espèces médicinales

Racines	Guimauve et Althéa	22	389	538	"
	Réglisse	4.128	5.314	6.143	2.221
	Autres	9.839	13.113	23.974	8.592
Herbes, feuilles et fleurs	15.491	15.626	28.492	25.710	
Ecorces	de citrons, d'oranges et de leurs variétés	343	302	497	777
	de quinquina	115	54	100	556
	autres	151	273	134	511
Lichens	1.560	669	584	5.524	
Fruits et graines	Casse, tamarins	176	1.065	1.377	1.588
	Autres	15.262	22.138	16.586	

Teintures et tanins

Garance en racine, moulue ou en paille	"	"	"	"	
Curcuma en racine	1.080	1.187	1.888	1.301	
Quercitron	13	237	272	521	
Lichens tinctoriaux	347	62	275	906	
Ecorces à tan moulues ou non	Belgique	"	9.783	23.979	"
	Allemagne	"	35.861	60.449	"
	Suisse	3.936	24.859	26.008	"
	Autres pays	22.924	28.596	42.563	11.335
Sumac, et épinevinette	Ecorces, feuilles et brindilles	21	713	686	267
	Moulus	"	"	"	"
Noix de galle et avelanêdes entières con- cassées ou moulues	2.260	832	394	2.794	
Libidibi et autres gousses tinctoriales	260	2	11	37	
Safran	145	173	191	153	
Autres teintures et tanins	2.023	1.825	3.025	1.918	

Pierres, terres et combustibles minéraux

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Pierres et terres servant aux arts et métiers	Émeris { pulvérisés	2.136	8.625	17.207	2.898
		agglomérés	1.959	5.700	5.870
	Kaolin		21.276	27.423	37.996
	Craie	66.216	792.272	1.199.645	53.635
	Sable à fabriquer le verre	470.705	657.385	946.422	492.741
	Castine	104	241.372	425.956	"
	Sulfate de baryte	11.373	14.123	16.624	3.757
	Terres d'infusoires	1.180	6.419	9.571	875
Pierre ponce	653	1.140	1.170	1.155	
Phosphates naturels	17.964	112.188	211.424	14.372	
Pyrites (sulfure de fer) Tonnes	18.951	57.777	93.835	16.678	
Soufre {	non épuré (minerai compris)	964	1.891	10.312	2.844
	épuré, en canons ou autrement	2.426	1.219	2.501	3.530
	sublimé, fleur de soufre	8.218	11.529	10.511	10.969
Houille crue {	Belgique Tonnes	42.409	376.355	810.503	56.057
	Allemagne	"	2.480	7.861	"
	Suisse	4.040	109.930	159.859	"
	Espagne	1.420	18.808	27.038	"
	Autres pays	50.558	103.975	145.184	127.994
Houille carbonisée (coke) {	Suisse	1.401	25.469	41.445	"
	Italie	22.772	43.146	92.438	"
	Autres pays	8.012	36.823	97.645	17.996
Graphite ou plombagine	3.093	825	751	5.503	
Goudron minéral et brai provenant de la distillation de la houille	4.720	21.364	19.955	2.340	
Bitumes et Asphaltes	9.784	14.492	20.417	4.818	
Cire minérale { brute	97	58	329	142	
	ou ozokérite { raffinée	205	145	114	3.754
Huiles de pétrole { brutes	334	1.292	106	227	
	et de schiste { raffinées Hl.	42.305	78.324	62.843	16.604
		essences »	16.500	22.394	25.835
Huiles lourdes Q. M.	46.657	65.790	79.373	60.246	
Cire de lignite et paraffine	14.481	1.061	352	5.657	
Vaseline	1.548	1.089	1.073	1.562	

Métaux

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1912
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Or	battu en feuilles..... Kil.	749	58	63	580
	tiré ou laminé.....	30	245	302	52
	filé.....	1	8	29	81
Platine	brut, en masses, lingots ...	600	1.088	1.077	324
	battu en feuilles.....	10	90	3	5
	filé.....	30	69	214	23
Argent battu, tiré, laminé ou filé		6.298	35.015	23.524	27.721
Cendres d'orfèvres..... Q.m.		2.161	3.008	3.409	5.879
Aluminium minéral (bauxite, etc.)..		414.482	1.501.749	1.684.390	628.020
Fer minéral..... Q.m.		948.643	48.285.918	100.666.277	745.614
Cuivre minéral.....		9.741	58.649	101.535	7.551
Plomb minéral.....		481	82.199	142.628	8.130
Étain minéral.....		7.917	4.820	11.724	2.784
Zinc minéral.....		55.996	212.786	582.031	18.197
Nickel minéral.....		4	13	1.352	"
Mercure natif.....		12	54	88	74
Antimoine minéral.....		77	1.276	6.082	16
Antimoine sulfuré.....		131	3.642	3.761	3
Antimoine métallique.....		9.845	16.006	18.076	29.625
Arsenic minéral.....		"	13.464	13.508	"
Manganèse minéral.....		398	4.111	17.053	2.753
Cobalt minéral.....		"	"	"	"
Minerais non dénommés.....		16.230	45.737	70.336	36.808

Produits chimiques

Iode brut ou raffiné.....		93	12	49	52	
Iodures et iodoformes.....		179	164	297	117	
Phosphore	blanc.....	556	1.002	1.050	872	
	rouge.....	1.474	2.454	3.034	858	
Acides	acétique.....	480	1.869	2.112	563	
	arsénieux.....	543	13.429	11.806	1.898	
	borique.....	14.335	20.885	29.936	17.559	
	carbonique liquide.....	2.933	2.265	3.497	2.890	
Acides	chlorhydrique.....	6.722	14.678	23.716	12.414	
	citrique	liquide (jus de citron naturel ou concentré).	109	120	307	1.309
		crystallisé.....	2.722	2.487	4.520	2.067

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Acides	fluorhydrique	97	80	219	120
	hydrofluosilicique	»	»	»	»
	nitrique	236	18.501	28.434	13.753
	oléique orig. anim.....	9.224	6.839	30.269	6.550
	oxalique	61	1.058	513	18
	stéarique	3.605	8.554	13.997	2.474
	sulfurique	6.782	24.362	46.097	16.490
Extraits	tannique ou tanin	117	254	1.980	160
	tartrique	10.271	10.733	13.496	9.139
	de Québracho.....	30.218	100.864	100.081	2.518
	de châtaignier, etc.....	210.696	746.107	1.105.234	155.820
	de safre, smalt et azur	9	11	30	12
	cobalt { pur	»	4	101	3
	de cuivre	23	83	292	84
	d'étain.....	26	334	872	»
	de fer	1.875	2.729	1.840	4.965
	de plomb	4.590	3.873	5.227	4.112
Oxydes	d'urane	3	4	25	95
	de zinc	33.094	32.128	38.117	24.546
	Bioxyde de baryum	2.233	5.428	6.586	178
	Ammoniaque (alcali volatil).....	3.827	1.039	1.682	18.323
Magnésie calcinée	65	371	531	206	
Potasse et Carbonate de potasse :					
	Angleterre	4	11.348	15.229	—
	Belgique	80	14.906	21.151	—
	Autres pays	945	2.914	3.678	—
	Totaux	1.029	29.168	40.058	1.185
	Salin de betteraves	2.722	15.591	15.865	730
	Soude caustique.....	3.955	87.916	141.439	22.057
	brute	6.978	7.644	4.077	45.611
	Soude naturelle	} raf- finée	} ne titrant pas plus de 38% de carbonate	} pur	} 31.350
	ou artificielle				
	(carbonate de soude)				
	Autre	27.220	121.361	33.022	237.241
	Bicarbonate de soude	89.282	429.864	832.692	2.829
	Sels de soude non dénommés.....	2.147	6.856	19.041	22.126
	8.308	11.536	24.149	22.126	
	Sel marin { bruts ou raffinés autres	} que blancs	} 244.632	} 942.310	} 1.416.260
	sel de saline				
	et sel gemme { raffinés blancs	17.824	141.898	328.891	17.397

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Sels ammoniacaux	sulfate { brut..	17.564	13.239	11.511	14.499
	d'ammoniaque { raffiné.	66.724	7.534	4.439	132.274
	autres { bruts .	57	833	2.383	1.446
	{ raffinés	1.584	945	864	477
Sels de nicotine et dissolutions non alcooliques de ces sels.....		"	"	"	"
Sels	de cobalt.....	3	1	2	13
	d'argent.....	208	80	141	28
	de plomb, prod. chim. et couleurs à base de plomb, non dénommés	13	16	61	25
Chlorures d'étain.....		427	187	422	261
Acétate de plomb.....		97	26	264	166
Acétates	de cuivre { brut.....	754	7.937	8.341	1.344
	{ raffi. en poudre	301	2.297	3.636	18
	{ cristallisé.....	503	191	1.024	341
de soude.....		936	24	423	2.122
Alcool	amylique.....	59	538	2.648	1.875
	méthylique.....	957	486	1.395	310
Aldéhyde formique.....		833	163	247	331
Alumine anhydre.....		8.038	71.115	88.044	73.712
Alun d'ammoniaque ou de potasse....		1.403	1.629	2.333	1.512
Borax	brut.....	1.235	108	9.902	1.645
	mi-raffiné ou raffiné.....	17.719	26.940	47.267	10.813
Borate de chaux.....		"	153	819	"
Carbonates	de magnésie.....	113	43	107	211
	de plomb.....	1.334	3.138	3.265	2.662
Carbure de calcium.....		46.661	69.357	79.643	17.406
Citrates de chaux.....		"	"	"	"
Chlorates	de potasse.....	9.617	7.116	10.873	22.270
	de soude, de baryte et autres	94.476	8.350	9.451	237.942
Permanganate de potasse.....		"	"	"	"
Chlorures	de chaux.....	7.918	94.156	126.217	2.339
	de potassium.....	3.174	786	1.336	178
Chlore liquéfié.....		"	"	"	"
Ether acétique et sulfurique.....		455	620	974	253
Chloroforme.....		129	41	71	72
Collodion.....		"	"	"	"
Glycérine.....		65.956	69.181	84.560	41.656
Oxydes d'antimoine (y compris les sels d'antimoine, le kermès minéral, etc.).		2.217	8.447	14.879	2.720

LE COMMERCE EXTÉRIEUR DE LA FRANCE EN 1915, 1914, 1913 ET 1916 257

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Nitrates	de chaux et cyanamide calcique	642	3.732	8.392	55.112
	de potasse	1.003	4.953	7.081	179
	de soude	21.384	20.810	52.678	117.237
Nitrate de thorium, de cérium et autres sels de terres rares		355	206	212	124
Oxalate	de potasse	"	"	"	"
Pyrolignite	de fer	405	1.268	3.141	"
	de plomb	"	221	165	"
	de chaux	7.290	410	3.153	603
Acétone		46	67	66	167
Silicate	de soude ou de potasse	1.708	3.151	3.486	11.944
	d'alumine	64.161	2.076	2.458	18.666
Sulfates	de cuivre	38.862	60.674	58.119	48.182
	de fer	5.502	19.678	18.521	6.604
	de magnésie calcinée	959	2.646	2.170	941
	de potasse	16.991	6.965	7.683	1.516
	de soude	93.074	140.729	254.502	186.007
	de zinc	"	"	"	"
Sulfate	et autres sels quinine	99	135	185	1.881
Sulfites	et bisulfites de soude	2.079	1.229	1.378	"
Sulfite	bisulfite et métabisulfite de potasse	234	1.281	1.059	169
Hyposulfite	de soude	758	856	1.078	3.488
Tartrates de potasse	Lie de vin	9.324	18.674	19.921	6.664
	Tartre brut	49.725	55.000	94.152	42.163
	Cristaux de tartre	"	"	"	"
	Crème de tartre				
	Angleterre	23.720	18.978	21.038	"
	Autres pays	8.360	16.015	23.037	"
Totaux		32.080	34.993	44.075	22.684
Prussiate	de potasse et de soude	2.747	4.607	5.825	2.151
Superphosphates	de chaux	598.177	1.172.309	1.452.261	123.629
Engrais chimiques	Scories phosphatées	34.401	2.374.918	4.032.960	40.459
	Autres	43.757	101.289		
Produits chimiques dérivés du goudron de houille	Produits obtenus directement par la distillation du goudron de houille	5.389	53.341	98.697	8.503
	Produits dérivés des produits de la distillat. de la houille	1.741	3.583	3.764	4.316

L'Essor des industries chimiques

Marchandises et provenances		1915	1914	1913	1916
		Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Celluloïd	brut, en masses, plaques ou feuilles, rognures et dé- chets	1.970	4.405	5.339	769
	en feuilles, polies, color. et ouvr.....	43	91	506	58
Produits chimiques non dénommés	à base d'alcool.....	1.677	805	943	1.051
	autres	92.011	128.736	150.167	125.187
Teintures préparées					
Cochénille		1.930	1.816	2.927	1.304
Indigo		132	384	380	294
Indigo, pastel indigo inde plate et boules de bleu		185	507	875	"
Cachou en masse		3.130	320	1.162	2.395
Orseille	humide en pâte	321	87	144	"
	préparée sèche (Cudbeard ou extrait)	325	130	159	844
Extraits de bois de teintures et d'autres espèces tinctoriales	noirs et violets :				
	Allemagne ...	"	5.343	14.155	"
	Belgique	"	2.361	3.713	"
	Angleterre ...	21.969	7.437	6.180	"
	Etats-Unis ...	295	882	483	"
	Autres pays ...	10.618	16.136	22.606	"
	Totaux	32.882	32.159	47.140	11.868
	rouges et jaunes				
	Allemagne ...	"	1.140	2.128	"
	Belgique	"	2.326	4.636	"
Angleterre ...	12.492	12.341	8.481	"	
Etats-Unis	426	2.079	1.776	"	
Autres pays ...	14.272	6.737	11.254	"	
Totaux	27.190	24.625	28.175	24.518	
Teintures dérivées du goudron de houille	Acide picrique	43	38	74	1.578
	Alizarine artificielle ...	"	"	"	"
	Autres	2.428	5.895	6.398	938
Rocou préparé	811	431	852	397	
Couleurs					
Outremer		12.484	14.409	20.683	17.391
Bleu de Prusse		698	1.052	1.175	952

Marchandises et provenances	1915	1914	1913	1916
	Q. M.	Q. M.	Q. M.	Q. M.
Carmins fins	34	47	34	»
Vernis { à l'alcool.....	633	1.075	1.549	692
{ à l'essence, à l'huile ou à l'essence et à l'huile mélangées.	12.526	16.545	22.049	11.556
Encre à écrire et à imprimer.....	15.000	18.781	24.815	14.996
{ de fumée.....	3.048	4.396	8.955	2.695
Noir { minéral { nat. en pierres.....	82	977	1.408	329
{ br. ou pulvérisé....	1.128	625	1.518	983
Crayons { simples en pierre ou en ardoise naturelle.....	9	74	114	27
{ à gaine { communs.....	283	357	637	407
{ fins.....	80	31	43	140
Charbons préparés pour l'éclairage électrique.....	23.158	43.925	59.471	49.346
Ocres broyées ou autrement préparées.	151.414	325.798	369.372	152.416
Verts de Schweinfurt et verts métis cendres bleues ou vertes.....	159	674	400	316
Verts de montagne, de Brunswick et simil.....	19	182	262	45
Jaune de Zinc ou chromate de zinc..	»	»	»	»
Talc pulvérisé.....	75.744	87.523	114.972	66.648
{ broyées à l'huile.....	13.708	28.448	39.154	15.928
Couleurs { en pâte, préparées à l'eau pour papiers peints....	2.651	2.612	4.006	2.109
Lithopone	214	1.194	1.191	191
Couleurs non dénommées.....	4.133	5.703	7.855	3.869

Compositions diverses

Parfumeries { Savons transparents... ..	993	530	559	297
{ — autres.....	11.293	14.408	17.423	11.768
Savons autres que de parfumerie....	324.258	395.634	418.863	288.697
Parément au savon et autres pour l'apprêt des fils et tissus.....	8	1.286	1.593	85
Amidon	19.940	12.648	12.116	16.864
Fécules diverses.....	1.231	1.213	1.950	2.768
Dextrine	386	856	1.389	1.151
Cire à cacheter.....	933	1.018	1.252	907
Bougies toutes sortes.....	32.012	36.917	38.398	32.946
Cire et acide stéarique ouvrés autrement qu'en bougies.....	732	510	1.183	737
Chandelles	602	706	911	»
Colle de poisson.....	2.171	1.366	1.389	2.150

LES INDUSTRIES CHIMIQUES ÉTRANGÈRES

LA RÉPERCUSSION DE LA GUERRE SUR LES INDUSTRIES CHIMIQUES (1)

Après dix-sept mois de guerre, il peut être intéressant d'examiner quelle a été l'influence de la conflagration européenne sur les industries qui nous intéressent plus particulièrement : les industries chimiques et les industries connexes. Contrairement à ce que nous avons vu faire par ailleurs, nous avons pensé qu'il était prudent de ne pas trop se hâter pour formuler des verdicts prématurés, car on ne saurait dire que nos économistes, nos financiers et surtout nos critiques militaires aient été bons prophètes.

Nos adversaires n'ont pas, il est vrai, attendu aussi longtemps que nous pour examiner les questions économiques et industrielles soulevées par la guerre. On trouve, dans les journaux techniques allemands, une série d'études sur la répercussion de la guerre mondiale sur les différentes industries chimiques en Allemagne et notamment aussi des pays en guerre avec cette puissance. Il faut dire que la plupart de ces études, écrites par des économistes de valeur, mais imbus de la supériorité teutonne, sont naturellement favorables à l'industrie allemande et optimistes quant à son avenir. Surtout celles faites au début de la guerre où l'action militaire allemande semblait devoir être irrésistible et victorieuse.

Tout d'abord les auteurs étudient les causes d'infériorité des industries chimiques des pays en guerre avec l'Allemagne et les raisons pour lesquelles l'industrie allemande a pris un essor aussi considérable. Nous connaissons ces causes et nous les avons étudiées, ici-même, avec sincérité et dans l'espoir de voir porter remède aux défauts que nous avons signalés.

Ainsi que nous l'avons démontré, ces causes sont fort nombreuses et fort diverses, mais toutes sont connues et il ne semble pas qu'il y en ait

(1) Cet article a paru le 15 janvier 1916.

d'irréremédiables. Il nous suffira de vouloir faire des réformes, et d'y appliquer les qualités d'endurance et d'organisation que la guerre nous a enseignées, pour aboutir à un résultat certain et égal, sinon dépasser, nos ennemis.

Si notre renouveau industriel est retardé, il ne faut pas oublier, qu'en l'occurrence, l'occupation de la Belgique, dont la production minière, métallurgique et chimique a été accaparée par les Allemands, ensuite l'envahissement de nos départements industriels du Nord et de l'Est ont été une gêne considérable pour notre mobilisation industrielle. L'industrie du fer de la Belgique, qui produisait environ 2 millions et demi de tonnes annuellement, a profité aux envahisseurs. De même son industrie houillère, qui d'après *Stohl et Eisen*, aurait produit 2.750.000 tonnes dans le deuxième trimestre 1915 (contre 5.750.000 tonnes avant la guerre).

Sur 117 hauts fourneaux en activité en France, avant la guerre, 87 se trouvent sur le terrain des opérations, de sorte qu'une trentaine seulement ont pu nous servir. En outre, nos bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais sont en majeure partie entre les mains de nos ennemis ainsi que les mines de fer de Briey, qui constituent pour eux un avantage de tout premier ordre. On estime que le territoire envahi produisait environ 27 millions de tonnes de houille et 17 millions de tonnes de minerais de fer.

De plus, l'industrie des fours à coke qui nous fournissait des sous-produits précieux : benzols, naphthaline, sulfate d'ammoniaque, l'industrie sucrière, l'industrie des alcools, les industries de la verrerie et de la céramique, les industries textiles, la grande industrie chimique, etc., ont été sensiblement diminuées par les faits de guerre. On peut estimer que plus de 40 o/o de l'industrie française a été ainsi annulée par suite de la guerre. A côté de la diminution de production, l'envahissement a encore eu pour suite d'alimenter nos ennemis en matières premières importantes : caoutchouc, cuivre, coton, laine, cuir, peaux, etc., qu'ils ont réquisitionnées à Roubaix, Tourcoing, Lille, Verviers, Anvers, etc., dans tous les centres industriels et commerciaux des pays envahis.

La même observation s'applique à la Pologne russe et aux provinces baltiques envahies, qui étaient très industrielles, et où le centre industriel de Lodz notamment et le centre minier de Dombrowa avaient une importance considérable. Cette perte est d'autant plus sensible que l'industrie chimique de la Russie ne suffisait pas à la consommation intérieure et que ce pays devait être alimenté par l'étranger.

L'envahissement de la Pologne et la prise de Brest, Luck et Kowel a aussi fait tomber entre les mains des Allemands d'importants stocks de

matières premières et notamment de térébenthine. La production de la Pologne et de la Volhynie était estimée à environ 2 000 wagons annuellement. Cette essence sert de point de départ pour la fabrication du camphre synthétique qui est exécutée en Allemagne par Schering et par la Rheinische Campherfabrik.

Le blocus de la Russie a eu pour conséquence de mettre son industrie de l'acide sulfurique dans une situation fort précaire, car l'importation des pyrites a été rendue fort difficile. Les fabriques du Nord-Ouest, de l'Ouest et du Sud, qui consommaient environ 80.000 tonnes (5 millions de pouds) annuellement, sont obligées de faire venir les pyrites de l'Oural. Ces mines peuvent fournir, il est vrai, toutes les quantités voulues. Toutefois les distances considérables et le peu de développement des voies ferrées russes renchérissement sensiblement les prix. Ensuite les fours à coke avaient cessé, peu de temps avant la guerre, d'isoler le benzol contenu dans les gaz, de sorte que cette matière, de toute première importance pour l'industrie des explosifs, n'était disponible qu'en quantité absolument insuffisante.



On voit, par cet exposé sommaire, les difficultés que les industries chimiques et métallurgiques des Alliés ont eu à surmonter par le fait de guerre.

Heureusement que la France et l'Italie avaient la liberté des mers, ce qui fait que ces pays ont pu être approvisionnés par l'Angleterre et par les Etats-Unis. Ces deux nations ont fait un effort industriel formidable et aux Etats-Unis surtout une activité fiévreuse s'est manifestée dans tous les domaines. Jamais l'industrie métallurgique n'y a été aussi prospère. Ainsi la production de la fonte en gueuses a atteint, pour le mois d'octobre 1915, d'après l'*Iron Age*, le chiffre énorme, sans précédent, de 3.125.491 tonnes. De même les industries chimiques ont pris un essor considérable et les Etats-Unis sont devenus exportateurs pour toute une série de produits : matières premières et produits manufacturés inorganiques et organiques.

Comme en Angleterre où, en 1910, on condensait seulement 18 o/o des goudrons de la houille distillée et carbonisée, les usines à coke des Etats-Unis ont introduit, de plus en plus et d'une façon intensive, la récupération des sous-produits. On obtient ainsi le benzol, le toluol et la naphthaline, indispensables pour les moteurs, les industries organiques des colorants, des produits pharmaceutiques, des parfums et surtout aussi des

explosifs. La même industrie produit des quantités considérables de sulfate d'ammoniaque qui diminuent proportionnellement l'emploi du salpêtre de Chili.

Les Américains ont aussi monté ou développé la fabrication du phénol synthétique, de l'acide picrique, du trinitrotoluène, de la tetranitraniline, de l'aniline, des acides benzoïque, salicylique, crésylique et autres. La fabrication des explosifs et des poudres, qui est libre aux Etats-Unis, s'est multipliée.

