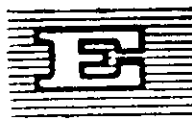


632472



NATIONS UNIES
CONSEIL
ECONOMIQUE
ET SOCIAL



Distr.
LIMITEE
E/CN.14/INR/62
21 août 1964
FRANCAIS
Original : ANGLAIS

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE
Conférence sur la coordination industrielle
en Afrique de l'ouest,
Bamako, 5 - 15 octobre 1964

LE SEL MARIN ET L'INDUSTRIE CHIMIQUE

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
LE SEL MARIN ET L'INDUSTRIE CHIMIQUE	1
CONDITIONS REQUISES POUR UNE PRODUCTION SATISFAISANTE DE SEL MARIN	1
Qualité de l'eau de mer	2
Evaporation et pluviosité	3
Sol convenant aux marais salants	4
QUALITE DU SEL	5
INDUSTRIES CHIMIQUES POUVANT ETRE BASEES SUR L'UTILISATION DU SEL MARIN	6
a) Carbonate de sodium	7
b) Soude caustique et chlore	8
c) Sulfate de soude anhydre et acide chlorhydrique	10
d) Chlorate de sodium	11
e) Sodium pur	11

LE SEL MARIN ET L'INDUSTRIE CHIMIQUE

par

C.P. Stein

de l'Imperial Chemical Industries Limited

Le sel commun est l'une des matières premières essentielles de l'industrie chimique. C'est sur le sel commun et sur le soufre que repose, a-t-on dit, toute l'industrie chimique - le sel étant la base des alcalis et le soufre celle des acides. Le sel marin - pourvu qu'on lui assure un degré élevé de pureté - convient parfaitement à l'industrie chimique dont la consommation de sel pour l'ensemble du monde atteint chaque année plusieurs millions de tonnes. Le sel marin est produit dans beaucoup d'endroits en Afrique et chaque pays africain devrait examiner s'il peut produire du sel marin et créer des industries chimiques fondées sur son utilisation.

Le présent document étudie les conditions requises pour une production de sel marin dans de bonnes conditions et les industries chimiques qui pourraient être créées pour utiliser ce sel.

CONDITIONS REQUISES POUR UNE PRODUCTION DE SEL MARIN
DANS DE BONNES CONDITIONS

Pour convenir comme matière première de l'industrie chimique, le sel marin doit répondre aux deux critères suivants : il doit être suffisamment bon marché pour que l'industrie chimique ne soit pas empêchée, à cause du coût élevé d'une matière première, de soutenir la concurrence et il doit avoir la qualité qui convient pour les usages industriels.

La première condition, c'est-à-dire le coût peu élevé, dépend d'un certain nombre de facteurs, et avant tout de la qualité de l'eau de mer, des conditions climatiques et de la nature du sol dans lequel doivent être creusés les bassins des marais salants.

Qualité de l'eau de mer

Tous les océans ont à peu près la même composition, qu'il s'agisse de leur teneur totale en sel, ou du pourcentage de chaque composant. Un kilo d'eau de mer contient environ 35 grammes de matières solides (c'est la "salinité") et 965 grammes d'eau. Sur les 35 grammes de matières solides, il y a environ 27 grammes de chlorure de sodium et 8 grammes d'autres sels, surtout du magnésium et des sels de calcium. L'évaporation de l'eau de mer doit donc, en théorie, donner 27 grammes de sel après évaporation des 965 grammes d'eau. Mais l'industrie chimique a besoin d'un produit très pur et pour l'obtenir, une certaine quantité de sel doit être éliminée avec le magnésium et les autres impuretés. En fait, on n'obtient qu'un peu plus de 20 grammes de sel après l'évaporation des 965 grammes d'eau. Pour produire une tonne de sel marin de bonne qualité, il faut donc faire évaporer 45 tonnes d'eau.

Les chiffres sont valables pour l'eau des océans, mais, à proximité des côtes, l'eau de mer a parfois une composition très différente. Ainsi, la teneur du sel peut être moins forte à cause de l'apport d'eau douce des grands fleuves. Il peut en être ainsi sur de grandes distances, surtout s'il existe des courants marins. Ce phénomène peut beaucoup influencer sur la production de sel marin en raison de la plus grande quantité d'eau à évaporer.

