



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

20393

**ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL**

**Vienne/Autriche**

**RAPPORT FINAL**

**US/INT/89/012**

**Préparation d'une Proposition pour la Coopération avec le Maroc  
dans la Mise en Oeuvre du Programme Intégré d'Utilisation  
du Phosphogypse**

**Sites:** El Jadida et Safi

**Entreprises:** Jorf Lasfar et  
Maroc Phosphate

**JULY 1992**

**élaboré par INDUSTRIE CONSULT BERLIN GmbH**

## Table des matières

1. Introduction
2. Synthèse des Solutions et Recommandations
3. Rapport de mission au Maroc
4. Projet de proposition

## 1. Introduction

La maison Industrie-Consult Berlin GmbH a élaborée en 1989 pour le compte de l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (O.N.U.D.I.), une étude mondiale intitulée

### **Identification des besoins et Développement d'un Programme Intégré de l'Utilisation du Phosphogypse.**

De l'étude de 16 unités de production d'acide phosphorique dans 11 pays, il s'est dégagé que techniquement le phosphogypse est recyclable, c'est-à-dire qu'il peut être mis en oeuvre dans un circuit technologique cohérent, de façon à en sortir de l'acide sulfurique et du ciment Portland de qualité supérieure.

Du point de vue rentabilité, la mise en valeur de phosphogypse était indiquée dans 6 cas.

Soucieuse d'approfondir l'étude des cas positifs, l'UNIDO a chargé en 1992 la maison Industrie-Consult Berlin GmbH de procéder à une enquête de détail au Royaume du Maroc dont les gisements de phosphate représentent 75 % des ressources mondiales connues, et ce dans le but

- a) de préparer une synthèse des solutions et recommandations à partir de l' "Etude de mise en valeur intégrée de phosphogypse - Situation au Maroc";
- b) de faire discuter entre le Gouvernement et l'Office Cherifien des Phosphates du Maroc, d'une part, et les experts détachés par l'ONUDI, d'autre part, les résultats d'étude et les possibilités d'une future coopération avec l'ONUDI dans le domaine de la mise en valeur intégrée de phosphogypse;
- c) de rédiger une proposition concernant un projet de coopération future dans le domaine de la mise en valeur intégrée de phosphogypse.

"Preparation of the project proposal for co-operation with Morocco in phosphogypsum utilization integrated programme"

BACKGROUND AND JUSTIFICATION

see project proposal

THE AIM OF THE PROJECT

The project is supposed to identify the measures on the environmental protection and import substitution in the phosphoric acid production process through :

1. Identification of the countries in which processing of phosphogypsum may be implemented
2. Analysis of samples of raw materials and products
3. Preparation of the technical and economical evaluations of the potential investment projects
4. Preparation of the technical assistance project proposals to process the phosphogypsum.

SCOPE OF THE CONTRACTUAL WORK

The contractor is expected to carry out all the necessary work to prepare project proposal for co-operation between UNIDO and Morocco in field of the integrated processing and utilization of the phosphogypsum.

The contractor has to supply the following services :

- a) to prepare summary of findings and recommendation from the study on "INTEGRATED PROCESSING OF PHOSPHOGYPSUM - MOROCCO CASE STUDY-" in French language. Study is in possession of contractor.
- b) to field expert to discuss with Government and Morocco Phosphate Corporation the results of the study and options for the further co-operation in the integrated phosphogypsum processing with UNIDO. The time of the mission will be not less than 10 days in the field.
- c) preparation of the project proposal for further co-operation in the integrated phosphogypsum processing (home based work)

## 2. Synthèse des Solutions et Recommandations

### EXTRAIT DU RAPPORT PRELIMINAIRE

#### Identification des besoins et Développement d'un Programme Intégré d'Utilisation de Phosphogypse

#### Mise en valeur intégrée de Phosphogypse Situation au Maroc

##### 2.1. Analyses et calculs effectués

Dans le cadre de l'enquête entreprise au Maroc en préparation à l'étude mondiale et dont l'objectif était de vérifier les possibilités de mettre en valeur le gypse résiduaire de la production d'acide phosphorique (la production de 1 t de  $P_2O_5$  laisse entre 4 et 5 tonnes de sulfate de calcium sous forme de phosphogypse) de façon à obtenir de l'acide sulfurique et du ciment dans un cycle de transformation cohérent, les analyses et calculs suivants furent effectués:

- 2.1.1. analyses chimiques des échantillons de phosphogypse de Safi et Jorf-Lasfar en tenant compte particulièrement des impuretés  $P_2O_5$ , F et  $H_2O$ ;
- 2.1.2. purification au laboratoire des échantillons de phosphogypse pour pouvoir juger de sa recyclabilité, en prenant pour limites les valeurs ci-après:

$$\begin{aligned} P_2O_5 &\leq 0,7 \text{ \% en poids,} \\ F &\leq 0,1 \text{ \% en poids,} \\ H_2O &\leq 35,0 \text{ \% en poids;} \end{aligned}$$

- 2.1.3. utilisabilité de combustibles sulfurés, par exemple de ceux résiduaire de la transformation du pétrole marocain, afin de substituer le pétrole brut et jeter ainsi la base d'un recyclage rentable de phosphogypse;

- 2.i.4. établissement d'un bilan-matières basé sur les résultats d'analyse du phosphogypse et supposant un taux de récupération de soufre de l'ordre de 95 %;
- 2.1.5. dimensionnement schématique des principaux matériels équipant une unité d'élaboration d'acide sulfurique et de ciment, d'une capacité de 1590 t/j de  $H_2SO_4$ , qui fonctionnerait en association avec une unité de production d'acide phosphorique ayant une production de 540 t/j de  $P_2O_5$ ;
- 2.1.6. évaluation financière basée sur une production annuelle de

508.000 tonnes d'acide sulfurique et  
502.000 tonnes de ciment

et s'appuyant sur l'hypothèse que 60 % du mazout aient été remplacés par du coke de pétrole.

A ce titre, on devrait tenir compte d'autres facteurs améliorant le résultat économique, tels

- prise en considération de projets répétitifs (cas applicables aux sites de Safi et de Jorf-Lasfar);
- autarcie du pays quant aux importations de soufre et insensibilité aux possibles aggravations de la situation sur le marché du soufre et de l'acide sulfurique et des fluctuations de prix;
- suppression des frais occasionnés par le rejet à la mer du phosphogypse;
- suppression des frais d'investissement pour la mise en place d'unités de ciment, dans la mesure où le clinker de ciment pourrait être vendu à des cimenteries nationales ou étrangères.

## 2.2. Synthèse des résultats d'analyse et calculs

2.2.1. Du point de vue technique, il est possible de mettre en place et d'exploiter des unités de production d'acide sulfurique et de ciment en intégrant des installations de recyclage au circuit technologique d'élaboration d'acide phosphorique. Le phosphogypse originaire des sites de Safi et de Jorf-Lasfar, de même que les additifs étudiés conviennent parfaitement à ce projet.

2.2.2. Sous l'angle économique, les projets de ce genre se justifient dans la mesure où l'on réussit à compenser le coût d'investissement et les consommations d'énergie relativement élevées, par l'utilisation de combustibles résiduaux soufrés et par la prise en considération d'autres facteurs promoteurs de rentabilité (tels ceux visés au point 2.1.6.).

A force de substituer 60 % des mazouts utilisés par du coke de pétrole (une bonification de 1 US-\$ sera versée par tonne de phosphogypse), les facteurs ci-après se réduisent comme suit:

- \* période de remboursement à 7 années,
- \* produit net à 1.960.000 US-\$,
- \* taux de capitalisation à 10,15 %.

2.2.3. Le procédé offre aux producteurs d'engrais azotés, la possibilité de sortir du gypse résiduaire laissé par la production d'acide phosphorique, 80 % des quantités d'acide sulfurique requis pour la transformation des phosphates en acide phosphorique.

