

Fabrication au Maroc d'acide sulfurique de super-triple et de ciment par traitement du gypse et du phosphate

L'une des préoccupations actuelles de l'industrie chimique française est la création d'usines qui, pour les produits essentiels, seront susceptibles d'affronter dans de bonnes conditions la compétition mondiale et pourront par conséquent s'assurer de larges débouchés à l'exportation.

Cet objectif, que les directives établies à l'occasion du deuxième plan de modernisation et d'équipement mettent nettement en lumière, est difficile à atteindre.

En France, les prix relativement élevés de l'énergie et du charbon, la nécessité d'importer des matières premières indispensables, placent souvent la production chimique nationale en position d'infériorité. Dans les pays de la zone franc où certaines facilités d'énergie ou de minerais existent, un grand effort d'inventaire et d'études est en cours. Mais les progrès techniques récents accomplis pendant et depuis la guerre permettent d'affirmer que, dès maintenant, toutes les conditions se trouvent réunies pour pouvoir doter l'économie de la zone d'influence française d'une fabrication à des conditions éminemment concurrentielles d'un des produits de base dont dépendent des secteurs entiers de l'industrie chimique : l'acide sulfurique.

L'acide sulfurique est normalement obtenu par oxydation du gaz sulfureux provenant de la combustion du soufre ou des pyrites. Mais l'épuisement progressif des sources mondiales de soufre natif ou de sulfures, sans qu'à l'inverse d'autres matières premières, des découvertes de gisements nouveaux puissent être attendues, a montré tout l'intérêt qui s'attachait à l'utilisation de soufre d'autres provenances que le soufre natif ou celui des sulfures : par exemple, extraction du soufre des pétroles, ou surtout utilisation du soufre de la source inépuisable que constituent les gisements de sulfate de chaux, anhydrite ou gypse.

L'idée de fabriquer l'acide sulfurique en partant du gypse n'est pas nouvelle. Depuis 1914 et jusqu'en 1939, de nombreuses réalisations industrielles avaient été tentées. Mais il était apparu que, dans

la généralité des cas, les exploitations utilisant cette technique n'étaient pas économiquement rentables. Si, au prix de sacrifices certains, les usines ainsi édifiées étaient maintenues en exploitation ralentie, ce ne pouvait être que dans le but de disposer, en cas de coupure des approvisionnements de pyrite ou de soufre, d'installations autarciques pouvant fournir ce produit de base de l'industrie chimique qu'est l'acide sulfurique.

Mais récemment, les publications de Higson et Manning, faites lorsque la guerre de Corée mettait au premier plan des préoccupations économiques les difficultés d'approvisionnement en soufre, ont divulgué les résultats pratiques obtenus dans cette voie depuis plusieurs années en Angleterre par l'usine de Billingham de l'Imperial Chemical Industry et ont ouvert des horizons nouveaux sur les possibilités de ces procédés.

Des progrès décisifs ont en effet été accomplis en Angleterre depuis la guerre ; les difficultés techniques ont été, après de nombreuses années d'efforts, entièrement surmontées et la production industrielle d'acide sulfurique par tonnages importants réalisée dans d'excellentes conditions économiques.

L'Imperial Chemical Industry produit d'ores et déjà dans son usine de Billingham 100 000 tonnes par an d'acide sulfurique et une quantité équivalente de ciment à partir de l'anhydrite dont elle possède au même endroit un important gisement. Elle construit, à côté de l'usine existante, une nouvelle unité qui produira 75 000 tonnes par an de chacun de ces deux produits. Une autre usine de 150 000 tonnes s'édifie actuellement en une autre région de l'Angleterre, à Merseyside, suivant les mêmes bases et avec la technique de l'Imperial Chemical Industry.

D'autres réalisations enfin sont en cours.

Ainsi se trouve aujourd'hui complètement résolu, à condition d'un choix convenable du site d'implantation, le problème essentiel de la production d'acide sulfurique, en l'absence de sulfures ou de soufre, et à partir de gypse, ou d'anhydrite, avec production simultanée d'un tonnage équivalent de ciment.