Par contre, une baie fermée, non alimentée par un grand fleuve, se prête très bien à la production de sel. L'évaporation se fait dans la baie elle-même qui, en fait, devient partie intégrante de la saline sans qu'il soit besoin d'investissement. Un des cas les plus intéressants est celui de certaines parties de la Mer Rouge qui ont une teneur en sel de 50 pour 100 plus élevée que les océans: la quantité d'eau à faire évaporer n'est que de 30 tonnes pour obtenir une tonne de sel, alors que pour les océans la quantité est de 45 tonnes.

Evaporation et pluviosité

Etant donné la grande quantité d'eau à faire évaporer pour obtenir une tonne de sel, il est évident que la production de sel marin ne peut donner satisfaction que s'il existe de bonnes conditions d'évaporation et que si, pendant une grande partie de l'année, l'évaporation est très supérieure à la pluviosité.

Prenons d'abord l'évaporation : pour avoir un taux élevé d'évaporation, il faut beaucoup de soleil, peu d'humidité et des vents forts. L'eau ne peut s'évaporer que s'il fait chaud. Or, s'il y a des nuages pendant le jour, la chaleur du soleil n'atteint pas la surface du sol; par contre, s'il y a des nuages pendant la nuit le sol garde la chaleur. Les conditions idéales sont donc un ciel dégagé et ensoleillé le jour et nuageux la nuit. Les autres conditions requises pour que le taux d'évaporation soit élevé sont une faible humidité et des vents forts. Les vents ayant soufflé sur de grandes surfaces continentales sont secs et donnent un taux d'évaporation plus élevé que les vents venant du large et chargés d'humidité. En général, le sel marin est produit plus facilement là où soufflent les alizés, vents secs et frais, que dans les zones équatoriales.

Prenons maintenant la pluviosité : il faut que le taux de pluviosité soit le plus bas possible. Cependant, de faibles précipitations, même de fortes précipitations ne nuisent pas à la production de sel marin, pourvu qu'elles soient concentrées sur quelque mois de saison humide et soient suivies d'une longue période de sécheresse.

Le taux d'évaporation, et par conséquent la production de sel peuvent être calculés avec suffisamment de précision, à partir des renseignements météorologiques. La plupart des stations météorologiques enregistrent l'ensoleillement, la nébulosité et l'humidité. On a suggéré un certain nombre de formules pour calculer l'évaporation à partir de ces renseignements météorologiques. Un grand nombre de ces stations mesurent également le taux d'évaporation de l'eau dans de petits réservoirs, ce qui permet d'établir d'une manière beaucoup plus simple

une estimation beaucoup plus sûre. Néanmoins, les chiffres obtenus doivent encore être interprétés avec prudence car le taux d'évaporation obtenu pour de vastes superficies, comme les marais salants, est très inférieur à celui que donnent les petits réservoirs. En outre, l'eau de mer s'évapore moins rapidement que l'eau douce, le rythme d'évaporation se ralentissant à mesure qu'augmente la concentration. L'eau salée amenée dans les bassins de cristallisation s'évapore deux fois moins vite environ que l'eau douce.

Il faut s'assurer que les renseignements météorologiques s'appliquent vraiment à l'endroit dont il s'agit - certaines particularités du relief, notamment la pesance d'une chaîne de collines ou d'une dépression entre des collines, peut modifier considérablement le micro-climat en agissant sur la pluviosité et sur la direction des vents.

Sol convenant aux marais salants

Le sol dans lequel seront creusés les bassins des marais salants doit être aussi peu perméable que possible afin que les pertes d'eau salée partiellement évaporée soient le plus faibles possible. L'argile convient parfaitement. Là où le sol n'est constitué que de sable ou d'autres matières poreuses il faut munir les bassins d'un revêtement en vue de réduire les infiltrations. Le coût du revêtement est élevé, ce qui peut rendre le projet non rentable. La nature du sol importe donc autant que les conditions climatiques.

Si on veut réduire au minimum le coût du pompage des grandes quantités d'eau de mer, on doit installer les salines tout près et au niveau de la mer : c'est aller à l'encontre des lois de l'économie que pomper l'eau sur de longues distances à l'intérieur des terres en vue de bénéficier des meilleures conditions climatiques ou d'un sol de qualité mieux appropriée.