D'autre part, il a fallu augmenter, aussi bien pour les besoins du pays que pour l'exportation, les industries minérales : acide sulfurique, soude caustique, anhydride sulfurique, chlore, etc. La fabrication de la soude caustique se montait, avant la guerre, à 200.000 tonnes, alors que la consommation n'était que de 175.000 tonnes à l'intérieur, ce qui fait un excédent de 25.000 tonnes en temps normal. Mais déjà en avril 1915, les usines américaines avaient des commandes pour plus de 40.000 tonnes à exporter. Les usines métallurgiques qui grillent des pyrites et des blendes s'installent pour la fabrication de l'acide sulfurique comme la Anaconda Copper Co qui s'est montée pour une production journalière de 100 tonnes. La potasse seule fait défaut, mais les Américains étudient les procédés de préparation en partant du feldspath, des algues et continuent les sondages. Il paraît probable que dans les districts de l'Ouest on finira par trouver des gisements de potasse plus riches que ceux exploités actuellement.

Ces quelques indications ne peuvent donner qu'une image imparfaite du mouvement industriel des Etats-Unis, favorisé par l'afflux de l'argent européen, l'état de paix et une prospérité financière sans pareille.

De même, dans la France non envahie, l'effort industriel a été considérable malgré les entraves résultant du manque de combustible, des difficultés de transport, du manque de main-d'œuvre, etc., et de tous les inconvénients inhérents à l'état de guerre. Notre pays produisait, avant la guerre, environ 800.000 tonnes d'acide sulfurique à 100 o/o ; cette production a été portée à 1.100.000 tonnes. Pour compenser, en partie au moins, la diminution de la production de benzol dans les centres miniers du Nord et de la Belgique, les usines à gaz de Paris, Lyon, Bordeaux et Marseille vont débenzoler le gaz d'éclairage, ce qui produira annuellement environ 6.000 tonnes de benzol et 2.000 tonnes de toluène.

La production du phénol synthétique a été plus que centuplée, de même que la fabrication d'acide picrique, de trinitrotoluène et autres produits servant aux industries de la guerre. Plusieurs usines projettent de monter la fabrication du chlore liquide. Les usines de produits chimiques et pharmaceutiques, de matières colorantes, etc., s'organisent pour assurer l'in-

dépendance industrielle du pays et, en attendant, font de leur mieux pour répondre aux demandes de l'armée. Il sera certainement intéressant de revenir plus tard sur l'importance de ce mouvement industriel et sur celui qui se manifeste aussi en Italie et en Russie. Quant à l'Angleterre, son industrie est, dans certains domaines, bien plus importante que celle de l'Allemagne et le jour où elle sera dirigée d'une façon scientifique, elle lui sera certainement supérieure.



Voyons maintenant ce qui a dû se passer en Allemagne. Il est absolument certain que dans ce pays toutes les industries ayant un rapport avec la guerre ont été intensifiées au possible. L'industrie métallurgique s'est même trouvée dans des conditions particulièrement favorables, occasionnées par l'accaparement du bassin minier de Briey et des charbonnages belges et français. Par suite de l'organisation remarquable de nos ennemis quant aux transports et la disposition de leurs voies ferrées, leur trafic s'est opéré assez normalement une fois la mobilisation générale terminée.

Il semble toutefois ressortir de certaines indications qu'ils songent encore à développer leur navigation fluviale en vue du transport des minerais aux hauts fourneaux. Tant que les usines métallurgiques disposeront des matières premières nécessaires, notamment des minerais de fer fournis par le bassin de Briey et par la Norvège, leur production mensuelle pourra se maintenir à environ 1.050.000 tonnes de fonte, chiffre qui a été atteint en juillet et en août 1915, (y compris les hauts fourneaux du Luxembourg.) On avait espéré que le manque de certaines matières spéciales : manganèse, chrome, tungstène, nickel, etc., aurait une répercussion sensible sur l'industrie du fer et de l'acier, mais il semble que le blocus anglais n'ait pas été suffisamment efficace.

Néanmoins, il ne faut pas perdre de vue que l'industrie mécanique qui travaillait pour l'exportation : machines à vapeur, locomotives, wagons, matériel de transport, compresseurs, machines-outils, métiers à filer et à tisser, puis l'industrie électrique surtout ont certainement diminué leur production.

Une industrie particulièrement atteinte est, sans aucun doute, l'industrie chimique dont les exportations se montaient à plus d'un milliard de marks annuellement. Non seulement l'arrivée de certaines matières premières indispensables est difficile, mais aussi l'évacuation des produits finis rencontre des difficultés sérieuses, malgré le passage sur le territoire des neutres.

Pour le goudron de houille, matière première indispensable aux explosifs, l'Allemagne est complètement indépendante, car elle produit suffisamment de houille pour tous ses emplois et elle récupère la presque totalité des sous-produits formés lors de la carbonisation. On peut estimer que, dans les conditions actuelles, elle doit produire près de 250.000 tonnes de benzol, soit près de 1.000 tonnes par jour, et obtenir, accessoirement, près de 550.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque. Par l'électro-synthèse de l'acide nitrique et celle de l'ammoniaque à partir des éléments et son oxydation subséquente, elle a aussi pu remédier à la pénurie des nitrates importés. Mais son industrie des superphosphates est arrêtée, car elle ne peut plus importer les phosphates naturels.

Les fabriques de matières colorantes et de produits pharmaceutiques, quoique disposant des matières dérivées du goudron, ont dû restreindre sensiblement leurs fabrications par suite de l'interdiction d'exportation. Enfin, l'industrie des sels de potasses, qui était, par la force des choses, un monopole allemand, se trouve atteinte par suite des difficultés d'exportation. Ainsi l'importation des sels pour engrais en Amérique n'a atteint pour les six premiers mois de 1915 que la somme de 3 millions de dollars, alors qu'elle se montait à près de 8 millions pour la même période de l'année précédente.

L'industrie de l'acide sulfurique, qui est la base de toutes les industries chimiques, est certainement entravée, sans que toutefois on puisse se prononcer avec certitude sur les moyens employés par nos ennemis pour y obvier. Avant la guerre, la production allemande s'élevait à 1.600.000 tonnes, à laquelle il faut encore ajouter la production de l'Autriche-Hongrie qui se montait à 450.000 tonnes. Pour produire ces quantités énormes d'acide, les empires centraux étaient obligés d'importer environ 80 o/o des pyrites consommées et qui ont dû faire défaut (environ 1.000.000 de tonnes pour l'industrie allemande seule). L'Allemagne a pu, il est vrai, s'approvisionner en Norvège, dont la production atteint 460.000 tonnes annuellement, ce qui correspond à près de 600.000 tonnes d'acide. Il faut y ajouter les stocks de pyrites saisis en Belgique, dans le nord de la France et en Pologne.

D'autre part, l'arrêt de l'industrie des superphosphates, qui consommait la plus grande partie de l'acide (au moins 70 o/o) a permis de restreindre la consommation d'acide sulfurique et de la limiter aux besoins de la guerre.

Cet acide est employé surtout pour la préparation des explosifs et des poudres; il peut être régénéré après la nitration et c'est certainement ce qui se fait chez nos ennemis. Il en est autrement en France où l'on perd

une grande partie des acides résiduaire. Ceci tient au fait que beaucoup de nitrations se font, chez nous, avec du nitrate de soude ; l'acide chargé de bisulfate est alors difficile à régénérer. Enfin, n'oublions pas qu'avant la rupture avec l'Italie, l'Allemagne a pu constituer des stocks importants de soufre.

L'arrêt de la fabrication des superphosphates a eu nécessairement une influence sur les industries agricoles et leur rendement. Mais il ne faut pas oublier que l'Allemagne produisait 2.250.000 tonnes de scories Thomas, auxquelles il faut encore ajouter 100.000 tonnes produites par l'Autriche-Hongrie et la production des pays envahis (Belgique, 655.000 tonnes et Luxembourg 250.000 tonnes). Ces quantités ont, certes, été diminuées par la guerre, mais toutefois l'Allemagne ne manque pas absolument d'engrais phosphatés.

Quant au sulfate d'ammoniaque, il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer que les procédés Burkheiser et Walther Feld permettent d'utiliser le soufre des houilles pour la production de l'acide sulfurique nécessaire à la neutralisation de l'ammoniaque. On peut aussi faire agir l'ammoniaque, dans certaines conditions, sur le sulfate de magnésie (brevet allemand 292.818 du 4.5. 1915) ou le sulfate de chaux.

Enfin, dans ses gisements de sulfate de baryte, de gypse et de sulfate de magnésie (kiesérite), l'Allemagne possède des réserves de soufre qui, par des procédés divers, peuvent être transformées en acide sulfurique. Cette fabrication ne se fait pas en temps normal, mais il ne paraît pas impossible qu'elle ait été montée pour les besoins de la guerre. Nous ne pouvons entrer ici dans des détails au sujet de ces procédés ; diverses solutions sont possibles et nous ne pouvons nous prononcer avec certitude jusqu'à quel point ils ont pu trouver des applications.

Néanmoins, on peut affirmer que le blocus du soufre a certainement eu des répercussions sensibles sur les industries chimiques en Allemagne et a dû contribuer à susciter des difficultés techniques et économiques.

Mais l'industrie certainement la plus atteinte, est l'industrie textile qui, au point de vue des transactions commerciales, était l'industrie la plus importante de l'Allemagne, car sur un chiffre d'affaires global de 22 1/2 milliards, l'industrie textile figurait pour 3.300 millions, soit environ 15 0/0. Le nombre des ouvriers employés par cette industrie était de 840.000, ce qui la mettait au troisième rang ; les industries minières et métallurgiques seules emploient un nombre d'ouvriers plus considérable encore.

La cause essentielle de son désarroi, c'est que la presque totalité des ma-

tières premières venaient de l'étranger : elle importait pour 692 millions de coton, 376 millions de laine, 180 millions de soie, 60 millions de lin et 90 millions de jute, sans compter d'autres fibres exotiques : ramie, chanvre de Manille, etc. La valeur des fibres importées s'élevait à près de 1.500 millions de marks qui, par la transformation que leur fait subir l'industrie, s'augmentait à près de 4 1/2 milliards ; sur ce total 1.400 millions de produits manufacturés étaient exportés.

Le blocus des alliés empêche les matières premières d'arriver. L'Allemagne produit bien du lin et du chanvre, ainsi que de la laine, mais en quantité tout à fait insuffisante (20.000 tonnes environ pour une consommation annuelle de près de 200.000 tonnes). Elle pourra peut-être s'approvisionner en coton et en laine en Asie Mineure, mais d'une façon certainement insuffisante. Elle développe chez elle la culture des fibres indigènes : chanvre, lin, ortie, épilobe, genêt, jonc, etc. ; elle emploie la pulpe de bois et le papier pour remplacer la cellulose dans l'industrie textile et l'industrie des explosifs, mais il y a pénurie quand même. Malgré les infiltrations par les pays neutres, malgré l'accaparement des stocks considérables de Roubaix, Tourcoing, Verviers, Anvers, Lille, Lodz, etc., il est hors de doute que l'industrie textile allemande subit une crise très grave.

Les fabriques de produits chimiques divers ont pu transformer leurs fabrications en s'adaptant aux besoins de la guerre, en faisant des explosifs, des poudres, des produits asphyxiants, lacrymogènes et autres. L'industrie textile continue à travailler pour les besoins de l'armée, mais elle ne peut se transformer d'un jour à l'autre. La preuve des difficultés qu'elle subit, nous la voyons dans le fait, qu'à partir du 1^{er} octobre 1915, on alloue aux ouvriers de l'industrie textile une indemnité de chômage dont la moitié est versée par l'empire, un tiers par l'Etat confédéré et le sixième restant par la commune.

..

Il semble bien, en résumé, que l'Allemagne, par suite de l'arrêt partiel de ses échanges commerciaux, va au-devant d'une crise économique fort sérieuse. Nous n'oserions affirmer, comme le font nos journaux politiques, toujours excessifs dans leurs articles, que l'Allemagne est vaincue économiquement. Certainement, et cela ressort aussi de la baisse du change, les exportations diminuent et il y a un malaise profond qui ira en s'aggravant plus durera l'état de guerre.

Mais il y a une autre particularité qu'il peut être intéressant de signaler dès à présent. L'Allemagne, en partant en guerre pour des raisons écono-

miques et industrielles, visait, en premier lieu, à ruiner l'industrie de ses voisins pour établir définitivement sa supériorité industrielle et commerciale. Or, il se présente le fait remarquable que, par la force des choses, les nations en guerre avec elle et même les neutres, entravés dans leur ravitaillement ou sollicités par les belligérants, ont dû s'industrialiser à outrance. Les difficultés à vaincre furent plus ou moins grandes selon les pays, et la mobilisation industrielle fut influencée notamment par les charges de la guerre qui pesaient sur les nations.

Aux États-Unis, ainsi que nous le signalions plus haut, grâce à l'afflux de l'argent européen et à l'état de paix, le développement des industries a été prodigieux ainsi qu'au Japon. Nous avons déjà esquissé la mobilisation industrielle de la France, de l'Angleterre et de l'Italie. Ce dernier pays, ne l'oublions pas, deviendra par la suite une nation industrielle fort importante et qui, pour l'utilisation de la houille blanche, vient déjà en première ligne des pays européens. Puis il y a la Russie, dont le développement industriel sera forcément plus lent, par suite de son étendue et l'insuffisance de ses voies de communication, mais qui possède dans son sous-sol tout ce qui est nécessaire pour une industrie florissante et pour ses débouchés : une population nombreuse et, en outre, un hinterland immense. L'Espagne aussi s'y met à son tour, et la Suisse que sa situation géographique oblige à manufacturer des produits chers, va développer encore ses industries organiques des produits pharmaceutiques et des colorants.

On voit par cet exposé, forcément sommaire, que la guerre aura eu précisément pour effet le contraire de ce que voulaient nos ennemis. Au lieu de détruire notre industrie, la crise actuelle a été d'un effet salutaire. Elle a réveillé les énergies endormies, elle a provoqué un effort considérable dont les effets se manifestent dès maintenant et qui seront encore plus sensibles une fois la paix rétablie. Ce sera un des résultats les plus inattendus de la conflagration européenne d'avoir suscité un renouveau industriel dans la plupart des pays belligérants et produit le développement des industries des pays neutres, au détriment de l'industrie de nos ennemis. Malgré l'avance qu'ils ont dans certains domaines par l'effet d'un labeur acharné et d'une organisation, qu'il faut bien reconnaître comme étant remarquables, la distance diminue de plus en plus, et elle sera d'autant plus faible que la guerre durera plus longtemps. Nos ennemis commencent à s'apercevoir de ce résultat et à s'en inquiéter. C'est sans doute une des raisons pour lesquelles ils seraient tentés de conclure une paix rapide qui les préserverait de la défaite industrielle et économique vers laquelle ils s'acheminent lentement mais sûrement.

L'INDUSTRIE CHIMIQUE ET MÉTALLURGIQUE DES ÉTATS-UNIS

Il peut être intéressant de donner les grandes lignes de l'industrie chimique des Etats-Unis, en tenant compte tout particulièrement de la répercussion que les événements actuels ont déjà exercé sur les échanges entre les belligérants et la grande république américaine. Grands fournisseurs de matières premières, les Etats-Unis étaient, d'autre part, tributaires de l'Europe pour certains produits finis, car leur industrie ne suffisait pas à la consommation du pays. L'état de guerre a profondément modifié les importations et les exportations. Il a notamment fait diminuer les importations par suite de la diminution de production dans les états en guerre et aussi par suite des défenses d'exportation prises dans tous les états belligérants. Il y a eu d'un autre côté augmentation sensible des exportations pour une série de produits dont la production était insuffisante chez nous ou chez nos alliés. Pour répondre à ces demandes, les usines des Etats-Unis ont dû non seulement augmenter leur production en agrandissant leurs usines, mais aussi, et surtout, en créer de nouvelles. L'afflux de l'argent européen et la situation économique favorable, qui en a été la suite, a donné une extension formidable aux entreprises industrielles qui se sont développées d'une façon tout à fait prodigieuse. Elles ne se sont du reste pas bornées uniquement à fabriquer des produits courants, mais elles ont aussi entrepris la fabrication de produits spéciaux et qui étaient surtout importés d'Allemagne.

C'est une nouvelle concurrence aux produits allemands et à l'industrie allemande qui s'installe peu à peu sur les marchés divers, alimentés autrefois par cette puissance envahissante. Et les conditions favorables de vente, par suite des prix élevés, permettent à ces nouvelles usines d'amortir leurs installations, de sorte qu'elles seront sans doute à même de continuer la lutte après la guerre et capables de maintenir les marchés conquis.

Il y a là une défaite industrielle pour l'Allemagne dont on ne peut assez souligner l'importance si elle est durable, comme nous l'espérons avec beaucoup de probabilité.

Pour certains produits, comme le zinc, par exemple, dont les exportations américaines ont sensiblement augmenté, il est à présumer qu'elles ne seront que passagères, car, une fois la Belgique dégagée, ce pays redeviendra, comme autrefois, le fournisseur principal du marché européen.

Mais, dans d'autres cas, il paraît probable que les Etats-Unis pourront garder les marchés conquis et même lutter avec les produits allemands. Cela paraît vraisemblable pour le marché indigène et les marchés de l'Amérique du Sud. Là aussi, il faut bien faire remarquer que plus l'état de guerre durera, plus la position acquise sera renforcée. En outre, les fabrications plus délicates, telles que celles des produits intermédiaires pour l'industrie des colorants ainsi que les colorants eux-mêmes, seront plus avancées et les expériences accumulées diminueront la distance qui les sépare des industries allemandes.

Il n'est naturellement pas possible de donner, dès maintenant, une image complète d'une industrie qui se développe chaque jour et dont les moyens de production vont sans cesse en s'accroissant. Notre ambition doit se borner à donner l'état des industries principales en se basant sur les données des années 1913 et 1914 et en indiquant, au fur et à mesure, et suivant les renseignements que nous possédons, les modifications survenues par suite de l'état de guerre en Europe.

Si l'on veut se rendre compte de l'essor pris par les industries américaines de toute sorte, les chiffres suivants parlent d'eux-mêmes. Les exportations américaines se sont élevées, en 1915, à 3 1/2 milliards de dollars (17 1/2 milliards de francs), c'est-à-dire qu'elles ont atteint près du double des exportations de l'année précédente. L'excédent des exportations sur les importations a été de 1.772 millions de dollars (près de 9 milliards de francs). Il est toutefois bon de faire remarquer que, par suite de l'élévation du prix de tous les produits, les quantités exportées ne correspondent nullement au double de celles exportées l'année précédente. Néanmoins la progression est formidable. Enfin, n'oublions pas que, en dehors des produits manufacturés, il y a des matières premières et alimentaires qui forment un total considérable. Mais le chiffre des transactions totales se montent toutefois à la somme énorme de plus de 26 milliards de francs.

Commerce extérieur des Etats-Unis.

	1911	1912	1915
	—	—	—
		(en millions de frs.)	
Importations	7,662	9,088	8,640
Exportations	10,463	12,000	17,500
Totaux	18,125	21,088	26,140

Métallurgie et industries minières.

L'industrie métallurgique des Etats-Unis s'est développée considérablement par suite de la guerre, car les belligérants ont dû faire appel à sa production. C'est, évidemment, l'industrie du fer qui a été sollicitée en première ligne et qui n'a jamais été aussi florissante. Ainsi, en octobre 1915, la production de la fonte a atteint, d'après l'*Iron Age*, le chiffre formidable de 3.125.491 tonnes, ce qui fait que, pour l'année 1915, le total s'est élevé tout près de 34 millions de tonnes (1).

Voici, à titre de comparaison, les productions des années précédentes :

Années	1907	1908	1909	1910
Millions de tonnes.....	25,78	15,94	25,80	26,84
Années	1911	1912	1913	1914
Millions de tonnes.....	23,31	29,37	30,73	22,66

Si l'année 1914 s'est ressentie des événements dans un sens défavorable, la diminution a été compensée par le gain obtenu en 1915. Il est à supposer qu'avec la consommation formidable de la guerre moderne en matériel de toute sorte, la situation de l'industrie sidérurgique va continuer à rester favorable.

Certaines spécialités, comme le ferromanganèse, étaient en partie importées d'Angleterre et d'Allemagne ; pour s'affranchir, la *Noble Electric Steel Co* à Héroult, Californie, ainsi que la *American Manganese Co* à Dunbar, Pennsylvanie, projettent d'en développer la fabrication. Celle-ci s'élevait à 353.100 tonnes en 1913, déjà en progression sérieuse sur l'année

(1) La tonne américaine (sh. t.) n'est que de 907,2 kgs. ; il existe en outre la tonne de 1016 kgs. (long t.).

précédente, où elle n'avait été que de 227.725 tonnes (long tons à 1.016 kgs.)

Les Etats-Unis sont les plus grands producteurs de cuivre du monde. Toutefois, par suite du blocus, la production a d'abord diminué ; elle n'a été que de 575.068 tonnes en 1914, contre 612.242 tonnes en 1913. En tenant compte des minerais et du métal brut importés, la fabrication du cuivre raffiné a produit 756.500 tonnes (contre 857.533 en 1913), soit une diminution de près de 100.000 tonnes. Mais la production s'est sensiblement relevée en 1915 et 1916 pour atteindre 970.950 tonnes dans cette dernière année.

Pour le zinc aussi il y a augmentation sérieuse. Avant la guerre, la Belgique était le grand fournisseur de ce métal ; elle en exportait pour près de 116 millions de francs alors que les Etats-Unis ne figuraient que pour 5 millions annuellement. On verra l'accroissement considérable de l'exportation de ce pays dans le fait que, pour la période août-octobre 1914, il est sorti 32.750 tonnes alors que pour la même période de l'année précédente on ne compte que 670 tonnes. La production totale des Etats-Unis avant la guerre était estimée à 350.000 tonnes annuellement elle a presque atteint le double de ce chiffre en 1916. Non seulement ; la production du métal a augmenté, mais aussi celle des dérivés : blanc de zinc, lithopone, etc. Ainsi la *New Jersey Zinc Co* construit à Millport près Palmerston, Pensylvanie, une fabrique de lithopone à côté de celle d'oxyde de zinc qu'elle possédait déjà.

La même observation peut s'appliquer au plomb, et pour ce métal aussi on peut constater l'augmentation de la production indigène et de l'exportation et, d'autre part, la diminution de l'importation des minerais étrangers. La production se monte, en 1914, à 537.079 tonnes (contre 462.460 en 1913) ; l'exportation a été de 62.294 tonnes.

La fabrication de l'aluminium aux Etats-Unis est très importante ; elle a été de 22.500 tonnes en 1914, soit environ un tiers de la production mondiale, estimée à 68.300 tonnes (la France a été productrice, soit dit en passant, de 18.000 tonnes). Cette industrie se développe considérablement et sa capacité de production sera incessamment doublée (36.240 tonnes en 1915).

Notons, enfin, que le mercure dont l'importance pour la production des fulminates est considérable, à l'heure actuelle, figure pour 20.670 bouteilles (à 34 kilos), soit pour environ 700 tonnes.

Parmi les produits extraits du sous sol, mentionnons encore le soufre. Les Etats-Unis sont grands producteurs et exportateurs de soufre. On sait que l'extraction se fait par des procédés particuliers, sur lesquels il n'y a

pas lieu d'insister ici, à grande profondeur, par l'eau surchauffée; en 1914, la production s'est montée à 327.634 tonnes; l'année précédente, 89.000 tonnes avaient été exportées, principalement en Europe par Marseille et par Hambourg.