2.2.4. Les avantages du procédé opèrent surtout là où l'on peut appliquer les critères ci-dessous:

- pays dépourvus de ressources nationales de soufre élémentaire ou de minerais sulfurés, mais dotés de leurs propres gisements de phosphates ou centres de production d'engrais phosphatés - c'est-à-dire pays qui doivent compter sur des importations continues de soufre et, partant, sont assujettis aux fluctuations des prix sur le marché mondial du soufre;
- sites pouvant recourir à des ressources de matières renfermant du  $\text{CaSO}_4$  et dont une partie occasionnent des dépenses additionnelles ou constituent un fardeau écologique (comme par exemple le gypse dérivé de l'acide phosphorique, ou celui obtenu par la désulfuration des gaz de fumée);
- régions où l'on trouve des combustibles et additifs à un prix très bas;
- régions où s'associent les besoins en acide sulfurique à la demande accrue de ciment.

### 2.3. Recommandations

Dans le souci d'alléger les préparatifs à la conception et à l'implantation d'une unité de production d'acide sulfurique et de ciment à Safi et à Jorf-Lasfar, la maison Industrie-Consult Berlin GmbH suggère de regarder de plus près, dans une *étude de faisabilité* ou de prévision de l'investissement, entre autres les étapes technologiques ci-dessous:

- 2.3.1. **défluoration du phosphogypse** au cours de l'élaboration de l'acide phosphorique et mise en oeuvre d'essais à l'échelon industriel;
- 2.3.2. **élaboration de sels fluorés récupérables** à partir des gaz résiduels des unités d'acide phosphorique;

- 2.3.3. mise en place d'une installation économiquement avantageuse et techniquement fiable pour l'absorption de fluor comportant un dépôt terminal de  $\text{CaF}_2$ ;
- 2.3.4. mise au point d'une variante économiquement avantageuse pour l'acheminement du phosphogypse, qui tienne compte de la situation locale donnée;
- 2.3.5. étude de la possibilité de mettre sur pied un système de transport hydraulique de phosphogypse comportant un circuit à eau et un système de purification de phosphogypse;
- 2.3.6. examen de la variante de production et de distribution de clinker de ciment;
- 2.3.7. d'intégrer à l'évaluation économique, de nouveaux éléments propres à améliorer le résultat économique;
- 2.3.8. de demander des offres à des fournisseurs de matériels pour établir des listes d'équipements détaillées.

### 3. Rapport de mission au Maroc 1992

#### Préparation de la mission dans l'UNIDO à Vienne

Monsieur Schönherr, chef de projet de la maison Industrie-Consult Berlin GmbH s'est rendu au centre de l'UNIDO à Vienne les 4 et 5 mai 1992 pour y remettre trois exemplaires de l'étude "Mise en Oeuvre Intégrée de Phosphogypse - Situation au Maroc" en langue française.

Ses interlocuteurs étaient:

- Mme. Cheknavoriane-Asenbauer, Director of Department of Industrial Operation
- M. Igor N. Volodine, Industrial Development Officer
- Mme. Walker-Brosius, Contacts Officer
- M. Zackrisson, Co-ordinator for Environment Arab Countries Programme

Au cours de la rencontre, Industrie-Consult Berlin GmbH a été prié de transmettre directement aux institutions ci-après:

- UNDP /pnud Programme des Nations Unies pour le Développement, Rabat - Maroc
- OCP Office Cherifien des Phosphates, Casablanca - Maroc

deux et quatre exemplaires additionnelles, respectivement.

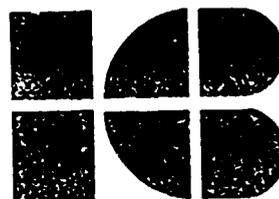
La lettre du 14-05-1992 (voir ci-joint) annonçait le début de la mission in situ pour le 14 juin 1992.

# INDUSTRIE-CONSULT BERLIN GmbH

INGENIEUR-BETRIEB FÜR TECHNISCH-ÖKONOMISCHE BERATUNG

Industrie-Consult Berlin GmbH · O-1100 Berlin

Office Cherifien des Phosphates Group  
Mr. Abdallah El HOUARI  
Technical Manager  
Angie Route d'EL Jadida  
et Bd la Grande Ceinture  
Casablanca - Morocco



Görschstraße 45/46  
O-1100 Berlin

Telefon 4 88 08-0  
Telex 305 306 icb d  
Telefax 4 88 08-20

Berlin, 14.05.1992

Subject: US / INT / 89 / 012 - Phosphogypsum Utilization  
Integrated Programme

Dear Mr. EL HOUARI,

I have been asked by Mr. C. Jaeger, Resident Representative of UNDP Rabat Office, to get in touch with you concerning the organization of a field mission of 2 experts of Industrie-Consultat Berlin GmbH (ICB) in order to fulfill the above mentioned programme.

The agreement between UNIDO, Vienna and ICB dated 01 April 1992 contains the following work:

1. to prepare a summary of findings and recommendations from the Study on "Integrated Processing of Phosphogypsum - Morocco Case Study"
2. to field experts to discuss with the Government and the Morocco Phosphate Corporation the results of the study and the options for further cooperation in integrated phosphogypsum processing with UNIDO.
3. to prepare a projekt proposal for further cooperation in integrated phosphogypsum processing.

In fulfilling of the first step, please find enclosed 4 copies of the Draft Report of the Morocco Case Study in French Language.

The second step should happen at the last week of June 1992.

Geschäftsführender Gesellschafter:  
Dr.-Ing. Erwin Rippel

Prokurist:  
Roland Schumann

Bankverbindung:  
Deutsche Bank · Kreditbank AG Berlin  
Konto-Nr. 1 17 59 42, BLZ 120 700 00  
Sparkasse der Stadt Berlin West  
Konto-Nr. 990029760, BLZ 100 500 00

Sitz: Berlin

Handelsregister  
AG Charlottenburg HRB 34449

We suggest that the experts of ICB GmbH

- Dipl.-Ing. Günter Schönherr
- Dipl.-Chem. Jürgen Klauss

start on 24th of June by UNDP in Rabat and visit OCP in Casablanca and the enterprise Maroc Phosphate in Safi on the following 4 working days.

I should be grateful if you would support these activities.

I thank you in advance  
Yours sincerely

Dr. Ing. E. Rippl  
Managing Director

Annex: 4 Rapport Preliminaire



## Mission au Maroc

### a) Membres de la mission d'Industrie-Consult GmbH:

- M. Günter SCHÖNHERR, ingénieur diplômé et
- M. Jürgen KLAUSS, chimiste diplômé.

### b) Endroits visités/interlocuteurs:

- UNDP / pnud à Rabat
  - . rencontres en date des 24 juin et 3 juillet 1992 avec Monsieur Christopher Wood, Chargé de Programme et Monsieur Luc Franzoni, Représentant Résident (prédécesseur M. C. Jaeger, successeur à partir du 1er août 1992 M. Fawar Fokeladeh)
- Office Cherifien des Phosphates
  - . rencontres en date des 26 juin et 2 juillet 1992 avec Monsieur El-Khaier, Directeur du Développement, M<sup>elle</sup> Fari Du Kabbaj, Direction du Développement et Monsieur El-Houari, Chef du Département Etudes de Marché et Planification
- Ministère du Commerce et de l'Industrie
  - . rencontre à l'Administration de l'Industrie en date du 3 juillet 1992 avec Monsieur Mohammed Benayada, Dépt. Protection de l'Environnement (remplaçant M. Tamoud, Service de l'Environnement)
- Visite des décharges (rejet à l'Océan Atlantique) de phosphogypse aux Unités Chimiques de l'OCP
  - . à Jorf Lasfar en date du 4 juillet 1992 et
  - . à Safi en date du 5 juillet 1992

## Résultats

### a) Avis de l'OCP à Casablanca

L'Office Cherifien des Phosphates s'est félicité de l'initiative de l'UNIDO d'avoir élaboré une telle étude mondiale au sujet du développement d'un programme intégré d'utilisation du phosphogypse.