QUALITE DU SEL

En général, l'industrie chimique exige un sel d'une grande pureté; mais le degré de pureté requis n'est pas exagérément élevé, et pour l'obtenir il suffit que l'entreprise soit bien gérée et que le contrôle technique des marais salants soit assuré. En outre, ainsi qu'il ressort des observations ci-dessous, le raffinage du sel marin se fait par des procédés physiques à peu de frais, mais si le degré de pureté voulu n'est pas atteint, il faut soumettre le sel ou l'eau salée à des réactions chimiques, ce qui, inévitablement, implique des dépenses élevées.

Les principaux éléments de l'eau de mer sont les suivants :

	<u>Pourcentage</u>
Chlorure de sodium	2,65
Chlorure et sulfate de magnésium	0,53
Sulfate de calcium	0,13
Chlorure de potassium	0,06
Bromure de potassium	0,01
Carbonate de calcium	0,01

Aucours de l'évaporation, le carbonate de calcium et une grande partie du sulfate de calcium se précipitent avant que l'eau salée ne soit saturée en sel. Passé ce stade, l'évaporation permet d'obtenir un sel presque pur mais il faut alors veiller à ce qu'elle ne soit pas poussée trop loin pour éviter que le magnésium, le potassium et les sulfates se précipitent avec le sel, ce qui en réduirait beaucoup le degré de pureté.

Quel que soit le soin apporté à l'extraction du sel, le produit obtenu contient des impuretés provenant de l'eau résiduelle qui adhère aux cristaux de sel. Le taux d'impureté peut être beaucoup abaissé par broyage du sel puis lavage à l'eau de mer. Un dernier lavage à l'eau douce peut être nécessaire si le sel doit avoir un très haut degré de pureté. Il convient de noter que l'eau de lavage est recyclée

sous forme d'eau salée à forte concentration; si bien que les opérations de lavage n'entraînent que peu de frais supplémentaires.

En résumé, l'industriel peut produire un sel marin d'un bon degré de pureté et convenant à l'industrie chimique, pourvu qu'il ne soit pas âpre au gain, c'est-à-dire ne pousse pas l'évaporation trop loin et accepte une perte minime apparente de sel due au lavage. Ce sera généralement le cas là où les conditions climatiques sont telles que le sel marin est extrait sans difficulté; mais là où il ne peut l'être, l'industriel aura tendance à porter sa production au maximum, ce qui peut l'entraîner à produire un sel qui ne convient pas ou dont le coût est trop élevé pour l'industrie chimique.

INDUSTRIES CHIMIQUES POUVANT ETRE BASEES SUR L'UTILISATION DU SEL MARIN

L'industrie chimique consomme une très grande quantité de sel marin. D'une étude publiée aux Etats-Unis en 1952 et consacrée à 141 des principaux produits chimiques, il ressort que le sel entre directement ou indirectement dans la fabrication de 79 d'entre eux et que la production de 62 seulement de ces produits n'exige pas de sel. Cependant, seuls quelques produits chimiques dérivent directement du sel marin. Ils sont utilisés pour fabriquer un nombre toujours croissant de produits chimiques secondaires, tertiaires, quaternaires, etc., lesquels sont ensuite utilisés dans l'industrie manufacturière.

Les produits chimiques importants dérivés directement du sel sont les suivants :

- a) Sel de soude calciné ou carbonate de sodium, $\text{Na}_2 \text{CO}_3$
- b) Soude caustique ou hydroxide de sodium, Na OH , et chlore, Cl ,
- c) Sulfate anhydre ou sulfate de soude, $\text{Na}_2 \text{SO}_4$, et acide chlorhydrique, HCl .
- d) Chlorate de sodium NaClO_3
- e) Sodium pur, Na .

Parmi ces produits, quels sont ceux qui pourraient être produits en Afrique?

a) Carbonate de sodium

Les quantités des principales matières premières nécessaires à la fabrication d'une tonne de sel de soude calciné sont approximativement les suivantes : 1,6 tonne de sel commun, 1,2 tonne de pierres à chaux, (100 % de carbonate de chaux) 10 M³ d'eau douce et 0,6 tonne de combustible équivalent charbon. Vingt pour 100 environ du combustible est employé pour la combustion de la chaux. Pour des raisons techniques, il est préférable d'utiliser le coke. Pour les 80 pour 100 restant, on peut utiliser des produits pétroliers ou du gaz naturel. La fabrication du carbonate de sodium produit un effluent qui, par tonne de sel de soude calciné, consiste en 10 à 15 mètres cubes d'une solution de chlorure de calcium et de sel commun, à laquelle s'ajoutent des matières insolubles composées surtout des impuretés de la pierre à chaux.