La *Union Sulphar Co*, qui exploite ses gisements en Louisiane et qui possède une raffinerie de soufre à Marseille, fait une concurrence sérieuse à l'exportation sicilienne. Les importations de cette dernière pour le midi de la France ont diminué de 33.000 tonnes en 1912. Une partie importante de la production américaine est aussi absorbée par le Canada pour l'industrie de la pâte à papier. Mentionnons encore la *Freeport Sulphar Co* qui a commencé ses exportations au début de l'année 1914.

L'arsenic blanc est un produit accessoire des usines métallurgiques; on en a produit 3.141 tonnes en 1912 et 2.375 tonnes en 1913. Pour 1915 la production a été sensiblement augmentée à 5.495 tonnes.

Nous n'insisterons pas autrement sur l'industrie américaine du pétrole qui est la première du monde. Elle a produit 284 millions de fûts (à 159 litres), en 1914 (contre 248,4 millions l'année précédente).

La production de benzine a progressé de 34.915.000 barils en 1914 à 41.600.000 barils en 1915.

Annexe à l'industrie métallurgique des Etats-Unis.

Production minière en	1914	1915	1916
Houille (tonnes de 907 kgs)...	422.703.970	432.520.000	509.000.000
Anthracite " ...	90.821.507	88.912.000	88.000.000
Plomb " ...	538.735	535.922	583.498
Zinc " ...	362.361	492.495	672.300
Cuivre " ...	579.291	712.849	970.950
Minerais de fer (tonnes de 1016 kgs) " ...	42.911.897	58.843.804	81.095.000
Fonte " ...	23.147.226	29.916.213	39.484.000
Graphite (tonnes de 907 kgs) .	4.336	—	—
Soufre " ...	327.634	—	—
Bauxite " ...	—	297.041	—
Arsenic blanc " ...	—	5.495	—
Aluminium " ...	—	36.240	—
Mercure " ...	—	700	—
Tungstène " ...	990	2.165	—
Or (Livres sterling) ...	18.906	18.778	—

Industries inorganiques.

L'acide sulfurique est le produit fondamental pour toutes les industries chimiques et sa production est donc l'indication la plus importante pour l'état de développement de ces industries. La fabrication d'acide sulfurique produisait, en 1913, 3.540.000 tonnes d'acide à 50° B., soit 2.200.000 tonnes d'acide réel (Allemagne : 1.600.000 tonnes ; France : 800.000 tonnes). Cette quantité a encore été augmentée par suite de l'agrandissement des usines existantes et la création de nouvelles installations. La *Anaconda Copper Co* p. ex., s'est montée pour une production journalière de 100 tonnes en utilisant l'acide sulfureux provenant du grillage des minerais cuprifères. D'après la statistique pour 1915, la production en acide sulfurique a été de plus de 4 millions de tonnes d'acide à 50° B., sans compter 49.000 tonnes d'oléum, soit près du double de l'année précédente.

L'état de guerre a provoqué une augmentation de l'exportation de l'acide sulfurique qui était autrefois surtout envoyé au Mexique. Ainsi en 1913, elle se montait à 4.849 tonnes, puis à 6.588 tonnes en 1914 et elle a encore dû s'accroître puisque l'Europe, et particulièrement la France, ont eu recours aux Etats-Unis pour s'alimenter en acide fumant.

Les exportations se sont élevées, en effet, pour les dix premiers mois de l'année 1915 à 35.000 tonnes, soit dix fois plus que pour la même période de l'année précédente.

Une notable quantité de l'acide fabriqué (près d'un million et demi de tonnes), sert à la production des superphosphates qui est la plus importante du monde puisqu'elle produit annuellement 3.248.000 tonnes métriques (la France vient en seconde ligne avec 1.900.050 tonnes, l'Allemagne seulement en troisième ligne : 1.818.700 tonnes en 1913).

La matière première, les phosphates naturels, se trouvent en gisements importants aux Etats-Unis qui sont des exportateurs considérables. Parmi les débouchés, il faut citer surtout l'Allemagne et les Pays-Bas ainsi que la Belgique. Sur 1.439.000 tonnes exportées en 1913, l'Allemagne seule en importait près de 350.000 tonnes et le petit tableau suivant donne les exportations pour les divers pays :

Pays	Phosphates naturels exportés en 1000 tonnes
Allemagne.....	348
Hollande.....	196
Angleterre.....	179
Belgique.....	137
France.....	121
Italie.....	102
Divers.....	182
Total.....	1.439

En 1914, l'exportation des phosphates est tombée à 1.028.000 tonnes et, dans ce total, l'Allemagne figure pour 220.000 tonnes importées pendant les sept premiers mois de l'année 1914.

La production des phosphates naturels qui dépassait 3.000.000 de tonnes en 1913 s'est abaissée à 2.626.000 tonnes en 1914, ce qui permet d'admettre une production de superphosphates de 2.900.000 tonnes pour cette même année.

..

Pour les nitrates, les Etats-Unis sont tributaires de l'étranger et ils importent près de 600.000 tonnes de nitrate du Chili. Le grand développement pris par l'industrie des explosifs a fait monter les importations, en 1915 à 1916, à 1.070.000 tonnes.

Il est remarquable qu'un pays aussi industriel que l'Amérique ne produise qu'une quantité insuffisante d'engrais azotés et de sulfate d'ammoniaque notamment. Sa production ne dépassait pas, avant la guerre, 155.000 tonnes, qui est très faible si on la compare à celle de l'Allemagne (550.000 tonnes) et de l'Angleterre (430.000 tonnes). Comme la consommation indigène se montait à près de 200.000 tonnes, on a dû importer 58.300 tonnes en 1913 et 74.100 en 1914, qui venaient surtout de l'Angleterre.

Cette faible production tient à ce que, aux Etats-Unis, le gaz d'éclairage n'est pas préparé par carbonisation de la houille mais par carburation du gaz à l'eau avec des résidus de distillation du pétrole. Dans ces conditions la houille fournit dix fois plus de gaz que par le procédé de carbonisation usuel et proportionnellement moins d'ammoniaque. D'autre part, l'industrie des fours à coke utilisait surtout les anciens fours à ruche où les

produits de carbonisation volatils sont perdus. Il est certain que le développement de l'industrie de la récupération des sous produits des fours à coke modernes, dont il sera encore question plus loin, affranchira bientôt les Etats-Unis des importations en sulfate d'ammoniaque et aura aussi une répercussion sur le marché des nitrates.

En effet, pour 1915, cette production atteint déjà 192.000 tonnes, ce qui fait que les importations ont baissé à 20.000 tonnes pour 1915/1916.

Grâce à l'abondance de la houille blanche, (2 millions de chev. hydrauliques en exploitation) l'industrie de la cyanamide calcique, le dernier venu des engrais azotés, se développe considérablement ; sa production a monté, de 14.000 tonnes en 1912, à 64.000 tonnes en 1914.

Notons ici la production de 8c.000 tonnes de carbure de calcium, monopole de la Union Carbide C°.

Pour les sels de potasse, indispensables à l'agriculture, l'Amérique est, jusqu'à présent, tributaire de l'Allemagne. L'état de guerre a fait sensiblement baisser les importations ; ainsi pour l'année 1914, cette diminution se monte à près de 240.000 tonnes. En voici du reste le détail.

Sels pour engrais	1913 en 1.000 tonnes	1914 en 1.000 tonnes
—	—	—
Chlorure de potassium.....	214	169
Sulfate de potassium.....	40	36
Kainite.....	466	330
Divers.....	223	168
	<u>943</u>	<u>703</u>

La valeur des sels de potasse pour engrais importés, en 1913, se montait à 13 millions de dollars environ (contre 10,7 millions en 1914).

La même diminution s'observe sur les sels de potasse industriels importés également d'Allemagne.

Sels de potasse	1913 en tonnes	1914 en tonnes
—	—	—
Potasse caustique.....	4.295	3.598,5
Carbonate de potasse.....	10.718,5	7.945,5
Nitrate de potasse.....	4.938,5	1.115
Cyanure de potassium.....	511,5	623
Sels divers.....	3.057,5	2.607
	<u>23.521</u>	<u>15.889</u>

soit une diminution de près de 7.500 tonnes d'une valeur d'environ 500.000 dollars.

La diminution de l'importation de la potasse caustique doit aussi être attribuée au développement de la *Niagara Alkali Co.*, à Niagara Falls, New-York. Cette fabrique a augmenté sa production de potasse de 3.000 à 10.000 tonnes annuellement, et comme la consommation américaine ne dépasse pas 6.000 à 7.000 tonnes, elle peut exporter environ 1/3 de sa production.

La question des sels de potasse est de la première importance pour l'agriculture des Etats-Unis et la guerre lui a redonné toute son acuité. Comme les gisements exploités actuellement dans l'Ouest ne donnent que des quantités insuffisantes, il faut, jusqu'à ce que l'on trouve des gisements plus riches — ce qui n'a rien d'improbable, — utiliser les sels de potasse d'autres provenances. Il y a surtout le feldspath — silicate à base de potasse et d'alumine — qui semble une matière première toute indiquée. Toutefois, les nombreux procédés étudiés jusqu'à présent n'ont pas encore donné satisfaction, soit que les rendements en sels de potasse soient trop faibles, soit que les prix de revient soient trop élevés. Ainsi la *Davison Chem. Co.* à Baltimore, a étudié le procédé Bassett, la *U. S. Potash Co.*, également à Baltimore, le procédé Swayze, etc., mais l'exploitation de ces procédés n'aura qu'une durée éphémère, si toutefois on se décide à les appliquer.

On a aussi réexaminé la question des algues et varechs (kelp), riches en potasse, en vue d'une extraction industrielle. Ainsi l'espèce *macrocystis pyrifera*, qui se trouve sur les côtes de la Californie en quantités considérables, contient à l'état sec : 10/0 d'azote et 110/0 de potasse (K_2O) ; elle pourrait donc servir directement comme engrais après dessiccation à l'air. L'extraction des sels de potasse, après carbonisation et lixiviation des cendres, permettrait de récupérer en outre l'iode contenu. S'il est exact que ces cendres contiennent 0,250/0 d'iode à côté de 300/0 de potasse, on pourrait, en couvrant la consommation des Etats-Unis en iode (environ 250 tonnes), obtenir subsidiairement près de 30.000 tonnes de potasse. Toutefois, ce procédé paraît trop dispendieux pour pouvoir lutter, dans des conditions normales, avec le bas prix des sels de potasse naturels.

En partant de l'alunite, qui est un sulfate double d'alumine et de potasse, la *Mineral Products Co.* à New-York près Marysvale, Utah, obtient, par calcination, puis extraction à l'eau, dit-on, journellement 20 tonnes de sulfate de potasse.

On examine aussi la possibilité d'employer les mélasses pour la fabrica-

tion de la potasse, mais le chiffre de 100 tonnes par jour qui a été indiqué, est certainement exagéré. Comme la production du sucre de betteraves est, aux Etats-Unis, à peu près la même qu'en France, on ne peut guère compter obtenir plus de 8.000 tonnes de potasse par an par ce procédé.

La fabrication de la soude caustique se monte à environ 200.000 tonnes. Comme la consommation intérieure ne dépasse pas 175.000 tonnes, une assez forte quantité est disponible pour l'exportation. Ainsi, en 1913, on en a exporté 20 000 tonnes ; mais la guerre a provoqué des demandes plus fortes, puisqu'en août 1915, les usines américaines avaient des commandes pour plus de 40.000 tonnes à exporter. Comme les Etats-Unis possèdent le sel marin nécessaire à la fabrication de la soude caustique, les usines peuvent augmenter leur production. L'inconvénient du procédé électrolytique est toutefois que, pour chaque tonne de soude caustique, on obtient deux tonnes de chlorure de chaux ou une proportion de chlore équivalente. Or, l'industrie américaine produit déjà près de 90.000 tonnes de chlorure de chaux ; cette quantité, il est vrai, est insuffisante puisqu'on a importé 30.000 tonnes en 1913 et 17.000 tonnes en 1914, qui venait surtout d'Angleterre et 1/3 seulement d'Allemagne. Mais les chiffres indiqués montrent qu'une augmentation un peu sérieuse donnerait un grand excédent de chlorure décolorant. D'autre part, l'excès de chlore produit, au lieu d'être transformé en chlorure, peut être liquéfié. Ce chlore liquide trouve de multiples emplois dans les industries organiques.

Le carbonate de soude est fabriqué par cinq puissantes sociétés dans six usines ; sa production se monte à 675.000 tonnes, dont les deux tiers environ servent en savonnerie et en verrerie. On connaît l'outillage perfectionné de cette dernière industrie, notamment pour la fabrication des bouteilles.

Les Etats-Unis sont toutefois importateurs d'autres sels de sodium et notamment du cyanure de sodium et du cyanure mixte de potassium et de sodium qui servent en métallurgie et pour la galvanoplastie. Toutefois, la *Roessler et Hasslacher Chemical C.*, à New-York, s'agrandit pour couvrir la consommation indigène en cyanures.

A signaler aussi l'industrie du sulfate de cuivre dont la matière première est produite par le pays. On estime cette fabrication à 20.000 tonnes environ ; une certaine partie était exportée dans les pays balkaniques pour des usages viticoles.

La production en *couleurs minérales* s'est élevée en 1914, à 419.763 tonnes d'une valeur de 38 millions de dollars. Le plus gros appoint (246.206 tonnes) est fourni par les couleurs préparées par voie chimique : céruse, litharge, minium, lithopone, etc. ; par traitement des minerais de zinc et de plomb on prépare 106.791 tonnes de couleurs et 30.947 tonnes par broyage de minerais colorés divers, dont 14.387 tonnes d'ocres.

L'industrie des ciments de Portland a produit, dans 113 usines, en 1914 : 88 millions 514.000 fûts (à 172 kilos), contre 92.097.131 en 1913, sur lesquels on a exporté 2.964.000 fûts.

Nous complétons ces indications par quelques données statistiques :

Produits	Importations en tonnes	
	1913	1914
Nitrate de soude.....	626.000	544.000
Cyanure de sodium.....	—	1.212
Sels de sodium divers.....	5.588	—
Sulfate d'ammoniaque.....	58.300	74.100
Sel ammoniac.....	4.510	3.921
Chlorure de chaux.....	30.802	17.270
Magnésie.....	168.000	121.000
Soufre brut.....	14.600	22.800
Arsenic et sulfure d'arsenic.....	3.344	2.040
Iode brut et sublimé.....	120	231

Produits	Exportations en tonnes	
	1910	1914
Acide sulfurique.....	4.849	6.588
Soufre brut.....	89.200	98.200
Sulfate de cuivre.....	2.085	3.694
Carbure de calcium.....	16.181	16.375
Oxyde de zinc.....	17.064	14.467
Céruse.....	7.531	8.823

Industries organiques.

La campagne sucrière de 1914-1915 a été bonne puisqu'elle a produit 722.054 tonnes de sucre de betteraves contre 660.000 tonnes dans l'exercice précédent. Cette quantité de sucre ne suffit pas à la consommation indigène, de sorte que les Américains importent encore plus de 2 millions de tonnes de sucre de canne et 40 millions de gallons de mé-

lasse, soit pour plus de 100 millions de dollars de matières sucrées. Nous n'insisterons pas sur la fabrication du glucose, fort importante, mais dont la majeure partie est consommée dans le pays pour les industries de fermentation. On sait toutefois que certaines usines préparent du dextrose à l'état pur, dont on exporte près de 20.000 tonnes.

Les Etats-Unis sont aussi grands producteurs de corps gras destinés à l'alimentation et à l'industrie : saindoux, huiles de coton, de maïs, etc. On trouvera quelques indications sur les transactions dans les tableaux que nous donnons à la fin de cette étude et auxquels on voudra bien se reporter.

Comme le pays possède d'énormes forêts, les industries de la carbonisation du bois sont fort développées et produisent les sous-produits habituels : pyrolignite et acétate de chaux, esprit de bois et alcool méthylique, acétone, goudron de bois, etc. La production de pyrolignite de chaux s'élève à 80.000 tonnes par an. Un quart du pyrolignite de chaux, qui est exporté, va en Allemagne, soit près de 8.400 tonnes annuellement, pour servir à la fabrication de l'acide acétique et de ses dérivés.

Toutefois, une certaine quantité d'acide acétique était importée d'Allemagne, mais rien n'empêche de le produire dans le pays même. La même observation s'applique à l'acide oxalique, qui peut se manufacturer avec la sciure de bois. La production indigène n'étant que de 2.000 tonnes environ, on en importait près de 4.000 tonnes, dont les deux tiers étaient d'origine allemande.

Quant à l'alcool méthylique, la moitié va aux usines allemandes, et un quart en Angleterre. On a aussi étudié le problème de transformer la sciure de bois en alcool, sans toutefois arriver jusqu'à présent à une solution industrielle définitive.

..

Quant à l'acide phénique, et aux dérivés du goudron de houille en général, la guerre a profondément modifié le marché par suite des interdictions d'exportations, faites par tous les pays belligérants. On sait, en effet, que le benzol, le toluol et l'acide phénique sont les matières premières indispensables à la fabrication des explosifs. Comme la production en acide phénique était insuffisante, puisque les Etats-Unis étaient importateurs à raison de 3.460 tonnes en 1914, 3.751 tonnes en 1913, et que la matière première indispensable à sa fabrication synthétique est le benzol, c'est ce produit dont il a fallu augmenter la production. Rien n'était plus facile en présence des quantités considérables de houille que l'on carbonisait et

dont on perdait les produits volatils. Il a suffi de développer l'industrie de la récupération des sous-produits des fours à coke pour multiplier les quantités de benzol obtenues jusqu'alors.

Ainsi la *Cambria Steel Co.*, à Johnston, Pennsylvanie, produit par jour 5 tonnes de benzol, et à côté 1 tonne de naphthaline, puis du toluène et du xylène ; la *Tennessee Coal and Iron Co.*, 13.000 gallons de benzol par jour ; la *U. S. Steel Co.*, à Erie, Indiana : 12.000 gallons ; la *United States Steel Co.*, à Sharon, Pennsylvanie : 18.000 gallons ; le district de Pittsburg : 20.000 gallons, etc., etc. On signale qu'à Woodward, Alabama, une installation se monte pour produire journalièrement 7 tonnes par jour ; ailleurs, c'est une société qui commande 92 fours à coke à récupération pour 1 million de dollars.

En dehors de l'obtention du benzol par lavage des gaz des fours à coke, on en obtient aussi par distillation du goudron, formé également lors de la carbonisation. Ainsi, *Thomas A. Edison* monte à Johnstown, Pennsylvanie, une usine pour produire 18.000 gallons par distillation du goudron de la *Cambria Steel Co.* ; la *Laclede Gas Light Co.*, à Saint-Louis, produit 1.000 gallons.

D'après les renseignements que nous possédons, il existait aux États-Unis, à la fin de 1915, environ 5.000 fours à coke avec récupération des sous-produits pouvant carboniser de 8 à 9 millions de tonnes de houille, soit 1/8 de la houille cokéifiée pour l'industrie métallurgique. La production de benzol, qui était de 3 millions de gallons avant la guerre, s'élève à présent à 15 millions et, pourra atteindre, avec les installations en cours, de 20 à 22 millions de gallons (75 millions de litres environ).

Le benzol sert notamment à la préparation de l'aniline et de l'acide phénique, déjà mentionnés plus haut, deux produits pour lesquels les Américains étaient tributaires de l'Allemagne. Les fabriques américaines sont arrivées à couvrir la consommation indigène en aniline ainsi que celle en acide phénique dont la fabrication, en partant du benzol, se fait avec d'excellents rendements.

La consommation en aniline, qui était de 4.000 tonnes, est actuellement largement couverte par la production indigène ; la production du phénol s'est multipliée de beaucoup puisque les États-Unis sont exportateurs de ce produit ainsi que de l'acide picrique qui en dérive. La *Standard Aniline Co.* prépare également le naphтол et la paranitraniline ; les *Monsanto Chem. Works* à Saint-Louis, le dinitrochlorbenzol, etc.

A l'aide du chlore obtenu, d'autre part, à côté de l'alcali caustique, par l'électrolyse des chlorures alcalins, les Américains peuvent préparer le chlorebenzène, matière première pour les noirs au soufre, fabriqués

surtout par la maison *Klipstein et C^o* et la *Federal Dyestuff et Chem. C^o*, à Kingsport.

En possédant maintenant le benzol, l'aniline, l'acide phénique, la naphthaline, etc., ainsi que l'acide sulfurique fumant et le chlore, rien ne s'oppose plus à la fabrication des produits intermédiaires nécessaires à l'industrie des colorants artificiels. Ainsi, la *Benzol Product C^o*, à Marcus Hook, près Philadelphie, qui est une émanation de la *Semet-Solvay C^o*, et qui fabrique aussi du benzol, la *National Anilin and Chemical C^o*, à Buffalo; la *W. Beckers Anilin and Chemical C^o*, la *American Synthetic Color C^o*, à Stamford, Connecticut, la *Standard Anilin C^o*, à Wappinger Falls, New-York, *Kalle et C^o*, à Albany, *Heller et Merz* et la *Central Dyestuff C^o*, à Newark et d'autres se proposent de créer ou d'étendre leurs fabrications organiques.

Tout en faisant la part de l'exagération, du bluff américain, il n'en est pas moins certain que les industries organiques se développent au détriment de l'industrie allemande.

On mesurera l'effort fait dans ce domaine par les indications suivantes :

En 1913, les Etats-Unis ont importé pour 9.742.000 de dollars de colorants synthétiques et pour 9.251.000 en 1914, dont la majeure partie venait d'Allemagne et une faible partie des usines bâloises.

Actuellement 17 usines préparent des produits intermédiaires et 12 usines fabriquent près de 15.000 tonnes de colorants artificiels, alors qu'avant la guerre la production ne dépassait guère 3.300 tonnes. Les Américains ne reculent pas devant les fabrications compliquées; ainsi la *Dow Chemical C^o*, à Midland, Michigan, monte la fabrication de l'indigo synthétique à raison de 2 1/2 tonnes de pâte par jour. La *Schoellkoff Aniline and Chem. C^o*, à Buffalo, s'agrandit pour pouvoir produire 5.000 tonnes de colorants en 1916. Nous assistons actuellement à un développement des industries organiques dont il n'est pas encore possible de fixer toute l'ampleur et toutes les conséquences (1).

Quand on voit la *American Camphor C^o*, à Philadelphie s'installer pour la fabrication du camphre synthétique qui est une fabrication relativement difficile, on se rendra mieux compte de la progression faite par les industries organiques et la concurrence que l'industrie allemande va rencontrer sur le marché américain.

(1) L'importance de la consommation américaine en colorants artificiels s'élevait à 26.000 tonnes d'une valeur de 70 millions de francs. Voir *Artificial Dyestuffs in United States; quantity and value of foreign imports and of domestic production during the fiscal year, 1913-1914*, by THOMAS NORTON, Washington, 1916, 254 pages.

Il est toutefois intéressant de noter qu'en présence du manque de colorants artificiels et des difficultés pour s'en procurer, la fabrication des extraits de colorants naturels a pris un nouvel essor. Ainsi la *American Dyewood Co* augmente sa production en colorants issus du règne végétal.

..

Comme l'industrie des explosifs et des poudres n'est pas un monopole, mais est libre aux États-Unis, elle a pris par le fait de guerre un développement considérable. Nous n'entrerons pas dans des détails sur ce sujet qui sortirait du cadre de cette étude. Il suffira de dire que les exportations de cette industrie se sont montées de juillet 1914 à mars 1915 à près de 15 millions de dollars contre 4,7 millions pendant la même période en temps de paix.