L'Office est intéressé à recevoir, outre le Rapport de la Situation au Maroc, un exemplaire du Rapport Final de l'UNIDO de 1989 (réf. US/UT/INT/89/02).

Il a souligné qu'on a trouvé une solution particulièrement avantageuse pour le rejet de phosphogypse à la mer. Avant l'implantation des unités d'acide phosphorique à Safi et Jorf Lasfar, ces deux sites avaient été retenus dans le cadre d'études préparatoires, car ils convenaient particulièrement bien pour le rejet du phosphogypse à la mer.

D'après l'OCP, le danger d'une pollution inacceptable de l'océan atlantique n'existe pas. Des recherches récentes étudiant l'influence du phosphogypse sur la biologie océanique et la pêche font défaut. L'Office n'envisage pas la réalisation d'unités d'acide sulfurique et de ciment pour mettre en valeur le phosphogypse.

L'OCP considère prohibitif le fonds d'investissement requis pour la mise en place d'une seule unité de  $H_2SO_4$  d'une capacité de 1700 tonnes/jour. Selon elle, l'association d'une telle installation à une seule unité de  $P_2O_5$  d'une capacité de 500 tonnes/jour ne résoudrait pas le problème. Pour ce faire, il faudrait mettre en jeu la totalité des 8 ou 16 unités de  $P_2O_5$ , c'est-à-dire qu'il serait nécessaire d'installer à la fois 16 unités de  $H_2SO_4$  et de ciment. Or, ceci demanderait des dépenses d'investissement astronomiques.

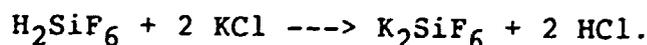
Un autre inconvénient en est la forte consommation d'énergie. Le procédé de combustion de soufre actuellement mis en oeuvre est très pratique sur le plan énergétique, car il débite de la vapeur utilisée pour produire de la force motrice et pour porter la concentration de l'acide phosphorique de 30 à 54 %. A noter par ailleurs que le prix du soufre est à présent assez favorable (autour de 60 US-\$/la tonne).

Aux dires de l'OCP, on assisterait à une production excessive de ciment. Les cimenteries produisent à un coût très bas. Donc, l'Office serait dans l'impossibilité de vendre du ciment ou du clinker de ciment.

Le lavage de phosphogypse en vue de la production de matériaux de construction ou autres n'est pas considéré opportun par l'OCP, parce que le Maroc dispose d'énormes réserves naturelles de gypse de grande pureté.

Le seul problème actuel remarqué par l'Office est celui lié au dégagement à l'atmosphère de fluorure d'hydrogène et de  $\text{SiF}_4$  gazeux laissés par le lavage du  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ .

Dans ce cas, il serait intéressé par l'implantation d'une unité de production de sels fluorés selon la méthode:



Les sels fluorés pourraient, par exemple, être employés comme agent d'imprégnation des bois et comme fondants dans la fusion des métaux.

b) Visite au Ministère du Commerce et de l'Industrie/  
Administration de l'Industrie

La proposition allemande (disant que la récupération du soufre sous forme de  $H_2SO_4$  contribuerait à couvrir 95 % des besoins requis pour la production d'acide phosphorique, de ciment ou de clinker de ciment) est considérée très dispendieuse et le bénéfice très douteux.

Le Ministère déclarait être tenue à sa liste de priorités. Celle-ci l'engagerait à mettre en pratique une série de projets visant à débarrasser des polluants industriels plusieurs rivières, près de Fez, Meknès, etc., ceci afin d'assainir les plus grandes ressources nationales d'eau. A cet égard, il coopère actuellement avec Scandinavia Consult (BYGG).

Quant au choix de nouvelles méthodes pour la décharge du phosphogypse, le Ministère renvoyait la prise de décisions à l'OCP. Ce dernier s'intéresserait au modèle suédois qui propose de décharger le phosphogypse résiduaire sur une île artificielle.

b) Situation de l'industrie du ciment au Maroc

Le Maroc possède une industrie du ciment moderne qui a été mise sur pied par des ensembliers de renom et différents réaménagements ont été introduits pour la maintenir à la pointe du progrès.

La plus grande cimenterie (voir page annexée) dont la capacité est de 1 million de tonnes de ciment se trouve à Oujda, près de la frontière algérienne. Dans l'usine située à Meknès, le procédé d'élaboration sec a été introduit en 1985 pour porter la capacité journalière à 1500 t. Le complexe de Fez reçoit actuellement un four rotatif muni d'un préchauffeur DOPOL pour permettre la production de 1200 t/jour de clinker.

Des extensions effectuées à Agadir et à Temara ont permis d'augmenter la production annuelle de ciment à 720.000 et 1.200.000 t/an, respectivement.

Une nouvelle cimenterie est actuellement mis en exploitation à 30 km au Nord-Ouest de Safi (site du premier groupe d'unités d'acides phosphorique).

A présent, on dit que le marché du ciment est en pleine prospérité. Le vente de clinker de ciment à mettre en oeuvre par l'industrie marocaine nous semble faisable.

## CIMENTERIE DE L'ORIENTAL "CIOR"

**Activité :** Production de ciment et de clinker  
**Implantation :** Km 15 - Oujda  
**Capacité de production :** 1.200.000 tonnes  
 extensible à 1.650.000 tonnes  
**Date de constitution :** juin 1976  
**Date de démarrage :** 1979  
**Investissement fin 1990 :** 1.240.000.000 DH  
**Capital social :** 245.000.000 DH  
 - O.D.I. : 86%  
 - Banque Islamique : 14%  
**Effectif :** 630

### Performances 1988-1990 :

	1988	1989	1990
Effectif	609	609	630
Masse salariale (MDH)	29.800	33.260	37.974
Volume des ventes (en t)	989.499	1.065.035	1.242.565
Chiffre d'affaires (MDH)	493.710	531.000	638.000

La tendance à la hausse de la demande observée depuis plus de trois ans s'est confirmée davantage en 1990 avec une progression de la consommation nationale de ciment par rapport à l'année 1989 de 17%.

Dans ce contexte, la CIOR a parachevé la réalisation de son centre de concassage à Fés et entamé l'installation d'une troisième ligne de cuisson d'une capacité de 450.000 tonnes lui permettant d'équilibrer son potentiel de production pour suivre l'évolution de la demande.

Sur le plan commercial, la CIOR a maintenu et consolidé sa part de marché avec un volume de vente de 1.242.565 tonnes de ciments correspondant à 23% de la consommation nationale et s'inscrivant en progression de 18% par rapport au niveau de l'année écoulée.

Aussi, le chiffre d'affaires réalisé s'est élevé à 638 millions DH contre 531 millions de DH en 1989, soit une progression de 20%.

## اسمنت المغرب الشرقي "سيور"

**النشاط :** إنتاج الاسمنت  
**الموقع :** 15 كلم من وجدة  
**طاقة الإنتاج :** 1.200.000 طن (يمكن رفعها إلى 1.650.000 طن)  
**تاريخ التأسيس :** يونيو 1976  
**تاريخ الشروع في الإنتاج :** 1979  
**الاستثمار في آخر 1990 :** 1.240.000.000 درهم  
**الراسمال الاجتماعي :** 245.000.000 درهم  
 - م. ت. ص. : 786  
 - البنك الاسلامي للتنمية : 714  
**عدد الوظائف :** 630

### نتائج سنوات 1988 - 1990

1990	1989	1988	
630	609	609	عدد الوظائف
37.974	33.260	29.800	الاجور (1000 درهم)
1.242.565	1.065.035	989.499	حجم المبيعات (طن)
638.000	531.000	493.710	مبلغ المعاملات (1000 درهم)

إن ميل الطلب للارتفاع الملاحظ منذ ثلاث سنوات قد تأكد خلال سنة 1990 حيث تزايد الاستهلاك الوطني للاسمنت بنسبة 17% مقارنة مع موسم 1989.