Cette production nécessite la construction d'une usine complexe qui, pour bien fonctionner, doit être constituée de grandes unités de production indépendantes. Les mises de fonds sont donc élevées par unité de production, surtout si la capacité de production n'est pas grande. On peut les abaisser en construisant de petites usines et en simplifiant les installations, mais même dans ce cas, les économies de dimension sont grandes pour les usines dont la capacité de production n'atteint pas 50.000 tonnes par an. En effet, les mises de fonds qui se monteraient peut-être à 60 livres sterling par tonne et par an pour une capacité de production de 50.000 tonnes, s'élèveraient peut-être à 85 livres sterling par tonne et par an pour une capacité de production de 25.000 tonnes. C'est surtout parce que les mises de fonds pour la construction de petites usines sont élevées qu'on a rarement construit des usines destinées à approvisionner des marchés absorbant moins de 50.000 tonnes par an. Lorsqu'on l'a fait, ou bien l'usine s'est révélée très peu rentable, ou bien il a fallu protéger sa production par des droits de douane extrêmement élevés. C'est ce qui s'est passé au Pakistan, en Australie, en Colombie et au Brésil. Au Brésil, où le cours du sel était particulièrement élevé et où il a fallu utiliser des produits

pétroliers pour la combustion de la pierre à chaux, on a dû protéger très fortement l'industrie du carbonate de sodium, bien que sa capacité actuelle de production soit de quelque 70 ou 80.000 tonnes par an. En Afrique du Sud, où pourtant le sel marin, la pierre à chaux et les combustibles sont à des prix raisonnables, on estime toujours que la fabrication du sel de soude calciné ne serait pas rentable, même pour un marché de quelque 60 ou 70.000 tonnes par an.

En outre, le procédé Solvay a ceci de caractéristique que le rapport main-d'oeuvre/capital investi est peu élevé par unité produite, ce qui, sans aucun doute, a également incité les pays en voie de développement à attendre pour fabriquer du carbonate de sodium, que le marché se soit beaucoup développé.

La soude caustique peut être fabriquée à partir du sel de soude calciné, mais on est arrivé à la conclusion que si la production de sel de soude calciné ne se fait pas à grande échelle (plus de 100.000 tonnes par an, par exemple), le coût de la soude caustique, dont la fabrication requiert de 1,4 à 1,5 tonne de sel de soude calciné par tonne, devient prohibitif eu égard aux prix mondiaux. Il en résulte que très rares sont les usines de sel de soude calciné qui fabriquent également de la soude caustique préparée par caustification de la chaux.

b) Soude caustique et chlore

L'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium produit de la soude caustique et du chlore; l'un ne peut pas être produit sans l'autre.

Dans les pays sous-développés, la demande de soude caustique est assez importante, et cela avant même que l'artisanat ait beaucoup reculé devant l'industrie proprement dite. La soude caustique est utilisée pour l'empâtage du savon et le traitement des textiles et elle est le premier produit chimique pour lequel il se crée un marché.

Le chlore et les produits minéraux dérivés du chlore ne commencent à être demandés que lorsque les notions européennes d'hygiène influent sur le mode d'évacuation des eaux usées et d'épuration de l'eau.

Le premier sous-produit du chlore à être utilisé est le chlorure de chaux car il convient bien pour épurer l'eau dans les installations petites et simples, alors que le chlore liquide ne peut être utilisé que dans les installations déjà très perfectionnées d'adduction d'eau, celles-ci n'étant concevables que dans les grandes villes

La fabrication de la soude caustique par électrolyse du chlorure de sodium est parfaitement possible si l'on dispose d'énergie électrique et de sel commun. Une usine ne produisant que 1.500 tonnes de soude caustique par an peut être rentable pourvu que l'on trouve un débouché et pour la soude caustique et pour le chlore. Dans ce cas, il sera préférable d'utiliser le procédé Kellner-Solvay, celui-ci permettant de produire de la soude caustique sous une forme commode pour la vente. Pour produire une tonne de soude caustique (100 pour 100 de NaOH), il faut 1,55 tonne de sel commun et 3.000 KWh. Comme sous-produit on obtient 0,88 tonne de chlore.