Les progrès accomplis par l'Imperial Chemical Industry à Billingham sont de deux ordres et permettent de comprendre pourquoi une voie nouvelle s'ouvre aujourd'hui à cette technique.

1. — par suite d'une meilleure conduite de la réduction du sulfate de chaux par le charbon, les gaz sortant du four tournant où s'élabore cette réaction contiennent jusqu'à 9 % d'anhydride sulfureux (SO₂), alors que dans les installations anciennes, il n'en sortait guère qu'à 2,5 ou 3 %.

Il en résulte une diminution considérable des installations d'épuration de gaz, de surpression et de conversion, l'usine à acide sulfurique, qui fait suite au four tournant, devenant comparable à celle qui traite du gaz sulfureux provenant, avec des concentrations analogues, de fours à pyrite ou à soufre.

2. — Cette meilleure conduite de la réaction permet d'éviter dans le « clinker » produit, la présence de sulfure de calcium qui, dans les anciennes installations, le souillait et le rendait inapte à la production, par simple broyage, d'un ciment de bonne qualité. A Billingham, les « clinkers » obtenus ne contiennent pratiquement ni sulfure ni sulfate non décomposé et le ciment produit correspond aux normes britanniques, plus sévères que les spécifications françaises.

A la différence des installations anciennes, où le ciment produit ne pouvait être considéré que comme un mauvais ciment de laitier, celui que produit Billingham par broyage du « clinker » sortant du four tournant est un ciment de bonne qualité, qui ne nécessite pour sa vente aucune décote.

Ainsi se trouvent levées les deux hypothèques qui s'étaient jusqu'à présent opposées au développement de cette nouvelle technique et qui en rendaient l'exploitation non rentable :

- teneur en anhydride sulfureux trop basse,
- mauvaise qualité du ciment produit.

Reste, pour que ces procédés soient économiquement réalisables, à trouver pour leur mise en œuvre un site favorable.

Or, une étude faite sur la base des études précédentes et confirmée ensuite par l'Imperial Chemical Industry elle-même, a montré que la région de Safi, sur la côte occidentale du Maroc — région où se trouvent concentrés d'importants gisements de gypse — réunissait un ensemble de circonstances telles qu'il semblait difficile de trouver pour la mise en œuvre de cette technique un lieu d'implantation présentant des conditions plus favorables que ce site marocain.

Le gypse, matière première essentielle de cette fabrication, y est

d'une qualité exceptionnelle ; à la différence de la plupart des gisements de gypse ou d'anhydrite connus en Europe, il est presque chimiquement pur. Exploité en carrière, il peut en être extrait à un prix très réduit.

Existents également à proximité, et facilement exploitables, les autres produits tels qu'argile ou sable qui, mélangés au gypse, constituent avec le charbon, l'aliment essentiel du four tournant.

Quant à ce dernier, il peut être chauffé, soit au fuel-oil, soit au charbon. Mais il est une circonstance importante qu'il convient de souligner : c'est que les anthracites de Jerada, dont les caractéristiques ont été communiquées à l'Imperial Chemical Industry, lui paraissent devoir convenir aussi bien comme combustible que comme matière d'addition pour le four tournant. L'usine envisagée ci-dessous en consommerait, en ce cas, environ 20 000 tonnes par an.

Il n'y aurait donc pas, en fait, de problème de matières premières, le sol marocain devant pouvoir faire face à tous les besoins de cette industrie.

Par ailleurs, on sait que le Maroc, malgré ses nouvelles usines de Meknès et d'Agadir, doit encore faire appel pour sa consommation de ciment à l'importation. Une unité de 50 000 tonnes d'acide sulfurique, produisant un tonnage équivalent de ciment, contribuerait donc à diminuer d'une façon appréciable l'effort d'importation qui s'impose encore, et le prix relativement élevé du ciment local constituerait pour la fabrication globale ainsi réalisée (ciment acide sulfurique) un élément particulièrement favorable.