وتشبا مع هذا الطلب، فإن شركة اسمنت المغرب الشرقي قد أتت أنجاز وحدة جديدة (تفتيت) بفاس وشرعت في تركيب خط ثالث (انتاج) تصل قدرته الانتاجية إلى 450.000 طن، مما سيكفيها من توازن طاقتها الانتاجية لتتبع تطور الطلب.

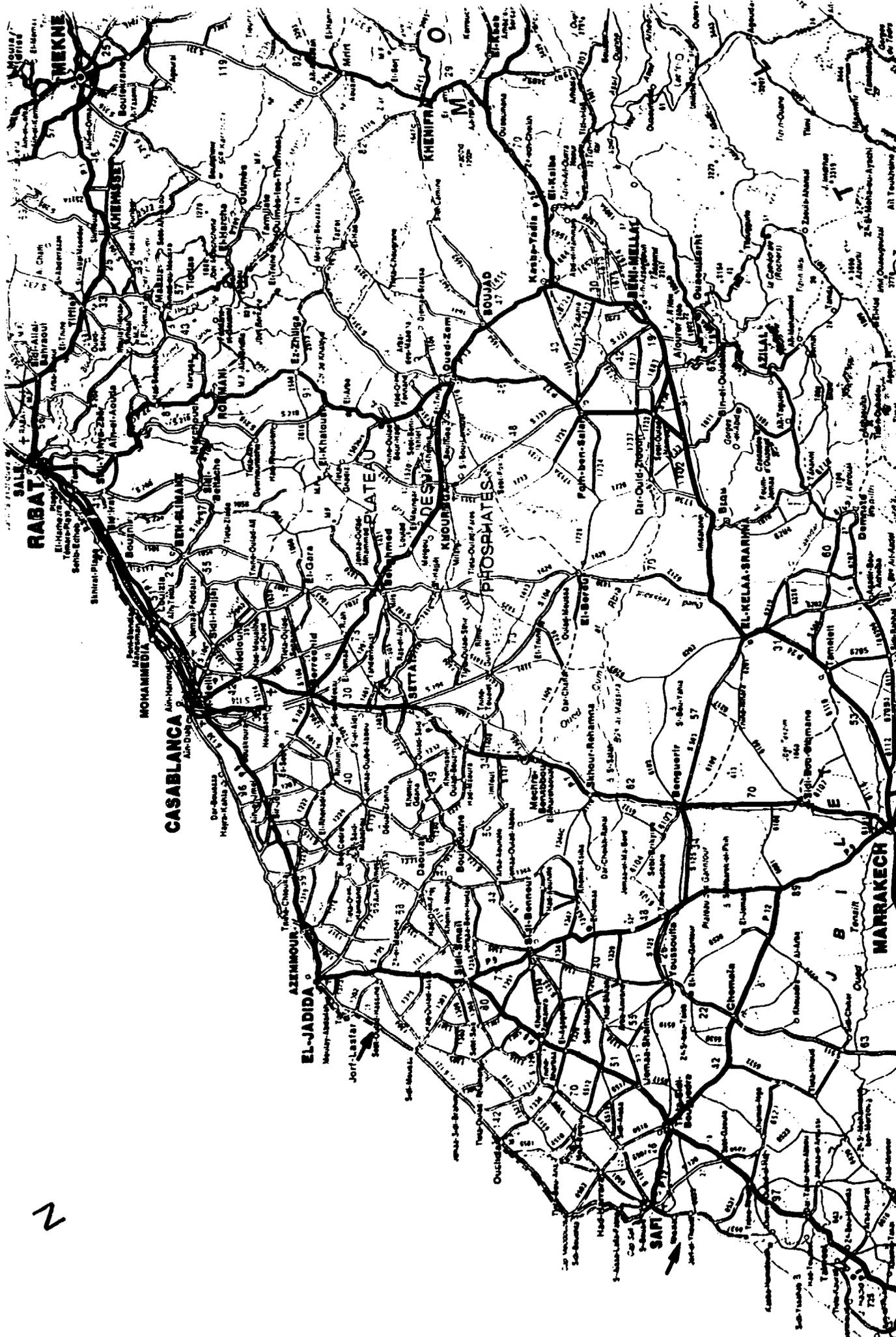
وقد عززت شركة "سيور" حصتها من السوق حيث زودته بـ 1.242.565 طن من الاسمنت أي أنها غطت نسبة 23% من الاستهلاك الوطني محققة بذلك نمو بنسبة 18% بالمقارنة مع السنة القارطة.

كما أن مبلغ مبيعاتها ارتفع إلى 638 مليون درهم مقابل 531 مليون درهم خلال سنة 1989 أي بزيادة 20%.

3.3.4. Rejet de phosphogypse a l' Ocean Atlantique

Fig. 1 et 2 - Canal de decharge pres de Forf Lasfar

Fig. 3 et 4 - Buse de decharge pres de Safi



Z

4

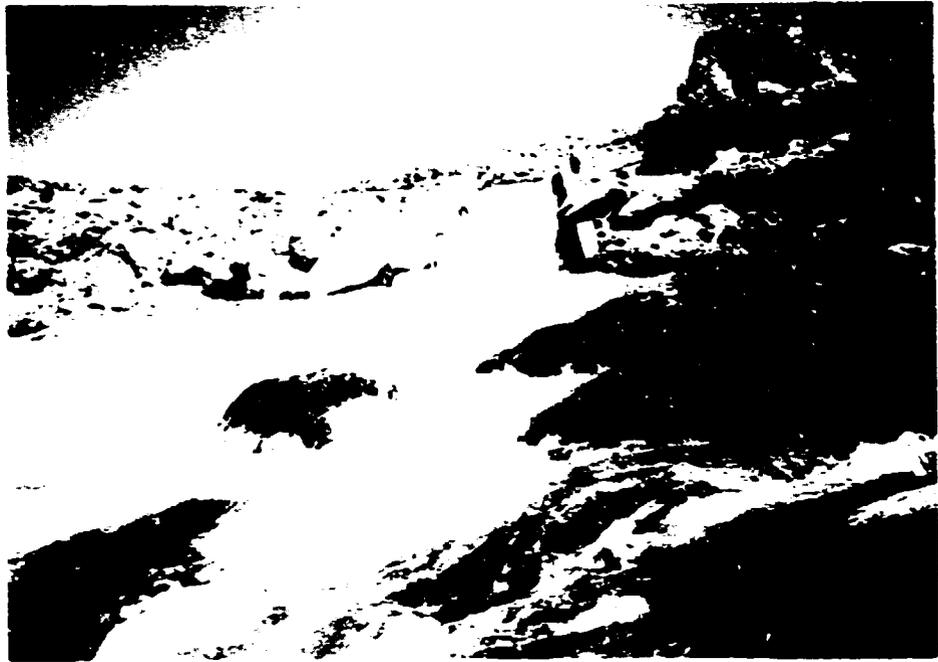


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

#### 4. *Projet de proposition*

##### 1. *Contexte et justification du projet*

###### (a) *Généralités*

*Les quantités de phosphogypse produites à travers le monde arrivent dans certains cas à un point critique, quant à la protection de l'environnement. Il y a lieu de mettre à profit toutes les possibilités pour résoudre ce problème, notamment par un perfectionnement des procédés et technologies.*

*L'élaboration d'acide phosphorique débite d'énormes quantités de phosphogypse. Il devient de plus en plus précaire de se débarrasser de ces déchets qui au fond constituent une matière de base digne d'être récupérée, car elle contient du soufre.*

*Les chiffres des tonnages de phosphogypse produits dans le monde entier donnent à peu près une idée de ce qui va être sorti en anhydride phosphorique et phosphogypse d'ici l'an 2000. Actuellement, ces tonnages se situent entre 140 et 180 millions de tonnes par an, alors que le taux de récupération n'est que de 15 %. La plus grande partie de ces déchets sont envoyés à la décharge ou jetés à la mer.*

*La maison Industrie-Consult Berlin GmbH soutient également les efforts de mise en valeur visant à transformer le phosphogypse en acide sulfurique et ciment. Voici à titre d'information quelques autres cas d'application de phosphogypse recyclé:*