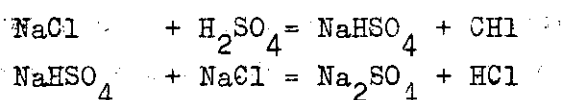
Dans un pays en voie de développement, il faut commencer par trouver une utilisation du chlore et, à défaut, il faut trouver le moyen de s'en débarrasser. Malheureusement, il est difficile de produire du chlorure de chaux en petite quantité, comme il est difficile d'en produire si l'on ne dispose pas de chaux de haute qualité. Par conséquent, il est rare que l'on puisse utiliser le chlore sur place pour fabriquer du chlorure de chaux, même s'il existe un débouché. Il reste donc à créer un plus grand marché pour le chlore liquide, l'eau de javel et l'acide chlorhydrique.

La demande de soude caustique sera toujours plus forte que celle de produits dérivés du chlore et c'est dans les pays très développés de l'Europe occidentale et de l'Amérique du Nord que la demande de chlore tend à dépasser celle de la soude caustique. Il est donc impossible qu'un pays sous-développé puisse couvrir lui-même ses besoins en soude caustique, à moins de déverser, après l'avoir liquéfiée, une partie considérable du chlore obtenu accessoirement. Dans la plupart des cas, cette solution ne sera pas rentable et il vaut donc mieux déterminer

le volume de la production de soude caustique en fonction de la demande de chlore et de couvrir la demande de soude caustique en complétant la production locale par l'importation. Il s'ensuit que, dans la plupart des cas, il faudra différer la construction d'une usine de soude caustique jusqu'à ce qu'on ait créé un marché pour le chlore.

c) Sulfate de soude anhydre et acide chlorhydrique

Le sulfate de soude anhydre et l'acide chlorhydrique proviennent de la décomposition du sel commun par l'acide sulfurique. La réaction qui à basse température, donne du sulfate anhydre, exige une forte chaleur rouge, pour qu'il se forme du sulfate de soude anhydre et de l'acide chlorhydrique.



On obtient mille cinq cent soixante-quinze tonnes d'acide chlorhydrique à 32° Tw pour une tonne de sulfate de soude anhydre. La production ne devient rentable que si on s'assure un débouché pour le produit joint : fabrication du chlorure de vinyle, traitement du phosphate naturel dans l'industrie des engrais, lessivage des minerais dans l'industrie extractive, décapage des métaux, etc.

Il se peut que de temps en temps il y ait pénurie locale de sulfate de soude anhydre, mais la capacité de production mondiale de ce produit relativement bon marché et à faible marge bénéficiaire est cependant tout à fait suffisante. On l'emploie surtout dans la fabrication de la pâte à papier Kraft, des détergents synthétiques et du verre.

Pour produire une tonne de sulfate de soude anhydre il faut :

0,835 tonne de sel commun
0,75 tonne d'acide sulfurique (à 100 %)
0,59 tonne de charbon

d) Chlorate de sodium

Le chlorate de sodium est obtenu par électrolyse d'une solution de chlorure de sodium en milieu acide contenant du bichromate, suivie d'opérations de purification, d'évaporation et de cristallisation du chlorate de sodium. Il s'agit là d'un procédé de fabrication relativement simple mais, malheureusement, les utilisations du chlorate de sodium ne sont pas nombreuses et sa production n'est probablement rentable que dans les pays hautement industrialisés. Le chlorate de sodium est surtout utilisé comme herbicide universel, lequel est particulièrement utile sur les voies ferrées; il est également utilisé, mais en moindre quantité, dans l'impression et la teinture des textiles et dans la production des perchlorates entrant dans la fabrication des explosifs.

e) Sodium pur

Le sodium pur est obtenu par électrolyse à haute température de sel fondu par l'action du chlorure de calcium. Les produits de l'électrolyse sont le sodium pur et le chlore. Le sodium pur est surtout utilisé dans la fabrication du plomb tétraéthyle; il l'est également dans celle des détergents et, dans une moindre mesure, dans celle du cyanure de sodium. Il n'est guère probable qu'un marché, si petit soit-il, existe en Afrique avant de longues années pour le sodium pur.

- - - - -