Ce mouvement ne fait que s'amplifier, car les exportations progressent d'une façon formidable : 103.527.000 dollars pour les dix premiers mois de 1915 contre 6.440.000 dollars pour la même période de l'année précédente. Certainement l'industrie des explosifs verra sa production diminuer, l'état de guerre une fois passé. Mais il n'est pas impossible que les fabricants utilisent leur matériel pour faire des produits organiques, soit des matières intermédiaires, soit des colorants artificiels.

Parmi les industries américaines importantes, il faut aussi signaler celle du caoutchouc qui importe annuellement près de 60.000 tonnes de gomme brute (59.000 tonnes en 1912). Ses importations se sont élevées, pour 1915, à 90.000 tonnes ; c'est dire le développement considérable pris par cette industrie par suite de l'état de guerre en Europe.

On sait aussi que la régénération du caoutchouc usagé est très conséquente et que cette industrie est en grande partie approvisionnée par le marché européen.

Les importations en déchets et caoutchouc usagés se montent annuellement à environ 18.000 tonnes, soit le tiers de la matière fraîche.

Le procédé de régénération en usage est le procédé à l'acide dû à l'Américain Mitchell. La gomme régénérée est additionnée, en proportions variables, à la gomme fraîche lors de la fabrication des objets en caoutchouc.

L'industrie du celluloïd et de ses dérivés (fiberloïd), qui est d'origine américaine, se développe continuellement. L'importation de camphre brut et raffiné, nécessaire à cette fabrication, a doublé en 1916 (2.804 tonnes pour janvier-septembre 1916).

Nous complétons ces notes par quelques données statistiques d'importations et d'exportations. Dans quelques cas nous avons pu ajouter les transactions avec l'Allemagne qui offrent, à l'heure actuelle, un intérêt particulier pour apprécier les difficultés de ravitaillement de nos ennemis.

Produits	Importations en tonnes	
	1913	1914
—	—	—
Acide acétique (pour 1912).....	169	—
Acide oxalique.....	3.712	4.082
Acide phénique.....	3.751	3.460
Sel d'aniline.....	2.239	1.123
Camphre naturel.....	2.095	1.744
Camphre synthétique.....	322	527
Glycérine.....	19.135	12.394
Alcool amylique.....	2.922	1.765
Huile de créosote (100 gallons).....	69.022	48.839
Crème de tartre.....	14.533	13.718
Citrate de chaux.....	1.650	2.179
Couleurs d'alizarine.....	2.959	2.125
Indigo naturel et synthétique.....	4.172	3.965
Extrait de Quebracho.....	42.858	—

Produits	Exportations en tonnes	
	en 1913	en 1914
—	—	—
Pyrolignite de chaux.....	37.028	23.947
Alcool méthylique (1.000 gall.).....	1.951	1.161
Glucose.....	82.777	51.429
Baking powder.....	1.478	1.368
Dynamite.....	6.080	6.655
Poudres de guerre.....	680	680

Pour l'Allemagne

Saindoux.....	268.090	87.422
Paraffine.....	118.023	5.065
Tourteaux de graines de coton.....	502.538	166.570
Pétrole lampant (1.000 gall.).....	1.119.441	86.118
Huiles pour cylindres (1.000 gall.).....	207.639	26.841
Térébenthine.....	20.018	3.553
Huile de coton.....	132.390	6.635

L'INDUSTRIE CHIMIQUE, ÉLECTROCHIMIQUE, ÉLECTRO-
MÉTALLURGIQUE, MÉTALLURGIQUE ET MINÈRE DES
ÉTATS SCANDINAVES

I

NORVÈGE

L'Exposition Commémorative qui eut lieu, à Christiania, en 1914, a passé passablement inaperçue au milieu des événements qui troublent encore la paix du monde presque entier. Cette manifestation industrielle et commerciale offre pourtant un intérêt documentaire des plus grands. Elle permet d'apprécier d'une manière vivante les progrès qu'ont réalisés, depuis une dizaine d'années surtout, les industries chimique et métallurgique des pays scandinaves en général, et de la Norvège en particulier. Elle a permis une ample moisson de documents du plus haut intérêt économique. Nous allons essayer, avec leur aide, de tracer le bilan des progrès vraiment étonnants faits dans cette dernière décade par les industries visées.

L'étude qui va suivre n'est cependant pas seulement du plus grand intérêt pour la constatation du développement, presque sans précédent, de l'industrie d'un pays tout entier. Elle nous permet aussi, à l'heure où nous nous étonnons de la puissance de résistance de nos ennemis, dont on nous annonçait un peu légèrement l'épuisement prochain, de connaître une des sources neutres, l'une des plus importantes, où ils ont puisé et puisent certainement encore une partie de leurs principaux éléments de résistance : nitrate, cuivre, pyrites, aluminium, graisses, etc.

..

L'industrie chimique, comme d'ailleurs l'industrie tout court, était, il y a quelques années encore, pour ainsi dire inexistante en Norvège. Ainsi

qu'il ressort des chiffres ci-après, empruntés à une statistique du ministère norvégien de l'Agriculture, le pays, agricole par excellence, est en train de se transformer en un grand pays industriel.

En effet, la population norvégienne, qui se composait autrefois presque exclusivement d'agriculteurs, de marins et de pêcheurs, se répartit aujourd'hui sur les professions suivantes :

Exploitations rurales et forestières.....	899.000 personnes	
Mines, industrie et métiers divers.....	599.000	—
Commerce et transport.....	299.000	—
Marine et pêche.....	212.000	—
Professions libérales.....	110.000	—

En 1903, les exportations norvégiennes (bois rabotés et huile de baleine non compris) atteignaient un chiffre légèrement supérieur à 53 millions de couronnes (1). Elles ont été, pour 1912, de plus de 151 millions de couronnes ; l'accroissement, en 10 ans, est donc d'environ 200 0/0.

En 1903, la Norvège occupait 60.000 ouvriers d'industrie qui ont touché un salaire global de 39,7 millions de couronnes. En 1912, le recensement donne 102.000 ouvriers d'industrie pour un salaire global de 88 millions de couronnes.

Dans la décade examinée, l'émigration outremer, qui enlevait au pays beaucoup de jeunes forces utiles, est en régression sérieuse puisqu'elle passe de 26.000 personnes en 1903 à 9.000 individus en 1912.

Ce qui a permis à l'industrie chimique et à l'industrie métallurgique de la Norvège de prendre l'essor que nous constatons, c'est la richesse presque inépuisable du pays en chutes d'eau. On a calculé que les chutes d'eau pouvant être exploitées sont capables de fournir une énergie de 8 millions HP.

De cette puissance formidable on a actuellement capté :

	1913	1895
	HP	
Pour l'industrie du bois.....	180.000	75.000
Pour la fourniture d'énergie électrique (travaux commencés en 1899).....	125.000	
Pour l'électro-chimie et la métallurgie (travaux commencés en 1898).....	400.000	
Total.....	705.000	

(1) La couronne vaut, au pair, 1 fr. 40.

Les industries de l'électro-chimie, de l'électro-métallurgie et de la métallurgie, absorbent donc à elles seules plus de la moitié des forces actuellement exploitées.

ÉLECTRO-CHIMIE

Le créateur de cette nouvelle industrie norvégienne est l'ingénieur SAM EYDE à qui deux sociétés importantes doivent leur existence : la *Norsk Hydro-Elektrisk Kvaelstof Aktielskap* et la *Norsk Electro-Kemisk Industrie*.

La première s'est spécialisée dans la fabrication du *nitrate artificiel* dit *nitrate de Norvège*, la seconde dans la fabrication du *carbure de calcium*. Chacune de ces deux usines, vu leur importance, mériterait qu'on leur accordât, une étude spéciale. Nous ferons surtout ressortir, le rôle important joué par la *Norsk Hydro-Elektrisk Kvaelstof Aktielskap*.

Celle-ci exploite les célèbres chutes du Rjukan et produit principalement du nitrate de Norvège. Celui-ci est obtenu au four électrique par le procédé de *Birkeland-Eyde*. L'énergie utilisée pour cette production est celle fournie par la station électrique de Rjukan I, soit 140.000 HP. Une deuxième centrale, Rjukan II, est en aménagement. Elle donnera, une fois achevée, 160.000 HP qui seront également consacrés à la fabrication du nitrate artificiel.

* Dans le tableau qui suit on a comparé la production en nitrate artificiel des deux usines de *Saaheim* et de *Notodden* de la Société examinée, avec la consommation indigène de nitrate de Norvège en même temps qu'avec les importations en Norvège de nitrate de soude du Chili.

Années	Production de nitrate de Norvège	Consomma.	
		indigène. de nitrate de Norvège	Importations de nitrate du Chili
		(en tonnes)	
1905.....	127	5,4	707
1908.....	15.009	470,0	1.615
1910.....	18.659	1.860,0	258
1913.....	73.214	5.500,0	106

Ce tableau montre non seulement l'éviction subie par le produit étranger au profit du produit indigène, mais également l'accroissement notable de la consommation du pays sous l'influence du nitrate indigène.

En envisageant l'application d'engrais artificiels à $\frac{3}{4}$ seulement des terres cultivables en Norvège (comportant une superficie évaluée actuellement à 857.600 ha), il ne faudrait pas moins de 64.102 tonnes de nitrate artificiel par an. On voit par là le débouché assuré à cette toute jeune industrie et les belles perspectives qui lui sont réservées.

Lorsque la *Norsk Hydro-Electrisk* aura terminé l'aménagement des puissantes chutes près d'*Aura*, l'énergie produite, et qui sera utilisée à la fabrication du nitrate artificiel, permettra à la Norvège de produire 300.000 tonnes de cet engrais par an.

Comme produits accessoires, la Société examinée fabrique de l'acide nitrique concentré, du nitrate d'ammoniaque, du phosphate nitraté et du nitrate de sodium.

L'année de guerre 1914 a été, pour l'industrie du nitrate, et particulièrement pour la Société examinée, une bonne année tant au point de vue de la fabrication elle-même, qu'au point de vue de la vente et des prix rémunérateurs qu'elle a permis de pratiquer.

L'exercice clos le 30 juin a laissé un bénéfice de 11.66 millions de couronnes. Il a été distribué comme dividende : 9 0/0 aux actions privilégiées et 6 0/0 aux actions ordinaires. Le capital a été porté de 15 millions de couronnes à 57.639.600 de couronnes en vue notamment de l'aménagement de la chute inférieure du *Rjukan*. La guerre pourtant, en suspendant la livraison d'une partie du matériel prévu pour son aménagement, a empêché l'achèvement des installations de l'usine *Rjukan II* pour la production du nitrate. Malgré ces contretemps une partie de l'usine a été mise en route vers l'automne 1914. Des agrandissements ont été entrepris à l'usine de *Notodden* particulièrement en vue de la fabrication de l'ammoniaque en partant de la cyanamide pour obtenir du nitrate d'ammoniaque.

Quant à la *Norsk-Elektro-Kemisk-Industrie*, ainsi que nous l'avons déjà signalé, elle a développé plus particulièrement la fabrication du carbure de calcium et la production du carborundum.

Ce que *Sam Eyde* a fait pour la Norvège orientale et méridionale, *Ragnvald Blakstad* l'a entrepris pour la Norvège occidentale. Il est le créateur de deux sociétés puissantes : la *North Western Cyanamide Co Ltd*, et les *Alby United Carbide Fact. Ltd*.

Ces deux Sociétés disposaient (en 1914) d'une énergie de 125.000 HP. Lorsque l'aménagement des chutes d'*Aura* sera achevé, il en résultera un accroissement d'énergie de 200.000 HP.

Pour capter ces forces considérables, notamment les 125.000 premiers HP, on a dû entreprendre des travaux formidables. On a dû construire

un bassin artificiel d'une teneur de 330 millions de mètres cubes qui est, après le célèbre bassin d'Assouan sur le Nil, le plus grand réservoir artificiel connu.

Malheureusement, par suite de la guerre, la dernière de ces sociétés a dû arrêter les travaux d'aménagement des chutes d'Aura, commencés en 1914, dont il est question plus haut, les capitalistes anglais, intéressés dans l'entreprise, s'étant retirés. Les actions, cotées à la Bourse de Londres, ont vu fortement baisser leurs cours, malgré que l'exercice clos le 30 juin 1914, ait laissé un bénéfice net de £ 66.252, c'est-à-dire légèrement inférieur à celui du précédent exercice. L'énergie devenue disponible par suite de l'aménagement des chutes d'Aura devait être utilisée pour la fabrication de nitrate artificiel.

La production des deux sociétés citées consiste essentiellement en *carbure de calcium* et en *cyanamide*, fabrications auxquelles sera également consacrée l'énergie qui deviendra disponible après l'exécution des travaux en cours. Elles approvisionnent de plus le marché, mais en quantités moins importantes, de *cyanamide calcique*, de *sulfate d'ammoniaque*, de *dicyandiamide* et de *nitrate d'ammoniaque*.

La production totale annuelle des dernières années (chiffres de 1914), a été de 98.000 tonnes de carbure de calcium, obtenu d'après la méthode du D^r Petterson. La fabrication de ce tonnage a nécessité l'emploi de 150.000 tonnes de pierres à chaux. Celles-ci ont donné 85.000 tonnes de chaux vive qui a été traitée au four électrique avec 5.000 tonnes de coke et 45.000 tonnes d'antracite. Environ 24.000 tonnes de ce carbure, destiné à la fabrication de l'acétylène, ont été exportées, le solde, 85.000 tonnes environ, a été transformé en cyanamide.

A côté de ces deux grosses entreprises, le marché du carbure est encore approvisionné par deux usines de moindre importance, dont celle de *Meraker Bruk* près de Trondhjem et par les *Usines Electrochimiques d'Hafslund* près de Sarpsborg. L'appoint fourni annuellement par cette dernière est de 24 000 tonnes de carbure.

Mentionnons la fabrication du *sodium* à laquelle s'adonnent deux usines dont l'une en construction, l'autre, la *A. S. Vadheim Electrochemische Fabrik* de Sogn, en pleine production. Le procédé de fabrication, primitivement en usage dans cette dernière, était le procédé Ashcroft qui utilise le chlorure de sodium. Plus récemment cependant on aurait, paraît-il, renoncé à ce mode de fabrication et adopté le procédé Castner utilisant la soude caustique comme matière première. La production annuelle est de 300.000 kilogrammes de sodium.

La dernière venue dans le domaine de l'Electro-Chimie, les *Frederik-*

stad Elektro-Kemiske Fabriker s'est tout récemment (commencement 1915) lancée dans la fabrication des chlorates, du sodium et du peroxyde. Elle se propose d'entreprendre, dans la suite, la fabrication des cyanures alcalins.

ELECTRO-MÉTALLURGIE

Aluminium. — Deux sociétés importantes : la *A.-S. Vigelands Bruck* et la *Norsk Nitrid Kompani*. Cette dernière dispose d'une énergie de 25.000 HP. Ces deux usines et une troisième à *Stangsfjorden* exportent annuellement 1.150.000 kilos d'aluminium. L'exportation totale de la Norvège en 1913 a été de 2.177 tonnes ; elle a atteint 2.940 tonnes en 1914.

Alliages siliceux produits au four électrique et destinés à la métallurgie de l'acier principalement. — Dans cette branche nous trouvons plusieurs usines très importantes dont les *Usines Electrochimiques de Hafslund* et la *Meraker Bruk* déjà citées, *The Kellner-Partington Paper Pulp Co Ltd* et la *Amindelig Electro-Metallurgisk A.-S.* à Christiania, cette dernière disposant d'une énergie de 3 000 HP.

Elles produisent toutes du *ferrosilicium* à teneurs variables, depuis 40 jusqu'à 80 o/o, et la première particulièrement du *titanferrosilicium* (titrant Ti-13 o/o, Si-26 o/o) de l'*aluminiumferrosilicium* (titrant Al-12 o/o, Si-20 o/o), du *phosphoreferrosilicium* (avec P-15 o/o, Si-10 o/o). *Meraker Bruk* produit du *ferrochrome*, du *ferromolybdène*, du *ferro-nickel*, du *ferrotitan*.

La production de ferrosilicium s'est élevée à 6.493 tonnes en 1912 (la France a produit 23.000 tonnes et la Suisse 7.500 tonnes en 1911).

Fer. — Deux forges exploitent actuellement les procédés de Hiorth pour la production de la fonte au haut fourneau électrique. La première est la forge de *Ulefos* dont l'exploitation remonte à l'an 1650, la seconde la forge de *Tinfos*. Toutes deux travaillent avec des hauts fourneaux du même système, 4 unités par usine. L'énergie absorbée est de 1.400 HP par unité. Il faut 2.800 à 3.000 k. w. h. pour produire 1 tonne de fonte. La production annuelle d'un four du type mentionné est de 3.000 tonnes.

Acier électrique. — La *A.-S. Electro-Stahlwerk* produit annuellement, avec un four électrique *Röchling-Rodenhauser*, 6.000 tonnes d'acier électrique pour la fabrication desquelles cette société utilise, comme matière première, des riblons et des déchets de vieux fers.

Notons ici que l'on estime la production mondiale en acier rapide à 3 millions de tonnes, produits avec 300.000 H. P. électriques.

Zinc. — Deux sociétés produisent le zinc par la voie électro-métallurgique : la *A.-S. Norsk Metalindustrie*, qui travaille d'après le procédé de Laval et produit annuellement 7.500 tonnes de zinc, et le *Ihleus Smelteverk* qui traite au four électrique des minerais de zinc plombi-argentifères. Cette Société extrait 4.000 tonnes de blédes donnant 1.500 tonnes de zinc environ.

MÉTALLURGIE

Cuivre. — La Norvège est connue comme producteur de cuivre depuis 1644. L'exploitation la plus ancienne est celle des mines assez pauvres de Rodhammern.

Dans cette branche de la métallurgie nous comptons trois sociétés importantes :

1° La *A.-S. Roros Kobberverk* qui possède plusieurs mines, parmi lesquelles la puissante mine de Storvarts dans laquelle l'extraction se fait sans interruption depuis 1708 et qui a fourni jusqu'à ce jour 590.000 tonnes de minerai ayant donné 35.000 tonnes de cuivre. Le minerai extrait a une teneur de 4 1/4 o/o Cu qu'on enrichit par grillage à 36 o/o. Les mattes obtenues, traitées au convertisseur, donnent du cuivre brut qui est ensuite affiné dans des fours à réverbère. Cette société produit annuellement 600 tonnes de cuivre et 12.000 tonnes de pyrites cuivreuses.

2° La *A.-S. Sulitjelma* constituée avec des capitaux suédois. Capital : 7 millions de couronnes. Production journalière : 5 tonnes environ de cuivre brut.

Les minerais extraits sont traités par la voie humide en connection avec le procédé Elmore. Le minerai est assez pauvre : 1.1 o/o Cu. L'enrichissement par le procédé Elmore permet d'obtenir un concentré titrant 6.5 o/o Cu. Cette concentration absorbe environ 1.2 kilos d'huile par tonne de minerai. La Société exporte annuellement 15.000 tonnes de minerai concentré et 145.000 tonnes de pyrites. Elle produit du cuivre brut obtenu au convertisseur Manhès et titrant 99.3 o/o Cu qu'elle exporte tel quel.

Si, avec le renchérissement des frets et du combustible, l'insécurité des exportations et les complications qu'on redoutait pour la main-d'œuvre, la guerre parut, à un moment donné, devoir amener une véritable catastrophe dans l'industrie minière norvégienne tout entière, les événements ont, en partie, démenti ces prévisions pessimistes et le nombre d'ouvriers occupés dans les mines a, en définitive, été, à peu de choses près, le même en 1914 qu'en 1913.

En ce qui concerne plus spécialement la Société examinée, elle a, malgré les nombreuses difficultés signalées, même réussi à augmenter lé-

gèrement sa production par rapport à 1913. Elle prévoit également pouvoir faire en 1915 une production supérieure à celle de 1914, c'est-à-dire 1.600 tonnes de cuivre brut au lieu de 1.475.

3° La A.-S. *Birtavarre Gruben* qui exploite des concessions de pyrites de cuivre près de Kaufjord. Elle s'occupait d'enrichir ses minerais depuis 1900 ; depuis 1909 elle produit du cuivre brut au convertisseur. En 1913 sa production a atteint 450 tonnes de cuivre. Pour 1914, la production est en légère augmentation à 480 tonnes.

La production totale de cuivre métallique de la Norvège (y compris le cuivre électrolytique provenant de l'usine d'affinage de nickel d'*Evje* dont il est question plus loin) a été de 2.867 tonnes en 1914, en légère augmentation sur celle de 1913 qui n'était que de 2.750 tonnes.

Si l'on estime à 1 million de tonnes la production mondiale du cuivre, la part de la Norvège dans ce chiffre représente environ 1/4 à 1/3 0/0 (c'est-à-dire à peu près 10 0/0 de la production indigène de l'Allemagne). Si l'on tient encore compte, d'autre part, du cuivre extrait, tant en Suède qu'en Angleterre des pyrites norvégiennes qui y sont exportées en très grosses quantités, la part de la Norvège dans la production mondiale du cuivre atteint alors environ 1 0/0.

Il est intéressant de signaler que l'extraction totale en pyrites cuivreuses, qui était d'environ 100.000 tonnes en 1900, a atteint 430.000 tonnes en 1914 dont 358.144 tonnes ont été livrées à l'exportation. Il est à remarquer que, par suite des difficultés créées par la guerre actuelle, la production de 1914 est en régression sur celle de 1913 qui a atteint 460.000 tonnes.

La Norvège est, après l'Espagne, le plus gros producteur de pyrites en Europe, ainsi qu'il ressort du tableau suivant.

Production mondiale des pyrites (1913).

	en tonnes
Espagne	3.775.000
Norvège	460.000
Etats-Unis	360.000
Portugal	375.000
France	270.000
Italie	275.000
Allemagne (Prusse)	225.000
Canada	200.000
Grèce	130.000
Turquie	125.000
Japon	115.000
Hongrie	100.000
Divers	150.000
Mondiale	6.950.000

Nickel. — L'industrie du nickel, qui date de 1872, a eu, en Norvège des débuts très difficiles. Ce n'est réellement que depuis 1909/1910 qu'on peut parler d'une exploitation régulière de l'*usine à nickel d'Evje*, près de Kristiansand. Le minerai exploité contient 8,5 0/0 Ni et jusqu'à 20 0/0 Cu. On procède par enrichissement du minerai jusqu'à 80 0/0 Ni. La Société traite ses propres minerais, mais elle en achète également en Grèce et en Australie. Le métal pur est obtenu par le procédé d'Hybinette.

La production norvégienne en nickel va en croissant d'année en année et couvre actuellement 2 1/2 0/0 environ de la consommation mondiale. L'usine de Kristiansand a produit en 1913 : 602 tonnes de nickel, en 1914 : 841 tonnes. De ces quantités elle a exporté, en 1913 : 594 tonnes, en 1914 : 646 tonnes.

Accessoirement cette entreprise produit aussi un peu d'or, de l'argent, du platine et du palladium.

INDUSTRIES INORGANIQUES

La Norvège ne possède pas de grande industrie inorganique proprement dite. Malgré la présence de mines de pyrites, il n'y a qu'une fabrique d'acide sulfurique et de superphosphates à Lysaker près Christiania (1). Cela tient à ce que l'agriculture emploie de préférence des scories Thomas. Les sels de potasse sont importés d'Allemagne, mais on en obtient aussi, à côté d'iode, lors du traitement des cendres de varechs. En développant cette industrie, il serait peut-être possible de couvrir la consommation indigène.

Les industries céramiques et la verrerie produisent des quantités insuffisantes pour la consommation du pays. Toutefois l'état de guerre a modifié et développé certaines spécialités, comme la fabrication des ciments qui s'est fortement accrue, de sorte que la Norvège pourrait devenir exportateur pour certains produits spéciaux.