- \* adjuvant-retard dans l'industrie du béton,*
- \* plâtre à bâtir,*
- \* matière de base pour l'élaboration de sulfate d'ammonium.*

*L'UNIDO a été invitée à supporter activement la recherche de nouvelles solutions pour la mise en valeur écologiquement acceptable de phosphogypse et pour l'évaluation économique des différentes technologies.*

*Soucieuse de dégager des formules antipollution, la maison Industrie-Consult Berlin GmbH s'emploie pour la mise en valeur de phosphogypse en tant que matière première industrielle.*

*La production de ciment et d'acide sulfurique est l'une des méthodes faisables, voire éprouvées de mise en valeur de phosphogypse. Il y en a d'autres, par exemple:*

- \* production de matériaux de construction,*
- \* transformation en sulfate d'ammonium,*
- \* agriculture et autres domaines tels  
production de pigments plâtrés*

*Les domaines-clé sont certainement la production de ciment et de matériaux de construction.*

#### ***(b) Evaluation des solutions de mise en valeur de phosphogypse***

##### *Avantages du procédé selon Mueller-Kuehne*

- a) absence de dépôts de soufre élémentaire ou de minerai soufré; par contre, dépôts de phosphates et production locale d'engrais, d'où la dépendance des variations sur le marché mondial du prix de soufre à importer;*
- b) ressources suffisantes de matières premières sulfatées calciques qui occasionneraient des frais additionnels si elles n'étaient pas mises en valeur et pollueraient l'environnement (gypse résiduel de la production d'acide phosphorique; gypse sorti de la désulfuration des fumées);*
- c) disponibilité de combustibles et d'adjuvants peu onéreux;*
- d) finalement la demande d'acide sulfurique et de ciment.*

### Problèmes d'investigation liés au procédé Mueller-Kuehne

*Le procédé selon Mueller-Kuehne peut être maîtrisé techniquement. Les prix du soufre ont de loin dépassé la limite de 100 US-\$/tonne ces dernières années. Le sulfate de calcium sous forme de phosphogypse est disponible en grosses quantités et à un prix modique, et pourtant, peu d'unités industrielles de ce genre ont été mises en place dans le monde, à ce jour.*

*Voici les principales raisons qui d'après nos longues expériences et les nombreux contacts que nous entretenons avec des clients dans beaucoup de pays ont abouti à la situation actuelle:*

*a) Les frais d'investissement et d'énergie que demande le procédé Mueller-Kuehne sont relativement élevés en comparaison à ceux liés aux technologies conventionnelles de production d'acide sulfurique et de ciment.*

*Cela est dû:*

- au surcoût pour le traitement (séchage) du phosphogypse;*
- au fait que la section de production d'acide sulfurique met en oeuvre une technologie plus compliquée et plus onéreuse que l'installation utilisant du soufre élémentaire;*
- à un débit plus bas des fours par rapport à celui des cimenteries conventionnelles.*

*b) Bien que les prix du soufre aient monté loin au-delà de la limite de 100 US-\$ par tonne et que l'intérêt à produire de l'acide sulfurique à partir de phosphogypse se soit accru ces deux ou trois dernières années, peu sont les pays à augmenter les budgets requis pour de tels investissements.*

*c) La substitution des importations onéreuses de soufre par les ressources locales bon marché est un objectif que de nombreux pays visent à longue échéance, mais qu'ils ne sont pas motivés à envisager dès maintenant.*

d) Quoiqu'en protection de l'environnement, la réglementation devienne de plus en plus rigoureuse dans beaucoup de pays, le phosphogypse continue à être envoyé à la décharge ou jeté à la mer.

### **(c) Tendances d'évolution du procédé Mueller-Kuehne**

Les chercheurs et techniciens devront concentrer leurs efforts de développement sur ceux des aspects technologiques qui ne sont pas encore rentables. Pour cela, il y a plusieurs chemins à suivre:

#### Implantation de nouvelles unités d'acide phosphorique

Lorsqu'il s'agit de mettre sur pied de nouvelles unités d'acide phosphorique, le problème de récupération de phosphogypse devra être solutionné dès l'étude prévisionnelle de l'investissement. Ceci permettra de choisir de telles techniques d'élaboration d'acide phosphorique qui produisent une quantité de gypse adéquate. Les étages terminaux de l'unité de Mueller-Kuehne et les autres variantes de mise en oeuvre imposent de très bas taux d'anhydride phosphorique (aussi important pour le débit de phosphore) et de phosphore.

Cela conduira, dans de futures unités, à la substitution du procédé à base de dihydrate par ce qu'on appelle procédé mixte combinant dihydrate/hémihydrate ou hémihydrate/dihydrate.

#### Suppression de la purification préliminaire du gypse

Voici les effets positifs qui pourraient être attendus des changements ci-dessous apportés au procédé Mueller-Kuehne: suppression de la purification préliminaire du gypse, réduction des frais de défluoration du phosphogypse, amélioration de la qualité du ciment.

La calcination économique (c'est-à-dire effectuée avec un minimum d'énergie) du phosphogypse produit un effet non négligeable sur les charges d'exploitation. Ceci a amené plusieurs entreprises à développer des procédés technologiques qui aident à minimiser ce coût et à augmenter les quantités de matières premières passées à travers l'installation. La mé-

thode proposée par Ets. BABCOCK pour la calcination dans une installation de séchage pneumatique constitue une formule qui approche de très près de la conception désirée.

#### Amélioration du procédé de calcination

Au cas où l'intérêt à mettre en oeuvre du phosphogypse s'accroîtrait, il est fort possible que d'autres compagnies cherchent à améliorer le procédé de calcination, dans le souci

- de réduire les consommations d'électricité,
- de diminuer les frais d'énergie en recourant à des combustibles bon marché et/ou en récupérant la chaleur perdue,
- d'abaisser le coût d'investissement en augmentant le rendement espace/temps.

Alors que des perfectionnements spectaculaires ne peuvent pas être escomptés pour la préparation de la farine crue, l'utilisation d'adjuvants bon marché gagnera de l'importance quand il s'agira de comprimer les coûts.

#### Préchauffage des farines crues à l'extérieur du four

L'un des grands acquis du procédé Mueller-Kuehne a été le préchauffage des farines brutes, phase technologique pratiquée depuis longtemps déjà dans l'industrie du ciment.

Le pas décisif en avant dans l'industrie du ciment a été le préchauffage à très haute température (même avec l'apport de chaleur additionnelle, s'il le faut) des farines crues, à l'extérieur des fours rotatifs et l'utilisation de fours rotatifs de longueur réduite pour la formation de clinker à environ 1400°C.

Dans le procédé Mueller-Kuehne, la fiabilité du préchauffeur de farine crue extérieur au four rotatif est encore instable à des températures supérieures à 750°C, car la réduction de  $\text{CaSO}_4$  en  $\text{CaO}$  et  $\text{SO}_2$ , en passant par  $\text{CaS}$ , doit être techniquement maîtrisable, ce qui est une particularité du procédé, en comparaison avec le procédé classique d'élaboration de ciment.

### Dimensionnement des unités technologiques

Quant au dimensionnement des unités technologiques, l'on remarque qu'il devient de plus en plus généreux, même pour le matériel utilisé selon le procédé Mueller-Kuehne.

La capacité de la section des fours se situe actuellement entre 200 et 250.000 tonnes/an d'acide sulfurique ou de clinker pour chaque ligne technologique. Celle de la section d'élaboration d'acide sulfurique est pour le moment limitée à 350 - 450.000 tonnes/an pour chaque ligne.

### Substitution du coke

Le coke de houille, agent réducteur onéreux, peut être remplacé avantageusement par des substances meilleur marché tels

- \* coke de pétrole,
- \* pyrite,
- \* gaz réducteurs.