L'Imperial Chemical Industry qui possède, comme cette note l'indique plus haut, une connaissance exceptionnelle et déjà longue de cette technique, a bien voulu accepter de procéder à un examen détaillé de la question, sur la base des données marocaines et de l'emplacement envisagé pour l'usine ; elle a ainsi permis aux deux personnalités citées plus haut, M. Higson, Président de la Division Billingham de l'I.C.I., et son assistant technique, M. Manning, d'apporter le concours de leur expérience à la réalisation d'une première étude des prix de revient probables et des frais d'investissements.

L'étude a été faite pour une usine sise dans la région de Safi, capable de produire annuellement :

- 50 000 tonnes d'acide sulfurique 100 %, et
- 47 752 tonnes de ciment.

Une telle usine aurait ainsi une production moitié moindre de celle de Billingham et n'utiliserait qu'un four tournant, alors que Billingham en utilise deux, mais ce four tournant unique serait de même capacité que chacun des deux fours tournants de Billingham et n'en serait ainsi qu'une simple transposition.

L'Imperial Chemical Industry a établi deux prix de revient, l'un basé sur l'emploi du fuel-oil pour le chauffage du four tournant, l'autre sur celui de l'antracite de Jerada. C'est ce dernier qui a été retenu dans l'exposé ci-dessous.

Le prix de revient technique auquel conduit dans ce cas l'étude de l'I.C.I. s'élève pour l'acide sulfurique base 100 %, à un prix de 3 Fr à 3 Fr 50 environ le kilo. Ce prix ne tient pas compte de l'amortissement financier. Il incorpore, par contre, les frais d'entretien (main-d'œuvre et matériel). Il résulte de l'établissement d'un prix de revient global, s'appliquant à la fois au kg d'acide sulfurique fabriqué et au 0,955 kg de ciment produit concurremment, ce prix de revient global étant ensuite diminué de la recette provenant de la vente du ciment correspondant.

Dans ce calcul, le prix de vente du ciment est évalué à 6 330 Fr la tonne. Toute hausse de ce prix de vente entraînerait une baisse sensiblement équivalente du prix de revient de l'acide. C'est ainsi que, pour un prix de vente de 7 300 Fr la tonne de ciment, le prix de revient du kilo d'acide s'établirait à 2 Fr à 2 Fr 50 environ le kg.

Un tel prix semble l'un des plus bas qu'il soit mondialement possible d'obtenir. Il est même inférieur au prix de revient auquel arriverait une usine qui, fabriquant l'acide sulfurique par les procédés ordinaires, n'affecterait aucune valeur au gaz sulfureux qu'elle utilise.

Ce résultat qui n'est paradoxal qu'en apparence est dû notamment à l'importante valorisation qui peut être faite du « sous-produit » de valeur qu'est le ciment.

A ce prix de revient technique s'ajouteraient, bien entendu, les charges financières. Le procédé nécessite en effet des immobilisations importantes que l'Imperial Chemical Industry chiffre à environ 2 500 millions de Fr pour la production envisagée ; il conviendrait, pour tenir compte des postes qui n'ont pu être chiffrés dans cette première étude, d'envisager sans doute un montant de 3 milliards environ.

Il serait prématuré, en l'absence de données précises sur le mode de financement réalisé, de chiffrer l'incidence de ces charges. Mais,

quelle que soit la base suivant laquelle on les évalue, elles conduisent en tout cas à un prix de revient total inférieur à ce qu'il est possible d'obtenir par les procédés usuels.

Il est d'ailleurs utile de souligner que le matériel industriel envisagé, tel qu'il existe à Billingham, est de construction très robuste et peut s'accommoder, en tenant compte des prestations de gros entretien prévues dans le prix de revient technique, d'amortissements industriels étalés sur une longue période (25 à 30 ans).

Naturellement, bien des données pratiques restent encore à préciser. Mais l'état d'avancement de l'étude à laquelle procèdent les services de Billingham permet d'assurer qu'aucune modification profonde ne sera apportée à ces premières conclusions.

Celles-ci conduisent donc à une opération économiquement rentable et présentent, en outre, le grand intérêt de pouvoir s'inscrire dans le cadre du programme de décentralisation interstratégique dont le principe a été si souvent soulevé par la métropole, et de n'utiliser que des matières premières marocaines.