INDUSTRIES ORGANIQUES

Parmi les produits organiques, ce sont ceux d'origine sylvestre et maritime qui forment le plus gros appoint de la production nationale.

En tête nous trouvons la *pâte à papier* et la *cellulose*.

(1) La production annuelle du pays ne dépasse pas 25 000 tonnes.

Sa richesse en forêts place la Norvège au rang d'un des plus gros producteurs de matières premières pour la fabrication du papier. Deux sociétés importantes ou plus exactement deux gros syndicats se partagent le marché norvégien, contrôlant un tonnage très important : 1° la *Norsk Traemasseforening* qui fait 800.000 tonnes de pâte de bois dans 45 usines occupant un personnel de 2.392 ouvriers. Cette Société exporte depuis 1869. 2° la *Norskecelluloseforening* qui groupe 21 fabriques de cellulose où sont occupés 5.041 ouvriers et dont la production atteint 320.000 tonnes de cellulose blanchie et non blanchie.

Travaillant principalement pour l'exportation (250.000 tonnes seulement sur les 800.000 tonnes produites vont à l'industrie indigène), l'industrie de la pâte de bois a été profondément atteinte par la guerre actuelle. Les affaires, jusqu'en 1914, n'étaient déjà guère brillantes, le produit des ventes couvrant à peine les frais généraux. Cependant dès le début des hostilités les prix montèrent quelque peu, mais retombèrent presque aussitôt. L'Angleterre, qui avait craint de ne pouvoir s'approvisionner régulièrement, voyant ses craintes non fondées, ne commanda désormais que ses besoins courants. De plus, les marchés de Belgique et de France, avec l'Angleterre les deux plus gros preneurs, firent complètement défaut. Si, à tous ces facteurs défavorables, on ajoute la forte majoration des prix du combustible, pour lequel la Norvège est tributaire du dehors, l'année 1914 doit être considérée comme désastreuse pour l'industrie norvégienne de la pâte de bois.

En sus des deux gros producteurs de matières premières pour l'industrie du papier, la Norvège compte une *Union des Papeteries Norvégiennes* qui manufacture sur place une partie de la production indigène. Cette *Union* groupe 45 usines occupant 5.000 ouvriers environ. L'outillage comporte 80 machines à papier. En 1913 la production de ce groupe a porté sur 201.000 tonnes. Comme pour les fabriques de cellulose, l'exercice 1914 s'est clôturé en perte pour les papeteries norvégiennes.

Avec les lessives résiduelles provenant de la fabrication de la cellulose sulfiteuse, l'usine de la *A.-S. Sulfitspirit* à Drammen fabrique de l'alcool industriel d'après un procédé inventé par H. Landmark.

Bien que la consommation norvégienne de *goudron* doive, en majeure partie, être couverte à l'étranger (importation annuelle 2.000 tonnes environ), le pays en produit cependant une assez notable quantité. Celle-ci provient essentiellement de la fabrication du charbon de bois. Cette fabrication se fait encore en meules. Mais contrairement aux procédés de carbonisation en usage dans l'Europe orientale et méridionale, les meules

scandinaves sont construites par empilement vertical des rondins autour d'une galerie d'allumage centrale. La Norvège produit également, mais en quantités moindres, du goudron de bois par distillation.

Les quantités énormes de sciure de bois qui sont produites, par suite des grosses exploitations forestières notamment dans la Norvège méridionale, sont traitées dans l'usine de la *A.-S. J. N. Jacobsen et Co*, en vue de la production de l'*acide oxalique* et de ses sels. Toute la production d'acide oxalique, qui atteint annuellement 500.000 kilos, va à l'exportation.

HUILES, GRAISSES ET SAVONS

La Norvège n'arrive à couvrir ses besoins en savon et en bougies qu'en important annuellement une quantité assez notable de graines oléagineuses de toute sorte (environ 100.000 tonnes) dont elle extrait les huiles nécessaires à la fabrication des produits sus-mentionnés. Par contre elle fait un commerce de matières grasses des plus importants avec son *huile de baleine*.

60 sociétés de pêche à la baleine ont leur siège social en Norvège. Le capital investi dans ces entreprises s'est plus que décuplé en moins de 7 ans. Ces capitaux étaient, en effet, en 1906, de 3.8 millions de couronnes; ils atteignaient, en 1913, 40 millions de couronnes. La chasse, en 1906, donna 1.778 baleines qui permirent de recueillir 51.400 fûts d'huile. En 1913, 18.000 baleines furent capturées et l'huile recueillie donna un total de 591.000 fûts. Le produit total de la campagne de 1913 tant en huile, qu'en guano polaire et autres sous-produits, a atteint 35 millions de couronnes, c'est-à-dire un chiffre à peu près équivalent au capital investi.

En 1914, la production n'a été que de 574.000 fûts. Mais la quantité de guano marin recueillie a été bien supérieure à celle de 1913, de sorte que le produit total de la dernière campagne connue est, comme celui de 1913, d'environ 35 à 36 millions de couronnes. A la bourse de Sandefjord, les cours de l'huile de baleine, au commencement de 1914, montèrent de 61 fr. 25 à 65 francs. Dans le cours de l'été, par suite du ralentissement des transactions, les prix baissèrent jusqu'à 58 fr. 75 pour remonter en novembre 1914 à 87 fr. 50.

La plus grosse partie de l'huile de baleine produite est exportée. Une petite quantité seulement est utilisée dans les industries indigènes.

Ce qui a le plus contribué au développement de l'industrie baleinière c'est l'application du *durcissement* aux huiles recueillies. Une usine no-

tamment, constituée avec des capitaux allemands et travaillant avec des procédés allemands, a réussi à fabriquer un produit d'une blancheur impeccable ayant l'aspect et l'odeur du suif. Une seconde usine, norvégienne celle-là, s'est montée en vue de cette même fabrication, mais la guerre a retardé sa mise en marche.

En fait d'huiles, la Norvège produit également, en quantité assez notable, de l'*huile de foie de morue* dont elle approvisionne surtout les marchés étrangers. La production annuelle varie entre 50.000 et 70.000 hectolitres pour une valeur de 3 à 4 millions de couronnes.

Voici au surplus, le tableau des importations et celui des exportations des produits que nous venons d'examiner et de ceux utilisés comme matières premières dans les fabrications mentionnées au cours de cette étude :

	Importations	
	1913	1914
	(en tonnes)	
Craie, baryte, kaolin.....	14.578	15.522
Pierres à chaux.....	82.000	78.000
Chlorure de sodium (brut et raffiné).....	214.978	200.155
Soude calcinée.....	14.535	18.393
Soude caustique.....	1.719	1.882
Chlorure de chaux.....	3.365	4.100
Sels de potasse.....	21.111	23.467
Scories Thomas.....	34.775	34.873
Superphosphates.....	4.393	9.168
	Exportations	
	1913	1914
	(en tonnes)	
Nitrite de sodium.....	8.203	8.851
Iode.....	12.15	2.32
Cendres de varechs.....	2.021	2.339
Carbure de calcium.....	66.911	63.159
Nitrate d'ammoniaque.....	9.107	11.941
Nitrate artificiel.....	70.927	73.034
Cyanamide de calcium.....	22.111	14.688
Cuivre, affiné.....	2.664	2.348
Ferrosilicium.....	6.323	6.081
Sodium.....	462	475

Aluminium.....	2.177	2.940
Nickel.....	594	646
Zinc.....	10.538	16.418
Pyrites grillées.....	35.035	42.852
Minerais de chrome.....	20	87
Pâte à papier (sèche et humide).....	49.574	43.458
Cellulose (sèche et humide).....	21.018	19.600
Papiers divers.....	186.135	187.766
Guano marin (débris de baleines et de poissons).....	14.214	13.479
Alcool (100 %/0).....	295 hl.	302 hl.
Huiles de baleine et de foie de morue.....	268.254 hl.	447.876 hl.

II

SUÈDE

Généralités. — L'importance de l'industrie chimique de la Suède ressort des chiffres donnés par la statistique de 1912, la première faite officiellement d'une façon complète. Ce pays possédait alors 306 fabriques de produits chimiques divers occupant environ 4.000 ouvriers et qui se groupent comme suit :

Industries	Fabriques	Production en millions de couronnes
Industrie inorganique.....	47	6.91
Engrais artificiels.....	52	12.60
Explosifs.....	21	7.89
Industries diverses.....	186	15.77

Les industries chimiques proprement dites produisent donc pour environ 43 millions de produits. Il faut toutefois ajouter à ces chiffres : 95 millions pour la cellulose, 65 millions pour l'industrie du papier, 35 millions pour l'industrie du sucre et de la glucose, autant pour la brasserie et les industries de fermentation, 25 millions pour la margarinerie, 17 millions environ pour l'industrie des allumettes, de sorte que l'industrie chimique et les industries connexes représentent un chiffre d'affaires de près de 400 millions de couronnes.

Ce qui manque surtout à la Suède c'est la houille qu'il faut importer d'Angleterre, soit 5 1/2 millions de tonnes, dont 800.000 tonnes sont

consommées par l'industrie chimique. Le pays possède, il est vrai, des tourbières presque inépuisables, mais jusqu'à présent ce combustible n'a pas pu remplacer la houille, malgré tous les efforts faits dans cette voie.

Industries inorganiques. — La Suède possède 8 fabriques d'acide sulfurique produisant 126.744 tonnes d'acide à 50° B. et, depuis 1910, une fabrique d'acide fumant. Comme des mines de pyrites de Falun on ne tire que 34.300 tonnes environ et que la consommation annuelle est de 190.000 tonnes — car une notable partie sert à la préparation de l'acide sulfureux nécessaire à l'industrie de la cellulose — il faut en importer près de 155.000 tonnes. La plus grande partie vient de Norvège, une partie d'Espagne et, plus récemment, de Grèce (environ 10.000 tonnes).

Depuis la guerre, des efforts sérieux ont été faits pour remédier à cette infériorité et, en 1915, l'extraction des pyrites s'est élevée à 76.324 tonnes. On espère obtenir, en outre de 30.000 à 40.000 tonnes des mines de Sättra et autant de celles d'Ervalla, de façon à couvrir la consommation indigène.

L'emploi principal de l'acide sulfurique est la fabrication des superphosphates, exécutée dans 6 usines qui ont produit, en 1912, 168.478 tonnes dont une notable partie est exportée (41.838 tonnes en 1914). Les phosphates naturels viennent surtout d'Amérique (123.250 tonnes en 1913) mais l'état de guerre a eu, par suite des difficultés de transport et l'élévation du fret, une influence défavorable sur cette industrie.

L'agriculture consomme encore 35.000 tonnes de salpêtre du Chili, 80.000 tonnes de sels de potasse, importés d'Allemagne, et 20.000 tonnes environ de scories Thomas, car l'industrie du fer du pays n'en produit qu'environ 15.000 tonnes. La carbonisation de la houille ne produit que 1.200 tonnes de sulfate d'ammoniaque et 700 tonnes d'ammoniaque.

Nous avons déjà signalé plus haut que la préparation de la cellulose par le bisulfite de chaux consommait de grandes quantités de pyrites. Les petites usines par contre emploient de préférence du soufre, qui est surtout importé d'Italie (environ 30.000 tonnes annuellement).

La consommation en acide nitrique (environ 3.000 tonnes à 50 o/o), qui sert pour la fabrication des explosifs, en acide chlorhydrique (environ 3.000 tonnes) et en acide acétique (540 tonnes à 100 o/o) est couverte par l'industrie du pays. Comme la Suède ne possède pas de gisements de sel, elle est obligée d'importer le sel de soude (18.255 tonnes) qui est transformé en cristaux de soude dans plusieurs usines (production 12 000 tonnes environ). Pour la même raison, il faut importer les alcalis caustiques (3.600 tonnes) et le carbonate de potasse. Tous ces produits viennent d'Allemagne ou d'Angleterre, de même que le chlorure de

chaux (6.000 tonnes) nécessaire au blanchiment de la pâte à papier. On importe également le sulfate de soude (30.000 tonnes) employé à la fabrication de la cellulose.

Jusqu'à présent, les forces hydrauliques de la Suède ne sont exploitées que d'une façon insuffisante. L'industrie prépare les alcalis caustique^s (250 tonnes) et du chlorure de chaux (900 tonnes) par l'électrolyse, mais ces quantités sont, comme nous venons de le voir, insuffisantes pour les besoins du pays.

Les fabriques de carbure de calcium exportent environ 13.000 tonnes et l'usine d'Alby, qui fait partie du trust-mondial, près de 17.000 tonnes de cyanamide calcique.

Les chlorates et perchlorates préparés également par l'électrolyse, sont l'objet d'une exportation assez importante, environ 1.500 tonnes : le reste, près de 3.000 tonnes, est consommé par l'industrie des explosifs. Le prix de ces produits a triplé par suite de la demande occasionnée par l'état de guerre.

Le sulfate d'alumine, nécessaire pour l'industrie du papier, est produit dans le pays ; la production s'élève à 5.000 tonnes annuellement.

Il faut encore signaler l'industrie des ciments qui est assez importante et qui a exporté 137.126 tonnes en 1913.

Métallurgie. — Le nombre des hauts fourneaux est de 124, celui des fours Martin de 75 qui produisent en temps normal 735.000 tonnes de fonte, 467.100 tonnes de pièces moulées obtenues au four Martin, et 115.700 tonnes au Bessemer ; sur cette production 250.000 tonnes de produits sont exportées. L'état de guerre a sensiblement diminué, en 1914, aussi bien la production que l'exportation de plus d'un tiers. La préparation du fer au four électrique est en progression ; elle se monte, pour 3 sociétés, à environ 32.000 tonnes. L'industrie électro-métallurgique fabrique aussi du spiegel, du ferrosilicium, du manganose ferrosilicium, puis du carborundum et du corindon (ces deux derniers produits pour un total de 1.200 tonnes).

Il faut noter que la Suède exporte des quantités importantes de minerais de fer ; en 1913 : 6.439.950 tonnes, dont la majeure partie va en Allemagne, qui, ainsi qu'il est bien connu, ne produit pas suffisamment de minerais de fer pour ses hauts fourneaux. La même observation s'applique aux minerais de zinc, extrait des mines (47.191 tonnes) ; une partie seulement est transformée en métal par la *Hydraulic Power Smelting Co Ltd*.

La production en cuivre est peu importante. A Helsingborg on fabrique 4.600 tonnes de cuivre de cémentation et 4.200 tonnes de cuivre affiné.

La Suède tend cependant à développer sa production de cuivre et, depuis la guerre, on a produit à Orebro 412 tonnes et à Garpenberg 1987 tonnes de cuivre, rien que pour l'année 1915.

Industries organiques. — L'industrie sucrière a produit, en 1913, 136 480 tonnes de sucre brut, mais comme la consommation est un peu supérieure à ce chiffre, on a augmenté depuis la culture des betteraves de 10 o/o environ.

Les 95 féculeries et amidonneries produisent environ 12.000 tonnes de fécule et d'amidon. La distillerie a fourni en 1913, 225.000 hectolitres d'alcool (à 100 o/o) y compris l'alcool obtenu des eaux résiduares de la fabrication de la cellulose sulfite.

Comme nous l'avons vu par les chiffres donnés plus haut, l'industrie de la cellulose est excessivement importante en Suède vu la richesse de ce pays en forêts. Cette industrie produit environ 850.000 tonnes de pâtes à papier annuellement, dont 653.540 tonnes environ furent exportées en 1913. La guerre a eu une répercussion fâcheuse sur cette fabrication, par suite de l'élévation du prix des produits chimiques nécessaires au traitement de la pulpe de bois : pyrites, soufre, sel de soude, sulfate de soude et surtout aussi par suite de l'augmentation du prix de la houille.

L'industrie du papier occupe 8.600 ouvriers dans 63 usines ; elle travaille surtout pour l'exportation. La production en papier et cartons a été respectivement de 278.983 tonnes et 38.553 tonnes en 1912 ; l'exportation de 185.584 tonnes et 25.715 tonnes pour l'année suivante.

La richesse sylvestre fait que l'industrie de la carbonisation du bois est encore relativement importante pour la production du charbon nécessaire à la fabrication du fer au bois. Toutefois la récupération des sous-produits est encore très incomplète car sur 23 millions d'hectolitres de charbon de bois, près de 20 millions sont faits en meules. L'exportation des sous-produits n'est donc pas très considérable : 7.741 tonnes de goudron de bois, 388 tonnes d'esprit de bois et 222 tonnes seulement de térébenthine.

Voyons maintenant l'industrie des corps gras. L'huile de lin fabriquée dans le pays est extraite de graines importées (28.000 tonnes environ). En 1913, on a importé 14.000 tonnes d'huiles végétales diverses qui ont servi, en partie au moins, à la fabrication de beurre végétal et de margarine. Cette dernière industrie, déjà mentionnée au début de cette étude, produit près de 23.000 tonnes annuellement. Une partie des huiles sert aussi en savonnerie, qui emploie également l'huile de soja importée du Japon et de la Mandchourie. Toutefois la production indigène d'environ 20.000 tonnes de savons mous et 4.500 tonnes de savons durs est insuffisante pour les besoins du pays, de sorte que l'importation est encore fort considérable.

L'industrie de la tannerie, qui est réputée, est sensiblement affectée par les événements actuels parce que le pays est obligé d'importer les matières tannantes (environ 12.000 tonnes) ainsi qu'une partie des peaux et que l'exportation de celles-ci est prohibée par les pays belligérants.

Par contre, l'état de l'industrie des allumettes suédoises, dont l'exportation se montait avant la guerre à 27.764 tonnes, reste favorable et cela, malgré certaines difficultés concernant les matières premières. L'industrie nationale produit bien les chlorates nécessaires, mais le chlorure de potassium provient d'Allemagne ainsi que les autres produits qu'il faut pour la fabrication. Le bois de frêne est importé de Russie et de Laponie et non sans difficultés. Malgré cela la hausse des allumettes compense largement l'élévation des prix de revient. Cette industrie est exécutée dans 18 fabriques qui sont syndiquées en vue de défendre leur marque.

	Importations en tonnes	
	1913	1914
Salpêtre du Chili.....	33.900	41.700
Sels de potasse.....	81.100	89.900
Scories Thomas.....	21.200	13.900
Sel marin.....	—	24.900
Soude Solvay.....	—	18.400
Soufre.....	39.700	36.000
Ciment.....	12.100	14.800
Matières tannantes.....	9.000	6.600
Huiles végétales.....	14.000	14.800
Graines de lin.....	28.900	24.700
Tourteaux.....	159.300	123.500
Pétrole lampant.....	138.500	97.700

	Exportations en tonnes	
	1913	1914
Superphosphates.....	36.000	41.800
Ciments.....	137.100	42.400
Feldspath.....	38.100	16.800
Minerai de fer.....	6.439.800	4.681.000
Cuivre brut.....	1.300	3.700
Étain.....	86,5	500
Zinc.....	5.500	5.600
Chlorates de soude et potasse.....	1.800	1.500



	Exportations en tonnes	
	1913	1914
Goudron de bois.....	7.200	7.300
Pâte de bois sèche.....	59.200	37.600
Pâte de bois humide.....	264.000	201.100
Pâte à papier sèche.....	—	629.300
Papier pour journaux.....	61.700	55.300
Papiers divers.....	125.100	103.800
Allumettes suédoises.....	27.800	28.500



En résumé, si l'on examine l'ensemble des industries chimiques et métallurgiques des deux pays scandinaves, il ressort, de l'exposé qui vient d'être fait, que l'industrie suédoise se trouve plus atteinte par les événements actuels que l'industrie norvégienne, car elle est obligée d'importer la presque totalité de son combustible. A part l'industrie des allumettes suédoises, des chlorates, du sulfate d'alumine, des ciments, l'industrie du cuivre et du zinc, la plupart des autres industries inorganiques et organiques sont plus ou moins profondément affectées.

La Norvège se trouve, quant aux industries électro-métallurgiques et électro-chimiques, dans des conditions plus favorables, car son sous-sol produit les minerais de fer et les pyrites, nécessaires à son industrie chimique, et le calorique indispensable lui est fourni par l'utilisation de la houille blanche. Il y a là une indication précieuse pour nous. La France aussi ne produit pas assez de combustibles, car les 40 millions de tonnes de houille extraites de son sous-sol sont insuffisantes pour ses besoins industriels et domestiques. Dans les conditions actuelles, la situation est encore aggravée puisque sa production est réduite à la moitié environ de sa production normale.

Il faut donc, sans tarder, s'occuper d'utiliser la houille blanche que nous possédons, en quantités considérables, aussi bien en Savoie que dans le Dauphiné. Nos voisins, les Italiens, ont déjà une avance considérable sur nous; ils sont les premiers en Europe au point de vue de l'utilisation de la houille blanche. C'est dans cette voie surtout que nous apercevons l'avenir industriel de notre pays. N'oublions pas non plus de donner plus de développement à l'extraction des lignites qui constituent, il est vrai, un combustible inférieur à la houille, mais néanmoins d'une valeur considérable pour les usages locaux.

LES INDUSTRIES CHIMIQUES DE LA RUSSIE ET INDUSTRIES CONNEXES AVANT ET PENDANT LA GUERRÉ

Par suite du caractère industriel que revêt de plus en plus la lutte qui ensanglante actuellement l'Europe tout entière, l'attention se concentre toujours davantage sur les moyens de production, tant des pays belligérants que sur l'appoint que peuvent fournir, à la lutte engagée, les divers pays neutres.

Les ressources de celui des pays alliés dont l'organisation industrielle passe pour la moins développée de tous les pays considérés, c'est-à-dire de la Russie, mérite également d'attirer notre attention.

Il est évident que, pour le gros public, la Russie passe pour un pays fort arriéré non seulement industriellement, mais à tous les points de vue. On verra, par l'étude qui va suivre, que, livré depuis le début de la guerre en grande partie presque uniquement à ses propres ressources, ce pays a su montrer des qualités d'initiatives industrielle et organisatrice de tout premier ordre. Il a su tirer le meilleur parti des ressources fort variées et abondantes qu'offre cet empire si vaste et auquel il manque surtout des voies de communication suffisantes pour devenir un des premiers pays industriels de l'Europe.

*
**

Nous nous bornerons ici à examiner l'industrie des produits chimiques russes et celle des produits connexes.

Ce n'est pas que les renseignements sur l'industrie chimique de la Russie abondent. Nous allons néanmoins essayer, à l'aide de ceux dont nous disposons, de tracer une image aussi exacte que possible de cette industrie avant la guerre et depuis.

L'importation des produits qui figurent dans la statistique officielle sous la désignation *Produits chimiques et pharmaceutiques*, s'est élevée, pour

1912, à 23,2 millions de roubles contre 20,4 millions en 1911. C'est l'Allemagne qui détenait la première place parmi les importateurs de ces produits. Les efforts des usines françaises, anglaises et suisses pour prendre une part plus importante dans cette importation sont, malheureusement, restés sans notable succès.

Il y a lieu de remarquer ici que les capitaux allemands ont, il est vrai, une participation de près de 40 o/o dans le capital total des entreprises chimiques russes. Le plus souvent, conformément d'ailleurs à la méthode adoptée en France par nos ennemis d'outre-Rhin, ces capitaux sont investis dans des succursales qui sont des émanations des grandes usines allemandes de produits chimiques. Ces succursales occupaient avant la guerre un personnel commercial et technique exclusivement allemand.