### (d) La situation au Maroc

#### La prédominance du Maroc

Le Maroc est le plus grand producteur et exportateur de phosphates au monde (environ 65 % des réserves de phosphates connues). En même temps, ce pays élabore les plus gros tonnages de concentré de phosphate (voir tableau 1).

En 1965, le royaume a lancé la production d'acide phosphorique (PA) et superphosphorique (SPA), ainsi que des engrais triple superphosphate (TSP), phosphate monoammonique (MAP) et diammonique (DAP).

L'exportation des roches phosphatées a été la première source de recettes pour l'industrie des phosphates. Celles-ci ont diminué pour une décennie à cause de la chute des prix mondiaux, alors que l'on a pu assister à une rehausse remarquable en 1989. Ce redressement du marché s'expliquait par l'importance qu'avait gagnée l'élaboration des dérivés du

phosphate, dont essentiellement l'acide phosphorique, notamment pour l'exportation. L'Office Cherifien des Phosphates (OCP) qui exerce le monopole d'exploitation, extrait du phosphate d'extrême pureté dans ses mines à Khourigba (entre 71 et 76 % de substance sèche de phosphate) et à Youssoufia (68 à 69 % de substance sèche).

Le centre de l'industrie chimique se trouve à Safi où la première unité chimique démarra en 1965. La deuxième entra en exploitation en 1982, portant ainsi la capacité de production du complexe de Safi à 1,8 millions de tonnes d'acide phosphorique et à 790.000 tonnes de triple superphosphate. Un second complexe d'engrais a été implanté au port de Jorf Lasfar et deux nouvelles mines de phosphates ouvertes à Sidi Hadjaj et à Meskala. L'unité de préparation d'acide phosphorique à Jorf Lasfar commençait à fonctionner en janvier 1986, fournissant un complément de 400.000 tonnes aux productions marocaines d'acide phosphorique.

L'industrie des phosphates est gérée par l'Office Cherifien des Phosphates. Cet organisme, virtuellement le premier producteur de phosphates au monde, cherchait à accroître ses capacités de traitement et à fortifier sa position prédominante. Il se proposait de mettre en exploitation ses unités Maroc-Phosphore V et VI vers 1995. Or, cette entreprise a été suspendue pour un temps indéterminé.

Ces unités sont conçues pour produire chaque année 4,55 millions de tonnes d'acide phosphorique et doubler ainsi les capacités d'élaboration. L'organisme dispose, en outre, d'unités permettant d'augmenter le débit d'engrais solides et de développer les potentialités des mines de phosphates. L'industrie chimique a été de loin le secteur le plus dynamique au cours des années 80, mais 1989 a vu tomber l'indice de production de l'ordre de 21 % par rapport à 1988.

Le tableau 2 donne une récapitulation des unités chimiques en exploitation ou en construction, gérées par l'OCP.

### Rejet du phosphogypse à l'Océan Atlantique

Il est d'usage courant de faire entraîner le phosphogypse résiduaire par les marées de l'océan atlantique. Les problèmes écologiques liés au rejet à la mer du phosphogypse se résument en trois aspects: celui des énormes tonnages de  $\text{CaSO}_4$ ; celui des traces de métaux lourds dans la roche phosphatée et celui de l'impact du pH sur les eaux riveraines du site de décharge.

Pour ce qui est des tonnages de phosphogypse, il est à noter qu'avec 300 jours d'exploitation par an, la production des deux sites atteindra quelque 10 millions de tonnes par jour, selon le calcul ci-dessous:

8 unités à Safi et 8 autres à Jorf Lasfar, chacune d'une capacité journalière de 500 tonnes de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , soit 16 unités d'une production journalière totale de 8.000 t;  
300 jours d'exploitation par an font 2.400.000 t/an; multiplié par un rapport de 4,5 ce qui donne un tonnage global de 10.000.000 t/a de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ .

Le tableau 3 donne les quantités de phosphogypse produites dans la Communauté Européenne et classées par pays. Il s'ensuit que les tonnages envoyés à la mer dans les 8 pays sont moins importants que ceux rejetés par les unités de Safi et de Jorf Lasfar.

### L'impact des traces de métaux lourds dans la roche phosphatée et des éléments potentiellement dangereux dans les concentrés de phosphate sélectionnés

Les roches phosphatées extraites contiennent un certain nombre d'éléments en traces. Le tableau 4 récapitule les analyses typiques d'échantillons originaires d'Afrique du Nord (Maroc) et des Etats-Unis (Floride).

Toutes les composantes présentes en traces dans le phosphogypse se rencontrent déjà naturellement dans l'eau de mer et l'atteinte qu'elles risquent de porter au milieu écologique local dans la zone de décharge

du phosphogypse dépend du taux auquel ces substances sont déversées à la mer et s'y dispersent.

### (e) *Compatibilité écologique*

La production mondiale d'engrais phosphatés se heurte de plus en plus à des inquiétudes d'ordre écologique qui se glissent graduellement dans la législation nationale et supranationale. Seulement, à l'heure actuelle, personne ne saurait définir clairement ce qui est "écologiquement acceptable ou supportable" dans l'industrie des engrais phosphatés. Il est donc indispensable de tracer clairement les seuils de compatibilité.

Actuellement, environ 70 % du  $P_2O_5$  consommés à l'échelon mondial sous forme d'acide phosphorique élaboré selon la technique dite humide entrent dans la production de triple superphosphate (TSP), phosphate mono- et diammonique (MAP) et (DAP), ainsi que du NPKs. Or, la rentabilité avec laquelle certains producteurs élaborent par voie humide l'acide phosphorique va être sérieusement menacée dans la mesure où le coût de traitement et d'élimination des déchets technologiques, dont principalement le phosphogypse et les eaux résiduares contaminées, viennent à hausser à la suite de propositions législatives visant à faire respecter la protection de l'environnement à tous les niveaux. D'où la nécessité d'introduire une réglementation multilatérale conçue sur une base scientifique.

Dans son compte-rendu au Congrès du mois de juillet 1990, l'Agence pour la Protection de l'Environnement des Etats-Unis a constaté que dans 11 des 21 unités de production américaines d'acide phosphorique, le phosphogypse sorti pourrait être classifié comme "déchet dangereux", à cause de sa teneur en radionucléides et métaux lourds. L'organisme a chiffré à environ 3,64 milliards de dollars U.S. les moyens financiers requis pour aménager les 11 sites de décharge de phosphogypse de façon telle qu'ils satisfassent aux consignes écologiques.

Selon l'Agence, certaines des unités de production d'acide phosphorique nécessiteraient moins de dépenses ou moyens matériels pour l'élimination du phosphogypse, du fait qu'il a pu ranger leur déchets dans la catégorie alternative "déchet spécial". Dans ces cas-ci, le stockage conven-

*tionnel serait autorisé et la nécessité de munir les terrils de semelles imperméables et prendre des précautions péri- et post-operatoires serait jugée suivant le cas. Le coût de traitement du phosphogypse conformément au régime de "déchet spécial" est évalué à entre 28 et 36 US-\$/tonne de  $P_2O_5$ , suivant les consignes spécifiques imposées aux différents dépôts phosphogypse. Quant aux efforts liés au respect des consignes plus rigoureuses, on considère qu'ils se traduisent à environ 80 % par des dépenses financières.*

#### **(f) Nécessité d'assistance financière**

*Il est bien évident que les producteurs d'engrais phosphatés aient à faire face à des dépenses accrues lorsqu'ils acceptent de se conformer à de nouvelles initiatives de législation auxquelles on peut s'attendre incessamment sur le plan international. Ce surcoût de production se répercutera dans une hausse des prix d'engrais qui frappera surtout les paysans. Or, si les conséquences du surcoût peuvent être supportées plus facilement par les pays développées, elles risquent d'être néfastes pour les pays du tiers-monde qui sont forcés par leur indigence d'employer peu d'engrais, d'un côté, mais affrontent la nécessité impérieuse de redresser la production locale de denrées alimentaires, d'autre côté.*