Il est certain, en effet, qu'en cas de nécessité, il serait possible d'exporter cet acide par voie maritime. De tels transports ont déjà été effectués à relativement grande échelle pour approvisionner certains pays dont la production nationale était momentanément déficitaire.

Dans les circonstances normales, il sera un attrait pour toute industrie chimique nouvelle s'implantant au Maroc de pouvoir disposer du produit de base qu'est l'acide sulfurique à un prix très sensiblement inférieur à celui que peuvent fournir les ateliers qui brûlent la pyrite ou le soufre obligatoirement importés. Qu'il s'agisse de la consommation en l'état, du traitement des fluorures naturels ou de celui des oxydes métalliques, bien des voies peuvent s'ouvrir, mais ces besoins nouveaux ne pourront se révéler que lentement, et il est nécessaire pour éviter les complications qu'entraîneraient des exportations d'acide par voie maritime — techniquement et dans certains cas économiquement possibles — de pouvoir éponger sur place tout l'acide sulfurique produit.

L'emplacement choisi pour l'usine, que longent les wagons de phosphate en provenance de la Mine Louis Gentil pour gagner leur port d'embarquement de Safi, apporte la solution complète de ce problème.

L'élément fertilisant que contient le phosphate naturel, l'acide phosphorique P_2O_5 , se trouve combiné à 3 molécules de chaux CaO ,

ce qui le rend insoluble dans l'eau et dans les acides faibles du sol. La fabrication de superphosphate a pour but de fixer sous forme de sulfate de chaux deux des molécules de chaux du phosphate naturel, la troisième restant combinée à l'acide phosphorique sous forme de phosphate monocalcique soluble dans l'eau. Le superphosphate ainsi obtenu contient de 14 à 18 % d'acide phosphorique soluble dans l'eau. Cet excellent produit qu'est le superphosphate n'est donc pas très concentré, ce qui nécessite sa production à proximité des lieux de consommation.

Par contre, en traitant le phosphate naturel par une quantité d'acide sulfurique suffisante pour fixer les 3 molécules de chaux, on libère l'acide phosphorique que, par filtration, on sépare du sulfate de chaux insoluble. Il est alors possible d'ajouter deux molécules de cet acide phosphorique au phosphate tricalcique, qui se transforme ainsi en phosphate monocalcique soluble. Les trois molécules de chaux étant saturées par l'acide phosphorique, le produit ainsi obtenu est dénommé « super-triple ».

Avec du phosphate de la Mine Louis Gentil titrant aux environs de 71 % de phosphate tricalcique, le super-triple ainsi obtenu contient 49 % d'acide phosphorique total dont 47 % soluble dans l'eau. Dans ces conditions, l'influence des frais de transport s'amenuise, et le produit fini peut être exporté par voie maritime.

La fabrication du super-triple, dont les principes sont établis depuis de nombreuses années, est maintenant de pratique courante, et de nombreuses grandes usines, tant aux Etats-Unis qu'en Europe, ont été édifiées depuis la fin de la guerre. Deux techniques différentes sont utilisées dans ces installations :

L'une dite « procédé sec » consiste dans l'utilisation d'acide phosphorique concentré à 75 % pour le traitement du phosphate ; elle rend inutile le séchage qu'elle remplace par un mûrissage du produit en silo. L'autre dite « procédé humide » emploie de l'acide phosphorique plus dilué (47 % environ) supprimant ainsi une partie de la concentration de l'acide phosphorique, mais nécessite un séchage du super-triple qui est obtenu directement granulé et stable sans mûrissage ultérieur.

Au point de vue économique, les deux procédés semblent équivalents, le procédé humide offrant l'avantage d'une meilleure présentation du produit.

Le « procédé humide » a été développé dans le monde entier

par la Société bien connue Dorr-Oliver qui possède des références incontestables : une douzaine d'installations aux Etats-Unis dont les usines récentes de la Davison Chemical à Bartow (Floride) produisant 200 000 tonnes de super-triple par an et celles de la Missouri Farmers.