Avant la guerre, l'importation des produits sus-mentionnés portait principalement sur les matières suivantes : antimoine, crème de tartre, soufre, sulfate de baryte, sels naturels, chlorure de magnésium, sulfate de sodium, acide benzoïque, tanin, chlorure de sodium, chlorure de potassium, quinine, sels d'aniline, ainsi que des préparations pour combattre les maladies de la vigne et des arbres fruitiers, tous produits exempts de droits d'entrée.

Le *soufre* est principalement importé d'Italie (Sicile). Il existe cependant en Russie plusieurs gisements de soufre, notamment à Daghestan. Là, à environ 40 verstes de Petrowsk, une entreprise a commencé une exploitation qui, en plein rendement, pourrait, dit-on, couvrir à elle seule la totalité de l'importation russe qui fut de 1.362.000 pouds en 1911.

Les *acides* viennent d'Angleterre, d'Allemagne et de France ; le *sulfate de cuivre* vient d'Angleterre, de France et de Turquie ; le *tartrate de chaux* et l'*acide tartrique* sont fournis par la Grèce, l'Espagne, la France et notamment par l'Italie en très grosses quantités.

Pour les *médicaments* importés, c'est l'Allemagne qui détient la part du lion. Ensuite viennent la France et l'Autriche-Hongrie, mais pour des quantités infiniment moindres. Remarquons, en passant, que pour importer un nouveau médicament en Russie, il faut une autorisation spéciale du département sanitaire du Ministère de l'Intérieur.

COMBUSTIBLES

Charbons. — Les richesses houillères de la Russie sont considérables si l'on en croit les chiffres cités tout récemment par le *Journal du Commerce et de l'Industrie*. D'après ce journal, il résulterait des plus récents travaux

du comité géologique, que les réserves houillères de la Russie d'Europe seraient de 60.118 millions de tonnes et celles du Turkestan, de la Sibérie et de l'île Sakhaline, de 173.879 millions de tonnes, en tout, par conséquent, de 233 milliards de tonnes. Ce sont là des chiffres impressionnants. Nous les reproduisons sous réserve n'ayant pu les contrôler plus sérieusement. Nous croyons cependant savoir que le chiffre donné pour la Russie d'Europe est à peu près généralement admis.

Il est vrai que toutes ces richesses ne sont exploitées que dans une très faible mesure et cette mesure se trouve encore fortement réduite du fait de la guerre actuelle. En effet, le bassin de Dombrowa (Pologne russe), l'un des plus importants et qui fournissait 15 o/o de la production de la Russie d'Europe, (426 millions de pouds en 1913 et 231 millions en 1914) est actuellement aux mains de l'ennemi.

Pour parer au manque résultant du fait de l'impossibilité d'importer du combustible étranger, notamment des charbons allemands et des charbons anglais, soit 8 1/2 millions de tonnes ainsi qu'au déchet dans la production résultant du fait de l'occupation par l'ennemi du bassin de Dombrowa, soit 4 millions de tonnes, donc au total 12 1/2 millions environ, on a forcé la production dans les autres centres houillers de la Russie et notamment dans la région du Donetz. Dans cette dernière région la production a dépassé, en 1914, de 10 o/o celle de 1913 (1.684 millions de pouds en 1914 et 1.623 millions en 1913 contre 1.544 millions en 1913). Quant à la production de la région de l'Oural elle est restée à peu près stationnaire (80 millions de pouds en 1915 contre 74 millions en 1913).

Malgré cela, la production houillère qui s'élevait à 2.200 millions de pouds en 1913 (36 millions de tonnes) a baissé à 2.175 millions en 1914 et même à 1.905 millions en 1915 (soit 31 millions 280.000 tonnes).

Ce qui déjà en temps normal, mais à présent plus que jamais, rend la répartition du combustible difficile en Russie, c'est l'absence de voies de communication suffisantes et surtout le manque de matériel roulant. C'est à ce manque — et nous ne nous lasserons pas d'insister sur ce point — que la Russie doit son engourdissement économique. C'est ce manque également qui fait qu'au point de vue de son approvisionnement en combustible, la Russie se trouve actuellement dans une situation plutôt angoissante. Comme d'autre part, des prescriptions très sévères concernant le déboisement des forêts ont été édictées, l'emploi du bois, en remplacement de la houille, a été rendu fort difficile.

Un soulagement a cependant été apporté à cette situation délicate par l'utilisation du naphte dont le pays est si abondamment pourvu et par l'utilisation des résidus de distillation. De janvier à septembre 1915,

les expéditions de naphthe et de ses dérivés, par le Volga, ont été en augmentation de 33 o/o sur celles de 1914. On peut évaluer cet emploi supplémentaire du naphthe à 80 millions de pouds, ce qui, sur la base d'un pouvoir calorique de 10.000 calories, correspondrait à environ deux millions de tonnes de houille.

Coke. — Au chapitre des *Engrais (sulfate d'ammoniaque)* nous donnons le tableau des sous-produits recueillis dans la région du Donetz depuis que, dans la fabrication du coke, on a repris, en Russie, la récupération des sous-produits. Il est, en effet, remarquable que, jusque vers 1910, on se bornait, en Russie, à produire du coke sans récupérer les sous-produits si précieux à tant de titres. Fin 1913, le nombre de fours à coke à récupération, était, pour toute la Russie, de 848. Leur production (entière pour l'année 1913 — 6 mois seulement pour les années 1914 et 1915) ressort du tableau ci-après :

	1913	1914	1915
	(pour l'année entière	(pour six mois)	
	en pouds		
Coke.....	79.550.000		
Goudron de houille.....	2.410.300	1.439.000	1.656.000
Eau ammoniacale (25 o/o) ..	1.014.000	558.000	628.000

La production du coke dans la région du Donetz a été de 278 millions de pouds en 1914 (soit 4.560.000 tonnes métriques) et de 251 millions en 1915 ; on voit donc que les deux tiers de la houille sont encore carbonisés sans récupération des sous-produits.

Industrie du naphthe. — La Russie est le plus important producteur de naphthe européen et le second parmi les producteurs mondiaux, les Etats-Unis venant en tête. Le principal centre de production est situé dans la région de Bakou.

La production russe n'a cependant pas, dans ces dix dernières années, eu le développement intensif qui a caractérisé la production américaine et la production roumaine.

Alors que la production mondiale a augmenté de 29.775.000 de tonnes, en 1906, à 57.920.000 de tonnes en 1914, la production russe n'a passé que de 8.168.000 à 9 millions 173.000 tonnes dans le même espace de temps. Il y a une légère augmentation pour 1915, (13 millions de pouds de plus qu'en 1914) soit au total pour 1915 9.348.000 tonnes.

Voici d'ailleurs, à titre de comparaison, les chiffres de la production mondiale pour les années 1913 et 1914 :

	1913	1914
	(en 1.000 tonnes)	
Etats-Unis	33.126	38.500
Russie.....	9.247	9.173
Mexique.....	3.671	3.676
Roumanie.....	1.885	1.784
Indes néerlandaises.....	1.534	1.604
Indes britanniques.....	1.000	1.000
Autriche-Hongrie.....	1.087	750
Perse.....	180	400
Japon.....	259	280
Pérou.....	248	260
Allemagne.....	133	150
Egypte.....	13	104
Trinité.....	67	84
Canada.....	30	29
Italie.....	7	6
Divers.....	65	120
Production mondiale.....	52.552	57.920

La Russie est forcément un gros exportateur du pétrole et de ses dérivés, voici les quantités pour 1912 :

	Poids	Tonnes
Benzine.....	7.085.236	114.800
Pétrole lampant.....	24.190.780	393.600
Huiles minérales brutes.....	7.228.679	118.000
Huiles minérales raffinées.....	9.247.887	151.700
Résidus de naphte.....	3.395.450	55.700

Tourbe. — La Russie possède des gisements de tourbe considérables dont la superficie est estimée à environ 38 millions d'hectares. Il est vrai que l'exploitation de ce combustible est encore fort peu avancée.

INDUSTRIES MINIÈRES ET MÉTALLURGIQUES

Fer. — La Russie doit être comptée parmi l'un des pays les plus riches en minerais de fer. On estime sa réserve à environ 2 milliards de tonnes de minerai, représentant 813 millions de tonnes de métal. On trouve du minerai de fer dans la Russie méridionale, en Pologne russe, dans la Russie centrale, dans le Nord, dans le Caucase et dans l'Oural. La majeure part e

est fournie par la Russie méridionale. Dans l'Oural, l'industrie sidérurgique est loin de donner le plein de sa production. Cela tient en grande partie à ce que la houille manque sur place. Il en résulte que la création de grandes usines sidérurgiques est rendue très difficile. Cela explique aussi pourquoi les usines de l'Oural produisent surtout de la fonte au bois. La production de l'Oural a été de 38 1/2 millions de pouds en 1914 (soit 630.000 tonnes environ).

Le développement de l'industrie sidérurgique russe ressort du tableau suivant :

	Estimation en millions de tonnes (1.000 k.)						
	1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914
Fonte.....	2,8	2,87	3	3,6	4,2	4,9	5,28
Produits semi-manufacturés (fer et acier)..	2,86	3,22	3,5	3,9	4,5	5,2	5,68
Produits finis (fer et acier).....	2,4	2,67	3	3,3	3,7	4,3	4,7

La production n'a, jusqu'à ce jour, pu suivre la consommation. La disette de fonte a continué à sévir en Russie malgré qu'en 1910 les sociétés métallurgiques affirmaient pouvoir être en mesure de parer à cette disette. La loi du 18 mai 1911 a eu beau concéder des droits d'entrée réduits pour les fontes étrangères. Leur importation, malgré cet avantage, n'a pas apporté, au resserrement du marché, l'allégement qu'on espérait de l'application de cette mesure. Des prix fort élevés ont donc été pratiqués. La production indigène s'est pourtant accrue très notablement depuis 1910, puisqu'en 1914 elle avait presque doublé. Mais le développement industriel des usines qui produisent la fonte et la dénaturent jusqu'au produit fini, a été d'une telle intensité que rien ou presque rien de leur production initiale ne put aller aux usines ne s'occupant que de la dénaturation. C'est pourquoi, en 1912, on dut importer 5 millions de pouds (81.900 tonnes) de fontes étrangères (1).

Le marché du coke a suivi une marche parallèle. Là, malgré la mise en route de nouveaux fours, les besoins des hauts fourneaux n'ont pu être couverts qu'en partie.

A la fin de l'année 1912, il y avait à feu 136 hauts fourneaux contre 128 l'année précédente. En Russie Méridionale, le nombre des hauts fourneaux s'est accru de 6 unités et d'un nombre égal dans l'Oural. Il y a par contre eu diminution d'une unité en Pologne et de 3 unités dans la région de Moscou.

(1) Le poud équivaut à 16 k. 38.

La prospérité générale qui favorisa l'industrie sidérurgique en 1912-1913 exerça une influence heureuse sur les usines de la Russie Méridionale. Les bénéfices nets s'accrurent dans de très notables proportions, cela en dépit du manque de main d'œuvre et des prix élevés atteints par la houille et bien que d'énormes capitaux nouveaux furent, à ce moment-là, investis tant pour l'agrandissement des usines que pour la mise à feu de nouveaux hauts fourneaux et l'installation d'engins plus modernes tels que : turbines à vapeur, électrification de certains ateliers, etc., etc. Mais les capitaux frais ont surtout été employés pour l'acquisition de nouveaux charbonnages et de mines de fer.

Le tableau suivant permettra de se rendre compte de l'augmentation en capitaux qui fut reconnue nécessaire pour faire face à l'augmentation de production des usines de la Russie Méridionale.

Le capital-action des sociétés mentionnées ci-après était :

au 1 ^{er} janvier	En millions de roubles			
	1911	1912	1913	1914
Pour Briansk.....de	24,18	24,18	30,18	41,18
« Krivoï Rog.....	4,50	4,50	4,50	4,50
« Dnieproviennne.....	13,13	15,00	15,00	15,00
« Donetz-Juriewska...	15,00	22,10	22,10	22,10
« Drushkowski.....	4,50	7,69	7,69	7,99
« Constantinowski....	1,88	2,63	2,63	2,63
« Kramartowski.....	7,23	7,23	7,23	7,23
« Makejewski.....	3,75	3,75	3,75	3,75
« Nicopoul-Mariopoul.	6,60	6,60	13,20	13,20
« Olchowski.....	1,88	1,88	1,88	1,88
« Russo-Belge.....	15,00	15,00	20,00	20,00
« Providence-Russe...	14,62	14,62	14,62	15,62
« Sulina.....	7,00	7,00	7,00	10,00
« Taganrog.....	7,50	10,00	12,50	21,00
« Iusowka.....	11,40	11,40	11,40	11,40
Total.....	138,17	152,58	173,68	197,48

Il faut noter aussi que la Russie exporte des *minerais de fer* ; cette exportation s'est élevée à 40.485.996 pouds en 1912 (environ 650.000 t.) alors que sa production totale était estimée à 8.218.000 tonnes en 1912.

..

Métaux. — L'industrie du *cuivre* a eu un développement extrêmement intense en Russie. Plus de la moitié du cuivre produit provient de la ré-

gion de l'Oural. La plus importante usine est située dans le district de Iekaterinenbourg et appartient à la Société Minière de Kyschtym. Le cuivre traité dans l'usine de Nijny-Kyschtym est affiné électrolytiquement. Le cuivre obtenu titre 99,92 o/o. Les résidus (boues) contiennent en moyenne 3,6-4,6 o/o d'or, 26,8,-31,28 o/o d'argent et encore 9,15-35 o/o de cuivre.

L'extraction des minerais de cuivre est de plus en plus active, surtout depuis 1907 ; la production du cuivre pur montre un accroissement proportionnel.

On a produit comme cuivre pur en :

1906	1907	1908	1909
—	—	—	—
630.000	885.000	1.032.000	1.134.000 pouds.
1910	1911	1912	1913
—	—	—	—
1.378.000	1.564.000	2.047.000	2.095.000 pouds.

(soit 33.600 tonnes métriques en 1912).

Le faible accroissement de la production de 1912 à 1913 tient à des causes toutes fortuites. Plusieurs usines puissantes de la région de l'Oural se sont trouvées en réfection et en transformation pendant l'année 1913.

Voici la décomposition, par provenances, des chiffres de production donnés ci-dessus :

	Oural	Caucase (en milliers de pouds)	Sibérie	Usines chimiques
	—	—	—	—
1906.....	290	237	35	—
1907.....	458	307	52	64
1908.....	523	300	150	55
1909.....	523	405	151	51
1910.....	653	471	196	55
1911.....	785	493	229*	55
1912.....	1102	576	294	75
1913.....	1055	611	345	84

La production a toutefois sensiblement baissé par suite de la guerre ; elle a été de 1.905.000 pouds en 1914 et est même tombée à 1.609.000 pouds en 1915.

Presque 95 o/o de la production mondiale du platine est originaire de l'Oural ; les 5 o/o restant se répartissent sur la Colombie, le Canada, les

Etats-Unis et l'Australie. La production de l'Oural diminue d'une manière constante depuis quelques années. Cette production était encore de 365 pouds en 1903. En 1906 elle était tombée à 352 pouds et à 312 pouds en 1909. En 1910 elle remonte à 334 et, en 1911, à 342 pouds pour retomber en 1912. Depuis elle a encore baissé, à 298 pouds en 1914 et 205 pouds en 1915. Jamais le prix du platine n'a été aussi élevé (7.900 fr. le kilo en novembre 1915).

L'entreprise la plus importante est la Compagnie industrielle du Platine dont le siège est à Paris. Cette société possède 44 placers. D'autres entreprises importantes sont celle du comte Schuwalof, celle des usines Demidoff et celle de la Société anonyme Nikolo Pawdinsk.

Comme sous-produit du platine on recueille de l'*osmium-iridium*. La production russe de ce dernier métal précieux diminue d'année en année. Alors qu'elle était encore d'environ 4 1/2 kilos par an pour les années 1902 à 1904, celle de 1907 ne fut plus que de 2,15 kilos ; en 1911 elle est tombée à 140 grammes. En dehors de la Russie, ce métal précieux se trouve également en Tasmanie.

L'industrie du zinc est actuellement complètement paralysée par suite de l'occupation de la Pologne par les puissances de l'Europe centrale. La Pologne russe était le principal centre producteur (production russe annuelle : 8.800 tonnes en 1912).

Quant au plomb, on connaît des gisements de minerais de ce métal dans le Caucase et dans la Transbaïkalie. Malheureusement les circonstances économiques ne se sont, jusqu'à présent, que fort mal prêtées à une exploitation industrielle (la production russe n'a pas dépassé 1.000 tonnes en 1912).

La région du Caucase a produit, en 1914, 146.915 pouds de zinc et 63.486 pouds de plomb.

On trouve du nickel en trois endroits différents de l'Oural. Le minerai est pauvre en métal (4 o/o en moyenne). Son exploitation, en temps normal, ne saurait faire vivre une entreprise. Actuellement, pourtant, on trouve intérêt à utiliser ces minerais que l'on enrichit à 65 o/o par un traitement approprié.

Des minerais de mercure existent dans l'Oural. Le minerai trouvé contient, dit-on, jusqu'à plus de 10 o/o de mercure, mais l'exploitation en était nulle jusqu'à présent. Actuellement, cependant, la société Auerbach exploite des gisements de cinabre dans le gouvernement d'Iekaterinoslaw. Mais il ne paraît pas certain qu'en temps ordinaire il y ait là une base pour une industrie viable.

Minerais de chrome. — On compte plusieurs entreprises appartenant à

l'Etat et plusieurs entreprises privées très importantes. L'une des plus considérables parmi ces dernières, est la *Société minière de Bogoslov* qui possède une importante usine de produits chimiques. C'est dans cette usine qu'elle traite, tant minerais qu'elle extrait en propre, que la quantité plus importante encore (les 2/3 environ de sa fabrication) qu'elle achète au dehors. Elle en fait des chromates de toute nature. Sa puissance de production annuelle est de 32.000 pouds de bichromate de sodium, de 5.000 pouds de bichromate de potasse et de 20.000 pouds de sulfate de chrome. Or, comme la consommation des teintureries et impressions russes n'atteint, paraît-il, que 140.000 pouds de bichromate de sodium et de potasse, cette usine serait à même, en marchant en plein, de couvrir le quart de la consommation indigène.

Amiante. — La production de ce minéral suit une ligne nettement ascendante. Dans l'Oural elle a atteint, en 1913, 1.033.003 pouds (16.920 t.). Le développement croissant de l'industrie de l'amiante, dans cette région, ressort du tableau suivant :

Production des années	1906	1907	1908	1909
En pouds.....	561.733	541.143	663.038	814.134
En milliers de tonnes.	9,2	8,86	10,86	13,33
Production des années	1910	1911	1912	1913
En pouds.....	667.966	948.380	1.007.679	1.033.003
En milliers de tonnes.	11,1	15,53	16,5	16,92

La plus grande partie de l'amiante produite est exportée (860.614 pouds en 1912).

L'industrie de l'amiante dans l'Oural est fort ancienne. La première exploitation remonte à l'année 1730. Mais ce début resta sans lendemain pendant plus d'un siècle. Ce n'est que vers 1889 que l'exploitation fut régulièrement reprise. Jusque-là l'extraction n'avait que péniblement atteint le chiffre de 1.850 pouds (30 tonnes). Mais à dater de cette reprise, elle croit à pas de géant. En 1899 elle est déjà de 164.430 pouds (2.700 t.) et en 1906 elle atteint le chiffre de 561.733 pouds (9.200 tonnes).

Divers. — Dans les salines du Gouvernement de Perm l'extraction du chlorure de sodium atteint environ 19 millions de pouds par an. Dans le district d'Orenbourg l'extraction a, depuis quelques années, subi un certain ralentissement. L'industrie du chlorure de sodium est surtout très importante dans la région du delta de la Volga et dans celle du Kouban.

On trouve du *graphite* dans le Caucase. Quoique sa qualité soit inférieure à celle du produit provenant de Ceylan, deux usines se sont montées

à Mariupol et sont en pleine activité depuis la guerre, les arrivages étrangers étant arrêtés.

Nous signalerons, enfin, pour terminer les richesses du Caucase (en *minerais de manganèse*, dont la Russie est le plus gros producteur. L'importance de cette industrie ressort des exportations qui se sont élevées, en 1912, à 61.527.235 pouds (soit plus de un million de tonnes).

INDUSTRIES INORGANIQUES

Acide sulfurique. — En ce qui concerne la production de ce produit, les chiffres précis ont fait défaut jusqu'à ce jour (1). Mais l'importance de cette industrie peut être déduite de la consommation qu'elle fait de minerais sulfurés. Les lieux de provenance de ces matières premières sont situés dans le Gouvernement de Perm (Oural), dans les environs de Moscou et dans le Caucase.

La production des pyrites de fer est allée en croissant d'année en année. En 1910, elle était de 3.509.000 pouds (2). En 1912, elle dépassait 8 millions de pouds (dont 7 1/2 millions provenant de la région de l'Oural). Toute cette production est consommée dans le pays même. L'appoint de pyrites nécessaires est fourni par l'Asie Mineure et le Portugal.

En 1912, la consommation de ces pyrites a atteint le chiffre de 16 millions de pouds. Or, on peut affirmer que la consommation des pyrites pour la production de l'acide sulfurique et sulfureux n'a certainement pas dépassé 13 millions de pouds, de sorte que la production annuelle en acide monohydraté et en acide des chambres a atteint, cette année-là, un total de 15 à 16 millions de pouds (247.000 à 262.000 tonnes).

Il a été importé la quantité infime de 199.000 pouds d'acide.

Dans la région de l'Oural, l'utilisation des gaz sulfureux qui se dégagent lors du grillage des pyrites de cuivre, pourrait fournir à la région un acide sulfurique à bon marché qu'on utiliserait avantageusement pour le traitement des phosphates dont l'Oural renferme des gisements considérables et très riches. Il y aurait là une base sérieuse pour une importante industrie de superphosphates, engrais dont le manque se fait sentir très sensiblement dans les contrées extrême-orientales de l'Empire.

(1) Elle peut toutefois être estimée à environ 250.000 tonnes annuellement.

(2) Le poud équivalait à 16 kg. 38.

Telle était la situation en 1912. La guerre l'a considérablement aggravée.

L'importation de pyrites étrangères s'est, en effet, trouvée complètement arrêtée et le transport des pyrites de l'Oural aux usines à acide, qui sont, pour la plupart, situées dans la Russie occidentale, rencontre des difficultés insurmontables. Les prix, tant pour la matière première que pour l'acide, ont donc subi des augmentations importantes.

Il importe surtout de faire remarquer, en vue de l'avenir, que l'acide sulfurique produit dans les chambres ou par le procédé de contact, ne saurait donner naissance à une industrie viable, à cause de son prix de revient trop élevé, dans les régions autres que celles où le grillage des minerais sulfurés laissait se perdre des quantités considérables de gaz sulfureux. Dans ces régions-là, on ne peut que préconiser la création d'usines qui fabriqueraient de l'acide sulfurique à l'aide des gaz, s'échappant lors du grillage des pyrites de fer, de cuivre et des blendes. Rien que dans l'Oural, on pourrait ainsi recueillir 30 millions de pouds (393.120 tonnes) annuellement, par la captation des gaz provenant du grillage des blendes. Pour saisir l'avantage de l'innovation préconisée, il suffira de signaler que les frais de fabrication pour l'acide des chambres s'élèvent, dans les conditions habituelles, à 20 kop. le poud, alors que l'acide produit avec les gaz perdus lors du grillage des minerais, coûterait 3 kop. le poud ; l'acide à 66° B. coûterait à fabriquer 10 kop. le poud au lieu de 45 kop.