*C'est pourquoi il y a lieu de dégager des méthodes qui aident à financer les surcoûts dus à la nécessité de respecter les consignes de compatibilité écologique, de plus en plus sévères.*

## II. Le Projet

### (a) Objectifs

*Sur la base des solutions et recommandations dégagées du rapport préliminaire*

#### **Identification des besoins et Développement d'un Programme Intégré de l'Utilisation du Phosphogypse - Situation au Maroc -**

*et sur le vu des résultats des rencontres qu'ont eues les représentants de la maison Industrie-Consult Berlin GmbH avec le Gouvernement (Ministère du Commerce et de l'Industrie) et l'Office Cherifien des Phosphates, Industrie-Consult Berlin GmbH propose trois activités visant à reprendre et approfondir ledit Programme pour le Maroc:*

- (1) Analyses entreprises dans le but de déterminer la charge écologique provoquée par le rejet de phosphogypse à l'Océan Atlantique et comparaison des résultats avec les données antérieures sur lesquelles s'étaient basées les expertises rédigées avant l'implantation des unités chimiques à Jorf Lasfar, il y a 12 ans;*
- (2) Mise en oeuvre d'essais au laboratoire (en Allemagne) et de tests industriels (au Maroc) permettant de réduire significativement la teneur en fluor du phosphogypse en modifiant la méthode actuelle de décomposition de l'acide phosphorique (dans laquelle le fluor est chassé au moyen d'acide silicique);*
- (3) Calcul du dimensionnement optimum d'une unité d'acide sulfurique et de ciment pour les sites de Jorf Lasfar (site préféré) et Safi (le but devrait être de mettre en valeur entre 40 et 60 % du phosphogypse résiduaire d'un site).*

*Voici les effets du projet:*

- le coût d'investissement spécifique serait minime,*
- l'on pourrait produire du ciment à partir d'un déchet, dans des tonnages équivalant à la capacité d'une cimenterie (fait à tenir en consi-*

- dération quand il s'agit de programmer la construction de nouvelles fabriques de ciment),
- la décharge de résidus polluants à la mer serait diminuée à un niveau supposé tolérable.

(b) <b>Dossiers</b>
---------------------

(1)

Dossier n° 1

Programme d'analyses visant à déterminer la charge écologique provoquée dans l'eau de mer au voisinage des sites de Jorf Lasfar et Safi à la suite du rejet de phosphogypse à l'Océan Atlantique, comportant un rapport bibliographique qui tient compte des expériences du Comité des Industries Chimiques au sein de la Commission Economique pour l'Europe.

Dossier n° 2

Rapport d'analyse de la charge écologique comportant un dépouillement des résultats, une classification en projets "écologiquement acceptables ou tolérables" et une comparaison avec les données de départ.

(2)

Dossier n° 3

Rapport d'analyse de l'épuration du phosphogypse en deux étapes:

3.1 - élaboration d'acide silicique hautement polymérisé et partiellement déshydraté  $\text{Si(OH)}_4$  à partir de l'acide fluosilicique provenant des sites de Jorf Lasfar ou de Safi;

3.2 - élaboration de phosphogypse défluoré au cours de la décomposition de phosphate brut et la production d'acide phosphorique par voie humide, en recourant à l'acide silicique élaboré selon point 3.1.

Dossier n° 4

Programme d'essais pour l'élaboration d'acide silicique hautement polymérisé et de phosphogypse défluoré sous les conditions industrielles de production par voie humide d'acide phosphorique à Jorf-Lasfar ou à Safi, et proposition d'assistance technique.

(3)

Dossier n° 5

*Etude d'optimisation analysant le dimensionnement et la viabilité économique d'unités de production d'acide sulfurique et de ciment et fournissant des termes de référence pour une étude d'opportunité spécifique.*

Dossier n° 6

*Etude d'opportunité/Rapport d'optimisation donnant une description de la conception et un relevé des principaux matériels devant équiper la version optimum d'une unité de production d'acide sulfurique et de ciment à Jorf Lasfar ou à Safi.*

**(c) Activités**

Activités rapportées aux dossiers n° 1 et 2

- . élaboration du programme d'analyse déterminant la charge écologique de l'eau de mer ainsi que du rapport bibliographique* *2<sup>ème</sup> mois*
- . Distribution et mise au point du programme d'analyse et assistance technique aux organismes compétents (autorités gouvernementales et office du PNUD)* *4<sup>ème</sup> mois*
- . Mise en oeuvre des analyses au Maroc et rédaction du rapport de synthèse* *6<sup>ème</sup> mois*
- . Dépouillement en commun des résultats et conclusions* *8<sup>ème</sup> mois*

Activités rapportées au dossier n° 3

- . Essais au laboratoire pour l'élaboration d'acide silicique de haute réactivité à partir des solutions de  $H_2SiF_6$*  *4<sup>ème</sup> mois*
- . Essais au laboratoire pour la défluoration du phosphogypse sous les conditions de la décomposition d'acide phosphorique et avec le recours à l'acide silicique* *6<sup>ème</sup> mois*

#### Activités rapportées au dossier n° 4

- . *Elaboration d'un programme d'essais pour la défluoration à l'échelon industriel dans une unité de production d'acide sulfurique et de ciment à Jorf Lasfar ou Safi* 8<sup>ème</sup> mois
- . *Consultations techniques sur place par délégation d'un expert* 10<sup>ème</sup> mois

#### Activités rapportées au dossier n° 5

- . *Elaboration des termes de référence pour la rédaction d'une étude d'opportunité permettant d'arrêter le dimensionnement optimum d'une unité de production d'acide sulfurique et de ciment à Jorf Lasfar ou à Safi* 3<sup>ème</sup> mois
- . *Discussion des termes de référence avec les organismes compétents (autorités gouvernementales et office du PNUD) et*
- . *Saisie des renseignements primaires sur la base d'un check-list par deux experts à déléguer sur place* 6<sup>ème</sup> mois

#### Activités rapportées au dossier n° 6

- . *Elaboration de l'étude d'opportunité visée au dossier n° 6* 12<sup>ème</sup> mois

#### **Points de gravité à traiter dans le dossier n° 6:**

##### **6.1 Description technologique et relevé des équipements pour:**

- *le circuit d'eau installé pour le transport hydraulique du phosphogypse*
- *l'utilisation pour le transport hydraulique de l'eau technologique (eau condensée) reprise dans l'unité de production d'acide sulfurique*

*Choix du filtre de phosphogypse à installer dans l'unité de production d'acide sulfurique*

*6.2 Choix du séchoir de phosphogypse à utiliser pour l'évaporation de l'eau de rétention et pour la calcination partielle*

*Choix du calcinateur à installer pour la production de phosphogypse anhydre à partir de résidus préséchés*

*6.3 Description technologique et relevé des équipements pour la section des farines crues*

*6.4 Dimensionnement des fours rotatifs et présécheurs*

*Description technologique et relevé des équipements pour le refroidisseur de clinker et le dépeussierage des fumées*

*6.5 Description technologique et relevé des équipements pour*

- . l'installation de lavage des gaz du four*
- . l'unité de production d'anhydride/d'acide sulfurique*
- . l'installation de désulfuration des gaz de fumée*

*6.6 Description technologique et relevé des équipements pour*

- . l'unité de clinker avec son système de chargement*
- . l'unité de production de ciment*

(d) Inputs

Government inputs (i) and UNIDO inputs (ii) will be given by UNIDO in consideration of

- (1) the price for the elaboration of the opportunity study, declared by INDUSTRIE-CONSULT GMBH and will amount to

USD 145,000.--

including the activities for outputs 5 and 6,

- (2) the price for investigation of tests and the elaboration of a test programme for purification of phosphogypsum and technical assistance in Morocco, inclusive will amount to

USD 48,000.--

including the activities 3 and 4,

- (3) the price for pollution control activities 1 and 2 will amount to

USD 27,000.--

These prices do not include the costs for a national staff for co-operation in this field.