En Europe, l'usine d'Immingham en Angleterre, de la Norske Zink en Norvège, et de la Société Oxea en Grèce, ressortent également de la technique Dorr-Oliver.

Une étude faite par la Société Dorr-Oliver sur les données de Safi a conclu que, d'après l'analyse du phosphate de Louis Gentil, il serait possible d'obtenir un super-triple titrant 49 % d'acide phosphorique total dont 47 % soluble eau.

Avec la production d'acide sulfurique envisagée, soit 50 000 tonnes par an d'acide 100 %, seraient traitées annuellement 75 000 tonnes de phosphate pour obtenir 50 000 tonnes de ce super-triple.

Les immobilisations à prévoir pour l'usine de super-triple sont de l'ordre de 1 milliard de francs, dont 500 millions de matériel.

Le prix de revient du super-triple dépend essentiellement du prix des matières premières : acide sulfurique et phosphate. L'acide sulfurique produit à Safi à partir du gypse revient, comme indiqué ci-dessus, à un prix technique variable suivant le prix de reprise du ciment, qui peut être estimé à une moyenne de 2 Fr. 75 le kg. Le prix du phosphate de Louis Gentil est le prix d'exportation à Safi, soit 3 675 Fr. la tonne f.s.s. Sur ces bases, qui prévoient une consommation de 1 kg d'acide sulfurique et de 1 kg 5 de phosphate par kg de super-triple, les données fournies par Dorr-Oliver permettent d'évaluer le prix de revient du super-triple 47 % soluble eau aux environs de 13 Fr. 50 le kilo.

Pour situer ce prix de revient dans l'échelle des prix internationaux, il suffit d'indiquer que le phosphate de Floride, qualité 72 %, est vendu — départ mines — au prix de 5 dollars la tonne, soit 1 725 Fr la tonne. Suivant la situation des usines, son prix d'emploi varie entre 2 000 Fr en Floride et 4 000 Fr dans les usines plus éloignées. Par contre, l'acide sulfurique au soufre aux Etats-Unis est d'un prix de revient technique plus élevé qu'à Safi, si bien que pour le super-triple le prix de revient à Safi est de l'ordre de grandeur des prix techniques américains.

Par rapport aux prix de fabrication dans les pays européens, le

prix de revient de Safi est évidemment très privilégié : aucun frais de transport du phosphate, acide sulfurique à un prix très inférieur à celui de l'acide du soufre ou des pyrites. Il est donc facile, du port de Safi, de rayonner sur tous les pays importateurs de superphosphates.

L'importance mondiale du produit essentiel qu'est le superphosphate pour la fertilisation des terres n'est pas à souligner. Le tableau annexé, qui donne les statistiques de consommation de 1938 à 1951, indique que pendant cette période, la consommation des engrais phosphatés a presque doublé, atteignant un total voisin de 30 millions de tonnes, comptées en super ordinaire. Depuis quelques années, les quantités de super-triple croissent régulièrement. En 1951, dernière année retenue dans des statistiques officielles, elles atteignaient déjà 820 000 tonnes ; depuis cette époque, la mise en service de nombreuses usines nouvelles a sensiblement accru ce total.

Il est certain que dans le domaine des engrais phosphatés comme dans celui des autres fertilisants, la tendance est à l'utilisation d'engrais de plus en plus concentrés. Ils permettent seuls par association avec les autres éléments, l'obtention des formules d'engrais complets à haute teneur recommandées par les agronomes. Ils apportent à l'utilisateur une réduction des frais d'emballage, de transport et de mise en œuvre qui grèvent lourdement l'emploi des engrais à bas titre. C'est pourquoi dans chaque pays producteur, les installations de super-triple prennent naissance. En Floride, depuis 10 ans, douze usines nouvelles ont été édifiées ; en Angleterre, de nouvelles usines sont en construction. En Norvège et en Grèce deux nouveaux ateliers sont en démarrage. En France enfin, le deuxième plan de modernisation envisage l'installation d'une production de 45 000 tonnes de super-triple.