Alcalis et chlore. — L'industrie de la soude paraît actuellement devoir se limiter strictement à la région du Donetz. Cela tient à ce que le prix du chlorure de sodium, qui est la matière première indispensable pour cette industrie, atteint dans les centres de consommation, où l'on aurait intérêt à créer des fabriques de soude, des prix exorbitants qui sont causés par les tarifs excessifs pratiqués pour le transport de la matière première du lieu d'origine au lieu de consommation. Pour fixer les idées, citons quelques chiffres. Le chlorure de sodium qui, aux puits du Donetz, coûte environ 6 kop. le poud, revient à Petrograd de 20 à 22 kop., à Riga de 25 à 30 kop. et à Varsovie de 40 à 45 kop. le poud. Seul un remaniement judicieux des tarifs de transport et des facilités, accordées à l'importation, arriveront à porter remède à cette situation que l'ostracisme des usines existantes, qui tiennent à leur quasi-monopole, se plaît à maintenir.

La production des usines en sel de soude a été de 5.716.000 pouds (93.742 tonnes) en 1912 ; celle de la soude caustique de 3.130.000 pouds (51.332 tonnes) et du bicarbonate de soude de 375.000 pouds (6 millions 150.000 kilos).

Le marché du *chlorure de chaux*, étroitement lié à celui de la soude, a vu naître un nouveau producteur en 1912 dans la *Société des Verreries du Donetz*. La consommation de ce produit a été presque exclusivement couverte par la production indigène ; l'importation n'a, en effet, été que de 3.200 pouds. Les principales Sociétés productrices de cette matière sont : la *Société Ljubimow Solway et C^{ie}*, la *Société Méridionale Russe* et *P. K. Uschkow et C^{ie}*. Le prix, pour lequel une entente paraît exister, s'est invariablement, jusqu'à la fin de 1912, maintenu à 1,85 roubles le poud.

Depuis la guerre, l'industrie du chlore s'est fortement développée et on a installé la fabrication du chlore liquide.

Industrie verrière. — Presque tout le verre était fabriqué en Pologne russe dans les gouvernements de Varsovie, Petrikow, Cholm, Lublin et Radom. On comptait 35 fours produisant pour environ 6 millions de roubles de produits annuellement. La guerre a profondément désorganisé cette industrie et privé la Russie de la production polonaise.

Engrais minéraux. — La production des *superphosphates* a atteint en 1912, le chiffre de 7,5 millions de pouds. L'importation a été, cette année-là, de 11,5 millions de pouds ce qui établirait la consommation totale à environ 19 millions de pouds (soit 310.000 tonnes). La consommation de 1911 avait été de 17 millions de pouds ; en 1908, elle n'était encore que de 6 millions de pouds.

La production indigène n'a pas eu proportionnellement le même développement que l'importation du produit étranger. En effet, alors que celle-ci, pour la dernière période décennale (1902-1912), passait de 2,0 à 11,5 millions de pouds, la production indigène augmentait seulement de 4 à 7,5 millions de pouds.

Il est certain que la production des phosphates indigènes n'est pas assez poussée. Il existe pourtant, en Russie, de nombreux et puissants gisements de phosphates. Mais, à l'heure présente, on n'a réellement exploité, et encore, que dans une très faible mesure, les gisements de Podolie et ceux situés dans le Gouvernement de Koursk. Plus récemment, on a, cependant, envisagé l'exploitation des gisements de phosphates de la région de l'Oural. L'administration du Gouvernement de Perm s'occupe de la création, dans les environs de cette ville, d'une usine à *superphosphates* afin de pouvoir fournir, dans des conditions de prix intéressantes, aux agriculteurs de la région, cet engrais phosphaté presque inconnu d'eux. Les phosphates qui seront traités dans cette usine, proviendraient des gisements situés près de Kaï dans la région où la Kama prend sa source. Les phosphates extraits ne renferment que 26 o/o d'acide phos-

phorique ; mais ils sont extrêmement abondants et d'une exploitation peu coûteuse. Le développement de l'industrie des superphosphates, dans la région de l'Oural, paraît susceptible d'un développement d'autant plus certain que, comme nous le faisons déjà remarquer plus haut, l'acide sulfurique nécessaire à cette fabrication pourrait être produit sur place dans des conditions de bon marché exceptionnelles (1).

L'engrais le plus important, après les superphosphates, est la *Scorie Thomas*. L'importation a passé de 8.513.000 de pouds en 1911 (2.500.000 de pouds en 1902) à 10.347.000 de pouds en 1912. La production indigène est restée stationnaire. On peut l'estimer à 3 millions de pouds.

L'importation du *salpêtre du Chili* a pris un grand développement. Avant 1910, elle se tenait entre 800.000 et 900.000 pouds. En 1910, elle fut de 1.744.000 ; en 1911, de 1.936.000 et, en 1912, de 3.152.000 pouds. Il est difficile de dire quelle est, dans ces quantités, celle absorbée par l'industrie chimique et celle consommée par l'agriculture. On est néanmoins fondé à avancer avec assez de certitude que tout au plus la moitié est consommée par l'industrie chimique et que le surplus va à l'agriculture.

La production du *sulfate d'ammoniaque* est en progression. Avant la guerre, cet engrais précieux était exporté généralement en Sicile, exportation qui s'explique par des raisons d'ordre géographique ; Mariampol, le lieu principal de production, est, en effet, situé sur la mer Azow. L'insuffisance d'engrais azotés dans le pays a donc dû être couverte par l'importation.

En 1913, 848 fours à coke à récupération étaient en activité dans la région du Donetz. Le développement de l'industrie très importante des sous-produits, recueillis lors de la cokéification de la houille, ressort du tableau ci-après. Il y a lieu de faire remarquer ici (comme nous l'avons fait observer au chapitre des *combustibles*) que, jusqu'en 1910, la récupération des sous-produits des fours à coke ne s'était pas faite en Russie.

Il a été produit en	1910	1911	1912
		en pouds	
Sulfate d'ammoniaque.....	31.339	31.813	244.606
Eau ammoniacale (15 %/o) .	259.316	249.122	619.919
Goudron de houille	704.787	673.193	1.180.466
Esprit de sel	3.329	13.274	6.437
Benzol	5.793	3.813	—
Huiles lourdes	222.525	160.143	33.330
Brai	243.790	203.922	290.996

(1) D'après les derniers renseignements que nous avons pu recueillir, l'usine à superphosphates projetée serait en construction. Elle serait prévue pour une production annuelle de 1.200.000 pouds de superphosphates.

Depuis, ces productions ont été plus que doublées.

Ainsi, pour la première moitié de 1915 on a produit ; 360.000 pouds de sulfate d'ammoniaque, 1.656.000 pouds de goudron, 628.000 pouds d'eaux ammoniacales, 638.000 pouds d'huiles lourdes et 712.000 pouds de brai.

L'arrêt complet de l'extraction du benzol a réagi très désavantageusement sur l'industrie russe des matières colorantes, en ce sens qu'il a fallu faire venir du dehors cette matière première et la payer le prix demandé quel qu'il fût. On a cependant repris cette fabrication depuis les hostilités ; rien que pour les six premiers mois de l'année 1915, on est arrivé à produire 97.000 pouds (1.590 tonnes) de benzol.

Signalons enfin, comme engrais naturels, les *sels de potasse*, dont des quantités considérables auraient été récemment mises à jour par des sondages effectués dans le lac d'Elton situé sur la ligne de Riuzan-Oural dans sa descente vers Astrakan. La production actuelle totale de sels de potasse en Russie est d'environ 750.000 pouds. La composition des sels vendus varie entre 80 à 98 0/0 K_2CO_3 . Mentionnons que l'importation des sels de Stassfurt avait été de 2 millions de pouds, en 1902, et que dix ans plus tard elle atteignait le chiffre de 5 millions de pouds.

Couleurs minérales. — Avant la guerre, la Russie importait aussi de grandes quantités de matières colorantes minérales : de la céruse, du blanc de zinc et des oxydes de plomb. Toutefois la céruse qui venait presque exclusivement d'Angleterre et d'Allemagne, est produite dans le pays, à Reval et à Riga, de sorte que pour ce produit également, l'importation est en recul accentué. L'importation du vert-de-gris qui venait principalement de France, a également sensiblement diminué.

L'INDUSTRIE ÉLECTROCHIMIQUE

Cette industrie est peu développée en Russie, et la guerre a démontré à quel point, pour les produits spéciaux qu'elle fournit, le pays était dépendant de l'étranger.

Au mois de juillet 1915, un journal russe résumait ainsi la situation d'infériorité de l'industrie électro-métallurgique russe.

La Russie, disait-il, ne produit actuellement pas un gramme d'aluminium. Nous ne produisons également ni magnésium, ni sodium, ni carborundum, ni cyanamide, ni ammoniac. La fabrication de l'acier au four électrique est, en Russie, dans un état tout à fait rudimentaire. D'autre part, nous n'avons que deux fours

pour la production du carbure de calcium. Nous n'avons également qu'une petite usine dans l'Oural produisant du ferrosilicium, du ferrochrome et autres alliages similaires ; deux toutes petites usines, l'une dans le Gouvernement de Petrikof et l'autre située sur la chute de l'Imatra, en Finlande, fabriquant du fulminate de mercure. Et encore la dernière n'a-t-elle été remise en route qu'à la suite des hostilités.

On se rend bien compte en Russie qu'on n'y pourra faire prospérer les industries électro-chimiques qu'en disposant :

1° De sources d'énergie à bon marché ; 2° de matières premières en quantités suffisantes et de qualité appropriée ; 3° de capitaux liquides ; 4° de spécialistes.

Les gens compétents inclinent à croire que seule la réalisation du premier de ces facteurs est essentielle, considérant les autres plutôt comme secondaires. On peut différer d'avis sur cette manière de voir et penser notamment que la réalisation des autres facteurs est tout aussi indispensable.

La valeur maxima que pourrait atteindre le prix de l'énergie électrique pour produire sans perte certains produits de l'industrie électro-chimique ressort du tableau suivant. Les prix, qui ont servi de base au calcul de la valeur de l'énergie électrique, sont ceux couramment pratiqués en 1913 pour les matières énumérées dans le tableau ci-après :

	Prix courants moyens en 1913 par poud — (en roubles)	Valeur maxima du kilowatt heure — (en kopeks)
Nitrate de chaux.....	1,80	0,23
Aluminium.....	13	0,6
Ferrosilicium à 50 %.....	6,25	0,65
Soude caustique.....	2,50	1,6
Chlorate de sodium.....	10,80	2,5
Fulminate de mercure.....	9	2,8
Carbure de calcium.....	4	4,6
Cuivre affiné électrolytiquement.....	14	5

Pour les usages électro-chimiques, le prix du K-W-H ne devrait pas dépasser 0,1 à 0,5 kopeks. Or, la pauvreté de la Russie en usines hydro-électriques est telle que le prix de l'énergie électrique atteint des prix qui excluent la fabrication de l'acide nitrique par l'azote de l'air ainsi que la fabrication de l'aluminium. Au surplus, il convient de remarquer que les essais tentés pour produire de l'aluminium avec des kaolins russes ont

donné des résultats tout à fait médiocres. Presque tout l'aluminium consommé en Russie venait d'Angleterre.

Quoi qu'il en soit, on espère néanmoins arriver à donner à l'industrie électrique du pays, et parallèlement à son industrie électro-chimique, tout l'essor et le développement désirables en réduisant, d'une part, le prix de revient de l'énergie électrique et en pratiquant, d'autre part, des droits d'entrée protecteurs très élevés. Le premier point de ce programme pourrait être réalisé en érigeant de puissantes centrales dans les centres houillers, notamment dans la région de Donetz, et dans les régions où les tourbières abondent. Dans ces dernières, on pourrait, comme sous-produit, recueillir plus spécialement de l'ammoniac. (La richesse des tourbières russes est estimée à 4 milliards de pouds, mais l'exploitation est à peine commencée.) De plus, on pourrait aménager les chutes d'eau de la Finlande, de l'Oural et du Caucase. On estime qu'il y a là une réserve d'environ 100 millions de K-W. Cependant, malgré ces richesses et malgré tous les projets formés pour l'utilisation des forces disponibles, il semble que certaines fabrications électro-chimiques doivent rencontrer des difficultés insurmontables, notamment si le Gouvernement russe persiste dans l'intention, qui lui est prêtée, de vouloir imposer l'énergie électrique.

INDUSTRIES ORGANIQUES

Industries pharmaceutiques. — La dépendance du marché des produits chimiques et pharmaceutiques russes des importations allemandes a, dès le début des hostilités, créé une perturbation très profonde en Russie et engendré de sérieuses inquiétudes. Pour se procurer les produits dont on allait manquer, on s'adressa aux Etats-Unis, au Japon et à l'Angleterre, mais sans notable succès, ces pays ne possédant eux-mêmes que de faibles approvisionnements des matières demandées. Quant aux usines purement russes, elles ne purent satisfaire qu'à une faible partie des demandes étant, pour la plupart, complètement dépendantes de l'étranger pour les matières premières qu'elles consomment. Pour indiquer à quel point la situation était précaire, mentionnons simplement qu'il n'y avait, au début de la guerre, pas une usine russe produisant du chloroforme médicinal, matière dont l'importance allait cependant devenir capitale à la suite de l'éclatement des hostilités.

Pour obvier à cette situation presque désastreuse et pour arriver à créer une industrie russe des produits pharmaceutiques indépendante, une association s'est créée à Moscou. Celle-ci compte, parmi ses membres, les

hommes les plus distingués de la science et de l'industrie chimique. Citons parmi les plus connus les professeurs N. Schiloff, W. Tschelinzeff et A. Tschitschibabin.

Cette association qui a pris le nom d'*Association pour le développement de l'industrie chimique et pharmaceutique en Russie*, a fait connaître que son but réel est moins l'aide à apporter aux pouvoirs publics dans la présente guerre que surtout de jeter les bases de la future industrie chimique indigène pour laquelle elle prétend disposer de tous les facteurs essentiels de réussite. Cette association, qui a commencé ses travaux en septembre 1914, est extrêmement active. Il y a là, de la part de nos amis russes, un effort intéressant auquel ils semblent attacher une grande importance.

Son programme n'est au surplus — à l'encontre de ce que sont généralement les programmes de ce genre — pas resté lettre morte.

Ainsi pour obvier au manque de *chloroforme* déjà signalé, l'Association s'est mise à acheter toute la production brute (100 pouds par mois qui, depuis, a pu être portée à 200 pouds) d'une usine chimique de l'Oural (S. T. Morosow) ; elle l'épure et le rend utilisable pour les usages chirurgicaux dans les laboratoires de l'Institut chimique de Moscou. Ce travail est effectué sous la direction du professeur Tschitschibabin.

L'Association a également reçu des demandes pour d'autres narcotiques dont le manque s'est fait sentir. C'est ainsi qu'elle a entrepris la préparation de la *caféine* dans les laboratoires du même institut. Cet alcaloïde est obtenu par extraction des déchets de thé fournis par les grandes usines à thé du pays.

Le professeur Demjanof de l'Institut Agronomique a entrepris la fabrication de l'*atropine* par extraction des graines des solanées que les Zemstvos se sont chargés de recueillir.

L'*iode* et les *préparations iodées* commencèrent à manquer dès la fin du mois d'août 1914. Avant la guerre actuelle, la Russie ne produisait pas d'iode. L'Association a envoyé une expédition scientifique à la mer Blanche où, d'après certains naturalistes, on doit trouver des quantités importantes d'algues capables de fournir de l'iode. L'Association fait également procéder à des analyses dans les salines de la Mer Azov, dont les produits sont réputés contenir beaucoup d'iode.

On a pu ainsi retirer à Wladiwostock 2 kgs 1/2 d'iode par jour des algues et, à Iekaterinoslaw, une nouvelle usine est en train de se monter pour produire 2.000 pouds annuellement, alors qu'une usine d'essai produit 4 pouds d'iode par mois avec des algues provenant de la mer Noire. La fabrication de l'*iodoforme* peut donc être effectuée avec cette production.

L'importation d'*acide citrique* étant devenue impossible, l'Association, pour couvrir les besoins existants, en a entrepris la fabrication dans le laboratoire de l'Université par la voie microbiologique. Elle en produit des quantités importantes en traitant du sucre avec des cultures de *citromyces Pfefferianus* et *citr. glaber*.

Pour les dérivés de la *créosote* et du *gaïacol*, dont l'importance thérapeutique croît de jour en jour, la Russie était entièrement tributaire de l'Allemagne. A présent ces dérivés sont fabriqués, sous la surveillance de l'Association, dans des installations appartenant au Zemstvos de Nijni-Novgorod et où ces produits sont obtenus par distillation par la voie sèche.

Ferreïn à Moscou s'est mis à faire de l'aspirine, du pyramidon et du salol. *Schering*, dans son usine située dans le gouvernement de Mohilew, fabrique de la formaline, de l'eau oxygénée, du chloroforme, de l'acide pyroligneux, de l'acétone. Une usine des environs de Moscou fabrique du sublimé et des autres sels de mercure avec du mercure recueilli à Nikitowka (dans le gouvernement d'Iekaterinoslaw).

On prépare en outre, en quantités plus ou moins considérables : le salicylate de soude, le β -naphтол, l'airol, l'anisol, l'antifébrine, l'urotropine, le xéroforme, l'acide benzoïque, le néosalvarsane, la tannalbine et le tannoforme, l'adrénaline, l'acide ichthyolsulfonique avec des schistes bitumineux ; puis une série d'alcoïdes : la théobromine, la codéïne synthétique, l'apomorphine, la narcotine, l'héroïne, la stypticine, la morphine, etc. Il faut ajouter la fabrication de l'éther sulfurique, de l'anhydrique acétique, du chlorure d'éthyle, de certains peroxydes, de l'hydrate de terpinéol, de la lanoline.

Nous mentionnerons enfin, ici, qu'il a été question de monter la fabrication du caoutchouc synthétique à partir de l'alcool d'après le procédé Ostromilensky, puis celle du musc artificiel et de quelques autres parfums synthétiques.

Cette énumération sommaire montrera suffisamment l'effort qui est fait, mais qui demanderait, pour être développé plus amplement, des chimistes organiciens expérimentés.

Parallèlement à ces diverses fabrications on a préconisé la culture des plantes médicinales et ici aussi un effort louable a été tenté. Des essais de culture, tant privés que d'autres, encouragés par les autorités, ont commencé dans le Turkestan et en Crimée. Ces deux provinces ont recueilli une notable quantité de graines de belladone pour la fabrication de l'atropine. Près de Simferopol on a planté du ricin pour en recueillir l'huile.

L'association citée ainsi que la *Société pharmaceutique russe* et les sa-

vants des universités, en un mot toutes les forces et toutes les compétences utiles, se sont donc réunies, se sont groupées, se sont entendues pour parer d'abord à la disette de médicaments et pour, ensuite, élaborer des méthodes de fabrication rationnelles et étudier les ressources du pays afin de s'affranchir, dès maintenant, et surtout après la guerre, de la dépendance des usines étrangères et particulièrement des usines allemandes et autrichiennes.

Matières colorantes. — Un effort analogue à celui fait dans le domaine des produits pharmaceutiques est tenté dans le domaine des produits chimiques industriels par l'Association des propriétaires d'usines et des industriels de la Russie ainsi que par l'Association des fabricants de cotonnades. Cette dernière vise surtout la rénovation et l'agrandissement des usines de matières colorantes du pays.

Les principales entreprises textiles de Moscou ont, de leur côté, décidé de créer une usine pour produire les matières colorantes dérivées du goudron de houille ainsi que les produits intermédiaires que nécessite leur fabrication. La construction de cette usine et sa direction seraient, nous dit-on, confiées à la plus importante usine de matières colorantes suisse.

Les matières colorantes artificielles venaient principalement d'Allemagne. Les importations s'élevaient à 94.000 pouds (1.541.600 kilogrammes) auxquelles venaient s'ajouter 40.000 pouds d'indigo (656.000 kgs) et 465 pouds de divers produits, de sorte que la quantité de colorants importée dépassait 3.000 tonnes d'une valeur d'une dizaine de millions de francs. Les grandes usines de matières colorantes allemandes avaient aussi des succursales en Russie où elles pratiquaient le finissage de certains produits comme elles le faisaient en France. L'importation des matières colorantes naturelles et celle des matières tannantes marque cependant un certain recul par suite de la création d'affaires indigènes.

Le même phénomène s'est produit dans l'industrie des *laques* pour lesquelles les usines indigènes sont parvenues à fournir un produit utilisable.

Quant au marché de l'aniline il était, en 1912, réglementé par le syndicat de l'aniline qui, en dehors des usines étrangères, englobe également une importante usine russe, la *Fabrique chimique de Tentelew* à Petrograd. A côté de ce syndicat, trois usines russes indépendantes interviennent sur le marché de l'aniline. Ce sont celle de *Trampedach* à Riga, celle de *Lourié* à Moscou et la *Société Benzol-Aniline* à Kinieschma sur le Volga. Il faut remarquer que l'aniline et les sels d'aniline appartiennent à cette branche des gros produits de l'industrie des matières colorantes dérivées du gou-

dron de houille pour la fourniture desquels l'industrie indigène tente de s'affranchir tous les jours de plus en plus de la dépendance étrangère.

Il est certain qu'il y a, en Russie, des quantités considérables de matières premières pour l'industrie des matières colorantes et notamment du goudron de houille. La région du Donetz en détient d'énormes stocks. Cela n'a pas empêché qu'on en importât, en 1913, 2.461.000 pouds (40.311 t.) d'Allemagne. Cette constatation prouve la mauvaise utilisation des matières premières disponibles. On se l'explique pourtant quand on saura que des tarifs de transports très élevés frappent, en Russie, certaines matières premières au point de les rendre inutilisables à une distance déterminée de leur lieu d'origine, sans compter que les voies de communication sont rares et mal utilisées par suite d'un matériel de transport insuffisant.

Matières organiques diverses. — En 1912, on ne vendait plus de *tanin* étranger sur la place de Moscou. Les usines russes qui produisent du tanin se sont entendues et ont invariablement maintenu le même prix pendant toute l'année.

Les complications intérieures en Perse réduisirent très sensiblement les importations de *gomme adragante*. Les prix montèrent très fortement; la consommation se ralentit, l'industrie textile ayant cherché à remplacer ce produit par des matières similaires et plus faciles à se procurer.

Avant la guerre, la Russie exportait de la glycérine (94.000 pouds en 1914); cette exportation a complètement cessé, ce produit trouvant son emploi dans le pays même. Une partie notable de la glycérine qui se forme lors de sa saponification des corps gras était du reste perdue.

Produits de la distillation du bois. — Il est à remarquer que l'industrie de la distillation du bois était florissante autrefois, aussi longtemps que la vente du méthylène était profitable. Par suite de la concurrence qui lui a été faite par l'alcool dénaturé, cette industrie a fortement périclité. Le marché indigène reste donc toujours tributaire de l'étranger et d'importantes quantités de résine sont importées. Par contre on exporte de la térébenthine brute.

Depuis la guerre, cette situation s'est cependant modifiée quelque peu, comme nous l'avons constaté plus haut, et, notamment pour l'acide pyroigneux et l'acétone, l'usine Schering cherche, dans la mesure du possible, à faire face aux demandes du pays.

La plus grande production de *goudron de bois* et de *térébenthine* appartient au gouvernement de Perm où l'on compte une centaine d'installations s'adonnant à la distillation du bois. La moyenne de production de ces usines est de quelques centaines de wedro (le wedro = 12 litres) par

an. On ne compte, dans la région de l'Oural, que deux usines se livrant à la distillation du bois : l'usine de *Reinbot* et celle des *Frères Kamienski*. Toutes deux produisent de l'acide pyroligneux et du méthylène titrant 90/95 et 99 0/0.