Jusqu'à présent, en raison de la capacité de production limitée en super-triple, ce dernier était offert sur le marché avec une plus-value de l'unité d'acide phosphorique de l'ordre de 15 % par rapport au super ordinaire. Mais, si le super-triple de Safi, sous sa forme granulée, peut être fourni sans ce surprix, les débouchés qui s'ouvrent devant lui sont non seulement ceux que présente un marché de super-triple d'ailleurs en croissance, mais tout le marché des superphosphates qui, même en retranchant les Etats-Unis, représente encore 17 millions de tonnes. Devant ces quantités, et malgré quelques nouvelles formes d'engrais binaires : nitrophosphates, phosphates d'ammoniac dont les consommations restent faibles, le placement des 50 000 tonnes de super-triple de Safi ne peut soulever aucun problème.

C'est précisément en partant de ces conditions de prix pessimistes dans l'état actuel, mais particulièrement favorables au développement du produit, qu'ont été déterminés les prix de vente du super-triple granulé ramené au départ Safi par comparaison avec les prix pratiqués pour le super bas-titre pendant la campagne 1952-1953 où la concurrence a été particulièrement intense.

Il ressort des renseignements recueillis que, même en négligeant certains marchés cependant attractifs (car déjà approvisionnés normalement), le prix moyen du produit au départ Safi se serait établi entre 23 et 26 Fr le kilo pour 47 % d'acide phosphorique soluble eau, soit 49 à 55 Fr l'unité d'acide phosphorique soluble.

En regard de ce prix de vente, il faut considérer le prix de revient de 13 Fr 50 indiqué ci-dessus. La marge ressortirait donc entre 9 Fr 50 et 12 Fr le kilo ce qui, pour les 50 000 tonnes de produit, dégagerait annuellement de 475 à 600 millions à mettre en regard de 4 milliards d'immobilisations nécessaires.

Si l'on tient compte de ce que ces prix de revient comportent des dotations copieuses pour le gros entretien, et que, s'agissant de matériel éprouvé et robuste, l'amortissement peut s'échelonner sur une longue période, cette marge est très suffisante pour assurer dans des conditions correctes, et cela dès les premières années d'exploitation, la rentabilité des capitaux investis. S'agissant d'une industrie nécessitant des investissements massifs, une telle constatation est trop peu fréquente pour ne pas mériter d'être spécialement mise en lumière.

En conclusion, l'existence sur le territoire du Maroc de conditions bien rarement réunies par ailleurs : gisements de gypse de pureté exceptionnelle, important marché intérieur de ciment, phosphates de chaux à haute teneur, jointe aux facilités qu'offre l'emplacement de l'usine à côté d'un port d'exportation aussi bien équipé que Safi, permet d'envisager avec toutes les garanties de réussite économique l'implantation d'une industrie de base qui, certainement, ne sera qu'un point de départ.

*
**

Consommation de superphosphate dans le monde (en tonnes métriques)

Continents	1938	1947	1948	1949	1950	1951
1°) <i>Superphosphate ordinaire</i>						
Europe	8 456 816	9 054 366	10 483 826	10 943 538	10 939 361	11 573 320
Afrique	495 886	590 332	603 020	743 603	836 077	740 366
Amérique :						
— U.S.A.	3 599 450	9 092 998	8 153 158	7 985 043	8 106 707	8 318 892
— Autres pays	219 815	493 165	440 877	476 563	580 035	644 490
Asie	1 750 174	785 953	1 154 133	1 308 072	1 506 371	1 552 507
Océanie	1 532 310	1 690 189	1 807 939	2 036 742	2 145 397	2 318 799
	16 054 451	21 707 003	22 642 953	23 493 561	24 113 948	25 148 374
2°) <i>Superphosphate concentré</i>						
Europe		74 146	81 806	100 002	46 207	117 132
Afrique		991	1 955	707	31 060	6 200
Amérique :						
— U.S.A.		332 814	399 038	484 609	592 639	629 190
— Autres pays		37 117	24 591	15 124	18 953	40 657
Asie		4 998	2 013	1 904	12 411	26 226
Océanie		—	—	—	—	—
		450 066	509 403	602 346	701 270	819 405