Nous rattacherons, enfin, ici, l'industrie des allumettes qui est pratiquée dans 114 usines. Celles-ci ont produit, en 1914, 4 millions de caisses (à 1.000 boîtes) dont 300.000 caisses furent exportées (soit 243.573 pouds).

Industrie sucrière. — La surfaceensemencée en betteraves a été, pour la campagne de 1911-1912, de 726.000 déciatines (1), de 699.000 déciatines pour celle de 1912-1913 et de 663.000 déciatines seulement pour la campagne de 1913-14, soit une diminution de 8 0/0 pour cette dernière campagne par rapport à celle de 1911-12.

Quant au produit de la dernière récolte il est, en y comprenant les stocks reliquataires de la campagne précédente, en diminution de 22,1 0/0.

La campagne sucrière de 1913-14 a donné 92.660.191 pouds de sucre, de sorte que le stock disponible à la fin de cette campagne était de 115,5 millions de pouds qui se sont répartis entre la consommation indigène et l'exportation (8.511.310 pouds).

Le résultat de la dernière campagne 1914-15 s'est élevé à 107.011.186 pouds (1.752.843 tonnes).

(1) Un déciatine vaut 1 hectare 09.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	v
INTRODUCTION	vii
I. — Généralités	1
II. — Les combustibles et leurs sous-produits	5
Production et consommation de la houille en France. — Carbonisation de la houille. — Sous-produits de la carbonisation. — Lignite. — Tourbe. — Combustibles liquides.	
Annexes au chapitre II : Production mondiale en combustibles fossiles, 14. — Production mondiale du coke, 15. — Importations françaises de combustibles liquides en 1913, 15.	
III. — Houille blanche et électro-chimie	16
Annexe au chapitre III : Production mondiale du carbure de calcium, 19.	
IV. — Les produits du sous-sol : les richesses minières et naturelles	20
Minerais de fer. — Métallurgie du fer. — Aluminium. — Plomb. — Etain. — Cuivre. — Petits métaux. — Sel marin. — Phosphates naturels. — Minerais divers.	
Annexes aux chapitres III et IV : Production mondiale de la fonte, 30. — Production mondiale de l'acier, 31. — Production mondiale du cuivre, 31. — Production mondiale du zinc, 32. — Production mondiale du plomb, 32. — Production mondiale de l'étain, 33. — Production mondiale de l'aluminium, 33. — Production mondiale de l'antimoine, 33. — Production mondiale du nickel, 34. — Production mondiale du sel, 34.	

V. — Les produits du sol : les industries agricoles et les industries chimiques qui s'y rattachent	35
Production agricole. — Elevage. — Tannerie. — Industries frigorifiques. — Stérilisation. — Carbonisation du bois. — Industrie de la cellulose. — Acides formique et oxalique. — Résines. Camphre. — Essences et parfums naturels.	
VI. — Industries alimentaires et industries connexes	44
Féculerie. — Panification. — Industrie sucrière. — Cacao, chocolat. — Glucose. — Caséine.	
Annexe au chapitre VI : Consommation mondiale du cacao, 49.	
VII. — Les industries de fermentation et industries annexes	50
Industrie de l'alcool. — Industrie vinicole. — Brasserie. — Alcool amylique. — Crème de tartre. — Vinaigre. — Acides tartrique, lactique, citrique, lévulique, succinique, dioxytartrique, glycolique.	
Annexes aux chapitres VI et VII : Production de l'alcool en France 55. — Production de l'alcool dans les principaux pays industriels, 55. — Production européenne du sucre de betteraves, 56. — Production mondiale du sucre de canne, 56.	
VIII. — Industrie des corps gras et industries annexes	57
Importance de l'industrie des corps gras. — Huiles et graisses. — Beurre végétal, graisses de chocolat, margarine. — Huiles de graissage. — Industries de saponification. — Savonnerie. — Hydrogénation des huiles. — Sulfuricines. — Huiles d'ensimage. — Glycérine. — Acétine.	
IX. — Industries organiques diverses en relation avec les industries agricoles	70
Caoutchouc naturel, de plantation et synthétique. — Régénération du caoutchouc. — Factices. — Vernis. — Siccatis. — Cires. — Extraits tannants et tinctoriaux.	
X. — Les engrais minéraux : superphosphates et sels de potasse.	76
Généralités sur les engrais minéraux. — L'industrie des superphosphates. — Scories de déphosphoration. — Sels de potasse. — Importations françaises de sels de potasse, 83.	
XI. — La fixation de l'azote	84
Le problème de l'azote. — L'azote nitrique. — Cyanamide de calcium. — Azoture d'aluminium. — Synthèse directe de l'am-	

moniaque. — Sulfate d'ammoniaque. — Avenir des industries de l'azote. — Cyanures.

Annexes aux chapitres X et XI : Production mondiale des superphosphates, 94. — Production européenne en scories Thomas, 94. — Production mondiale des phosphates naturels, 94. — Consommation mondiale de la potasse, 95. — Consommation de salpêtre du Chili, 95.

XII. — L'industrie du chlore : sa fabrication, ses emplois 96

Procédés divers pour la préparation du chlore. — Chlore liquide. — Chlorure de chaux. — Hypochlorites alcalins. — Chlorures métalliques. — Désétamage des déchets. — Chlorures organiques : tétrachlorure de carbone, chloroforme, etc. — Solvants chlorés. — Emplois du chlore dans les industries des matières colorantes, des produits pharmaceutiques et parfums synthétiques.

XIII. — La grande industrie inorganique des acides et des alcalis 112

Acide sulfurique. — Acides chlorhydrique, nitrique, phosphorique, carbonique. — Sulfate et bisulfate de soude. — Sel de soude. — Soude caustique. — Silicates de soude et de potasse.

XIV. — Industries minérales diverses : sels métalliques, couleurs minérales, etc 119

Sulfate de cuivre et sels de cuivre. — Sulfates de fer, d'alumine, de magnésium, de zinc. — Chlorure de baryum. — Borax et acide borique. — Couleurs minérales : ocre, outremer, céruse, blanc de zinc, lithopone, minium, litharge, bronzes en poudre. — Gaz comprimés et liquéfiés.

Annexes aux chapitres XIII, et XIV : Production de l'acide sulfurique, 124. — Production des usines de soude françaises, 124. — Production du sulfate de cuivre, 125.

XV. — L'industrie des oxydants et des réducteurs 126

Oxygène et air liquide. — Chromates et bichromates. — Permanganates. — Chlorates. — Peroxydes et persels. — Ferricyanures. — Acide sulfureux. — Sulfites et bisulfites. — Hydrosulfites. — Sel d'étain. — Sulfure de sodium. — Hydrazine. — Hydroxylamine.

XVI. — La grande industrie du goudron de houille 136

Distillation et fractionnement du goudron. — Classification des

produits. — Benzols. — Phénols. — Naphtaline. — Anthracène. — Brai. — Rendements.	
XVII. — L'industrie des produits intermédiaires	142
Chloruration. — Nitration. — Sulfonation. — Fusion alcaline. Hydrolyse. — Réductions. — Oxydation. — Alcoylation. — Acy- lation. — Nitrosation. — Condensation. — Production française.	
XVIII. — L'industrie des matières colorantes artificielles . . .	157
Causes de la décadence de cette industrie en France. — Cou- leurs azoïques. — Couleurs au soufre. — Couleurs à cuve. — Couleurs dérivées de l'anthraquinone. — Couleurs d'aniline. — Phtaléines. — Couleurs diverses. — Consommation et production françaises.	
Annexe au chapitre XVIII : Exportations allemandes en colo- rants et produits intermédiaires, 172.	
XIX. — L'industrie des produits pharmaceutiques et des par- fums synthétiques	173
Produits pharmaceutiques synthétiques. — Alcaloïdes naturels. Parfums synthétiques. — Produits photographiques. — Produits de laboratoire.	
XX. — L'industrie des poudres et des explosifs	180
Poudres sans fumée. — Explosifs. — Acide picrique. — Trini- trotoluène. — Explosifs divers. — Détonateurs.	
XXI. — Fibres artificielles ; matières plastiques et artificielles diverses	186
Soies artificielles : soies à la nitrocellulose, soies cuproammonia- cales, soies viscoses. — Textilose. — Collodion. — Celluloïd. — Acétylcelluloses. — Galalithe. — Bakélite. — Caoutchouc synthé- tique. — Cuir artificiel. — Fourrures artificielles.	
XXII. — Industries textiles et industries tinctoriales	194
Importance des industries textiles. — Coton. — Laine. — Soie. Lin. — Chanvre. — Industries du papier et des pâtes à papier. — Industries tinctoriales. — Consommation de colorants dans les arts tinctoriaux. — Evolution des industries tinctoriales. — Pro- grès mécaniques et chimiques. — Blanchiment. — Teinture. — Impression. — Apprêts.	
Annexes au chapitre XXII : Production mondiale du coton, 209.	

— Production mondiale de la laine, 209. — Production mondiale de la soie, 210. — Broches de filature pour coton, 210.

XXIII. — Statistiques 211

Importance des industries chimiques et industries annexes. — Industrie chimique française. — Industrie chimique allemande. — Industrie chimique anglaise. — Tableau de la production et de la valeur des principaux produits minéraux. — Productions et chiffres d'affaires des industries organiques. — Importations et exportations diverses.

XXIV. — Comparaison des grandes nations industrielle . . . 219

Commerce extérieur de la France, de l'Angleterre, de l'Allemagne et des Etats-Unis. — Fortune. — Revenu. — Impôts. — Tableau comparatif de la production et consommation des grands produits industriels. — Commerce, revenus, impôts, etc., par tête d'habitant. — Production des gros produits chimiques par tête d'habitant.

XXV. — Conclusion 224

Prix des Produits Chimiques (Place de Paris). 228

Métaux neufs. — Métaux vieux. — Engrais. — Produits chimiques. — Couleurs et vernis.

Le commerce extérieur de la France en 1915, 1914, 1913 et 1916.

Importations en France 237

Produits et dépouilles d'animaux. — Pêches. — Substances propres à la médecine et à la parfumerie. — Huiles et suc végétaux. — Espèces médicinales. — Teintures et tanins. — Pierres, terres et combustibles minéraux. — Métaux. — Produits chimiques. — Teintures préparées. — Couleurs. — Compositions diverses.

Exportations de France 250

Produits et dépouilles d'animaux. — Pêches. — Substances propres à la médecine et à la parfumerie. — Huiles et suc végétaux. — Espèces médicinales. — Teintures et tanins. — Pierres, terres et combustibles minéraux. — Métaux. — Produits chimiques. — Teintures préparées. — Couleurs. — Compositions diverses.

LES INDUSTRIES CHIMIQUES ÉTRANGÈRES

La répercussion de la guerre sur les industries chimiques . . . 260

L'industrie chimique et métallurgique des Etats-Unis 269

Généralités. — Métallurgie et industries minières. — Annexe à l'industrie métallurgique des Etats-Unis. — Industries inorganiques. — Tableau d'exportation des phosphates naturels. — Sels de potasse. — Alcalis et divers. — Tableau des importations et exportations des produits minéraux. — Industries organiques. — Industrie des matières colorantes. — Tableau des importations et exportations des produits organiques.

L'industrie chimique, électrochimique, électrométallurgique, métallurgique et minière des Etats scandinaves. 285

I. Norvège. — Généralités. — Electrochimie. — Electrométallurgie. — Métallurgie. — Production mondiale des pyrites. — Industries inorganiques. — Industries organiques. — Huiles, graisses et savons. — Tableau des importations et exportations des gros produits chimiques.

II. Suède. — Généralités. — Industries inorganiques. — Métallurgie. — Industries organiques. — Importations et exportations des gros produits chimiques. — Conclusion.

Les industries chimiques de la Russie et industries connexes avant et pendant la guerre 303

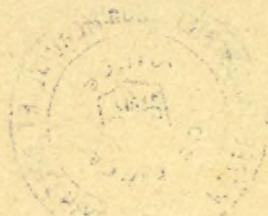
Généralités. — Combustibles. — Charbons. — Coké. — Industrie du naphte. — Production mondiale du naphte. — Exportations russes du pétrole et de ses dérivés. — Tourbe. — Industries minières et métallurgiques. — Fer. — Cuivre. — Plomb. — Nickel. — Minerais de chrome. — Amiante. — Divers. — Industries inorganiques. — Acide sulfurique. — Alcalis et chlore. — Industrie verrière; engrais minéraux. — Couleurs minérales. — Industries électrochimiques. — Industries organiques. — Industries pharmaceutiques. — Matières colorantes. — Matières organiques diverses. — Industrie sucrière.

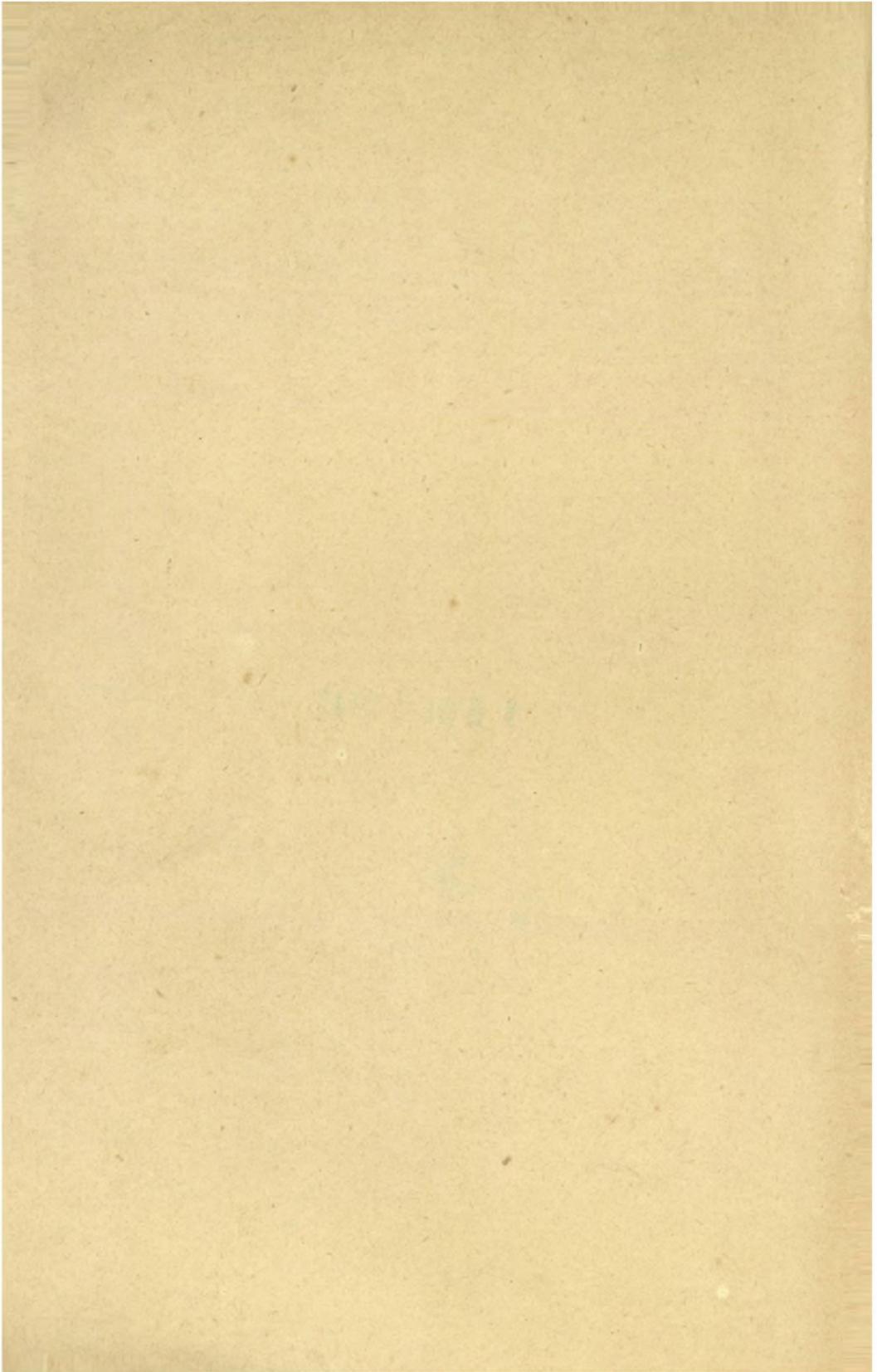
TABLE DES MATIÈRES 325

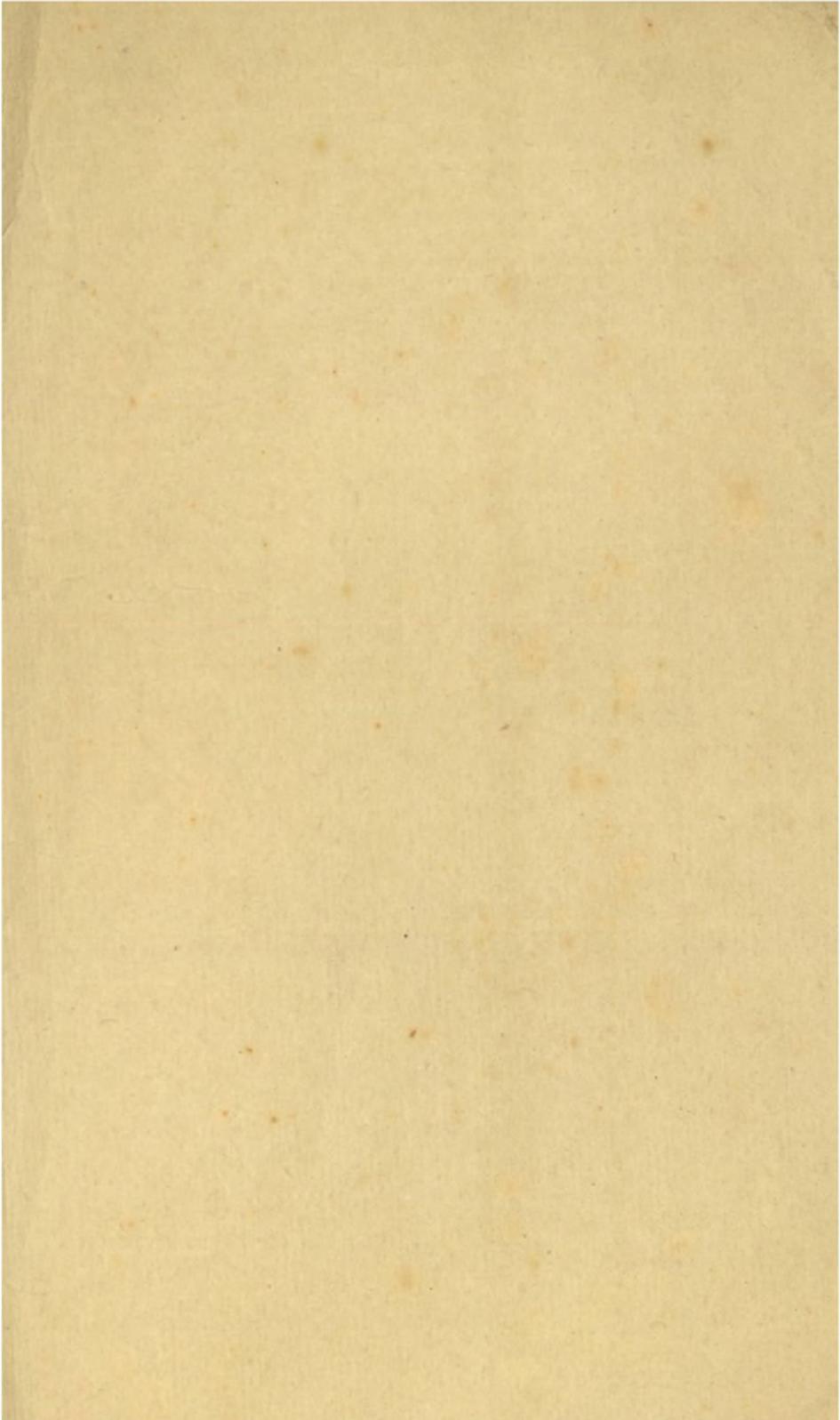


SAINT-AMAND (CHER). — IMPRIMERIE BUSSIÈRE.

15 DÉC. 1941







En vente à la librairie H. DUNOD et E. PINAT, Éditeurs
47 ET 49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, PARIS VI^e

- Préparation des produits chimiques par l'électrolyse**, par le D^r Karl ELBS, professeur, traduit par E. LERICHE, directeur des usines du Castelet. In-8° 14 × 22 de 108 p., avec figures. Broché, 4 fr. ; cartonné 5 fr.
- L'appareillage mécanique des industries chimiques.** Adaptation française de l'ouvrage de A. PARNICKE, par EM. CAMPAGNE, ingénieur chimiste. In-8° 16 × 25 de 362 p., avec 298 fig. Broché, 12 fr. 50 ; cart. 14 fr.
- Essais chimiques des marchandises**, par Lucien Lévi, chef de laboratoire au Conservatoire national des arts et métiers. In-16 13 × 21 de 152 pages, avec figures. Cartonné 3 fr.
- La grande industrie des acides organiques.** *Bitartrate de potasse ou crème de tartre. Acide tartrique. Acide citrique. Technologie complète : commerce, fabrication, calculs et devis d'installation*, par Ulysse Roux, ing. civil. In-8° 16 × 25 de viii-544 p., avec 147 fig. Br., 20 fr. ; cart. 21 fr. 50
- La fabrication électrochimique de l'acide nitrique et des composés nitrés à l'aide des éléments de l'air**, par Jean ESCARD, ingénieur civil. 2^e édition. In-8° 16 × 25 de 116 pages, avec 52 figures 4 fr. 50
- Les hydrates de carbone.** Étude scientifique et industrielle, par le docteur B. TOLLENS, professeur, traduit par Léon Bourgeois, répétiteur à l'École polytechnique, assistant au Muséum. In-8° 16 × 25 de 780 p., avec figures. Cartonné 25 fr.
- L'acide formique ou méthanoïque**, par André Dusosc, ingénieur-chimiste. In-8° 16 × 25 de 364 pages. Broché, 15 fr. ; cart. 16 fr. 50
- L'ozone et ses applications industrielles**, par H. DE LA COUX, ingénieur-chimiste, inspecteur de l'enseignement technique au Ministère du Commerce. 2^e éd. In-8° 16 × 25 de vi-614 p., avec 159 fig. Br. 16 fr. 50 ; cart. 18 fr.
- Traité de la couleur au point de vue physique, physiologique et esthétique**, comprenant l'exposé de l'état actuel de la question de l'harmonie des couleurs, par A. ROSENSTIEL, docteur des sciences, professeur au Conservatoire national des arts et métiers. In-8° 16 × 25 de xvi-278 pages, avec 56 figures et 14 planches coloriées. 20 fr.
- Manuel alphabétique de l'industrie du cuir**, par J. SCHMIDT et A. WAGNER, traduit par R. COULON, ingénieur-chimiste. Grand in-8° 18 × 28 de 336 pages, avec 131 figures. Cartonné 25 fr.
- Vers la renaissance des matières colorantes (L'émancipation de l'Industrie Chimique en France)**, par HENRI LE WITA, Chimiste-Coloriste, ancien élève de la Manufacture Nationale des Gobelins. Préface de M. VICTOR MARGUERITE, avec une lettre du Lieutenant-Colonel BRIANT. in-8° de 62 pages 1 fr. 50
- Traité de la Teinture Moderne**, par HENRI SPÉRENBROOT, Professeur à l'École d'industrie drapière et Directeur du Laboratoire municipal d'Elbeuf. Grand in-8 de 641 pages, avec 119 figures. 25 fr.