## Bibliographie

1. UNIDO Finalreport Identifikation of the needs and development of the phosphogypsum utilization integrated programme. US/UT/INT/02/89/138
2. UNIDO - Rapport Preliminaire. Mise en valeur integree de phosphogypsum. Situation au Maroc. US/UT/INT/02/92/019.
3. Industrie-Consult Berlin and National Consulting Bureau: Seminar on the Utilization of Phosphogypsum to produce Cement and Sulphuric Acid. Istanbul, Turkey, 28-30 October, 1987.
4. Economic Commission for Europe: Use and disposal of wastes from phosphoric acid. United Nations, New York, 1988.
5. UNIDO: Phosphate Fertilizers. Case Study No.4. Conference on ecologically sustainable industrial development. Copenhagen, Denmark, 14-18-October 1991
6. The Economist Intelligence Unit EIU Country Report No. 1 1992: Morocco
7. "Morocco develops its P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> supply capacity." 1985. Phosphorus & Potassium No. 136, (March-April).
8. "Clean, White Phosphogypsum and a Way to Use It." Phosphorus & Potassium No.172, (March-April)
9. EPA 1990 "Phosphoric Acid Production." Chapter 12 in Report to Congress on Special Wastes From Mineral Processing, EPA/530-SW-90-070C, United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, U.S.A.

## **Annexes**

**tabelau 1 - 5**

TABLE 1 MAJOR PRODUCERS OF PHOSPHATE CONCENTRATE AND WORLD PHOSPHATE RESERVES

Country	Mine Production, 1989 <sup>a</sup> (million t)	Reserves <sup>a, b</sup> (million t)	Reserve Base <sup>a, b</sup> (million t)
United States	49.8	1,230	4,440
U.S.S.R.	39.0	1,330	1,330
Morocco and Western Sahara	18.0	5,900	21,440
China	17.0	210	210
Jordan	6.7	90	480
Tunisia	6.6	-	270
Israel	3.9	10	10
Togo	3.4	-	60
South Africa	3.0	2,530	2,530
Senegal	2.3	-	160
Others	13.8	690	2,860
World Total <sup>c</sup>	163.4	12,480	33,790

a. Marketable phosphate concentrate.

b. Refer to U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, Mineral Commodity Summaries 1991 for basis for determining quantity of reserves.

c. Totals may not add due to rounding.

Source: U.S. Bureau of Mines

**Table 2**  
**Summary of OCP's Chemical Plants Currently in**  
**Operation or Under Construction**

Plant	On-stream date	Process description	Capacity t/d
<b>Location: Sali</b>			
<u>Maroc Chimie I</u>			
Phosphoric acid	1965	Rhône Poulenc, dihydrate	4 x 125 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
TSP	1965	CdF Chimie, slurry granulation	2 x 1,000
ASP/NPK	1973	CdF Chimie, slurry granulation	530-700
<u>Maroc Chimie II</u>			
Sulphuric acid	1976	Monsanto, S-burning, single absorption	2 x 1,000
Phosphoric acid	1976	Rhône Poulenc, dihydrate	400-450 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<u>Maroc Phosphore I</u>			
Sulphuric acid	1976	Polimex, S-burning, single absorption	3 x 1,500
	1981	Polimex, S-burning, single absorption	1,500
Phosphoric acid	1976	Nissan, hemihydrate-dihydrate	3 x 500 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	1981	Rhône Poulenc, dihydrate	500 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
MAP, powder	1976	Fisons Minifos	2 x 600
<u>Maroc Phosphore II</u>			
Sulphuric acid	1981	Monsanto, S-burning, single absorption	3 x 1,750
Phosphoric acid	1981	Nissan, hemihydrate/dihydrate	3 x 500 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<b>Location: Jorf Lasfar</b>			
Sulphuric acid	1985/86	Monsanto, S-burning double absorption	6 x 2,300
Phosphoric acid	1985/86	Rhône Poulenc, dihydrate	8 x 500 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Granulation (DAP/ASP/TSP)	1986/87	[ CdF Chimie AZF double pipe reactor CdF Chimie AZF slurry/double pipe reactor	2 x 1,440 DAP/ASP 2 x 1,440 DAP or 1,152 TSP

Table 2a

## PROJECT LISTING

Company	Location	Constructor	Licensur	Product	Capacity '000 t/a	Status	Expected Completion Date
EAST EUROPE RASVUMCHORR	KOLA PENINSULA RUSSIA, C I S			PHOSPHATE ROCK	2500	EXPANSION	
URALKALI	HEREZNIKI, RUSSIA, C I S			KCI	2000	STUDY	1993
AFRICA SEIADCO	SUEZ, EGYPT			NPK-NP-BA	330	STUDY	1994
GENERAL FERTILIZER CO	PALMYRA, SYRIA			TSP	500	BIDDING	1995
OFFICE CHERIFIEN DES PHOSPHATE	● SIDI CHENNANE, MOROCCO	IMEMOSA		PHOSPHATE ROCK MINE (PHOSACID)	EXPAN- SION 660 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DELAYED	1995
	● MAROC PHOSPHORE EL JORF LASFAR MOROCCO					DELAYED	
	● MAROC PHOSPHORE EL JORF LASFAR MOROCCO			APS DAP (PHOSACID) TSP	225 1120 660 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 207 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DELAYED DELAYED DELAYED	
NATIONAL FERTILIZER CO OF NIGERIA	ONNE, NIGERIA			COMPLEX FERTILIZERS	330	STUDY	1994
INDUSTRIES CHIM DU SENEGAL	DAROU, SENEGAL			PHOSACID	100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	STUDY	
SIAPÉ	GABES, TUNISIA			DAP	400	BIDDING	1994
TORORO INDUST CHEM AND FERTS	TORORO, UGANDA			SSP	15 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	STUDY	1993

**Table 3. Production of phosphoric acid and phosphogypsum (and methods of its disposal) in selected ECE countries in 1984 (1985)**

Country	Phosphoric acid production (t P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Phosphogypsum generation (t CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O)	Methods of disposal of phosphogypsum	
			Landfill (tonnes)	Discharge to sea (tonnes)
Austria	35 000 <u>a/</u>	160 000	-	-
Bulgaria	205 000	1 127 000	877 000	-
Czechoslovakia	18 000	74 000	53 000	-
Finland	243 000 <u>b/</u>	1 190 000	1 185 000	-
France	1 122 000	2 960 000	965 000	1 655 000
Germany, Fed. Rep. of	65 000	280 000	10 000	160 000
Greece	198 965	993 914	947 829	-
Italy	240 000	1 247 000	810 000	437 000
Netherlands	430 000	2 130 000	-	2 130 000
Poland	470 000	2 730 000	2 700 000	-
Portugal	61 201	222 129	-	222 129
Spain	649 917	3 364 000	3 331 000	-
Sweden	180 000	800 000	460 000	15 000
Turkey	44 669	236 500	236 500	
United Kingdom	491 000	2 368 000	324 000	2 044 000
United States	13 000 000	65 000 000	62 800 000	2 000 000
<b>Total</b>	<b>17 853 752</b>	<b>84 882 543</b>	<b>74 964 329</b>	<b>8 398 129</b>
<b>Total (percentage)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>88.32</b>	<b>9.89</b>

Source: Replies to ECE questionnaire.

a/ Tonnes of H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

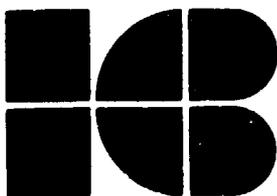
b/ 1985 data.

Table 4    Trace elements in samples of phosphate rock

Element	North African rock (Morocco) (ppm)	United States rock (Florida) (ppm)
Arsenic ( $\text{As}_2\text{O}_3$ )	20	4 - 25
Cadmium (Cd)	17	10
Copper (Cu)	28	5 - 20
Chromium (Cr)	150	up to 90
Lead (Pb)	30	10
Mercury (Hg)	0.5	0.5
Manganese (Mn)	10	100 or more
Nickel (Ni)	16	25 - 75
Uranium (U)	120	200
Zinc (Zn)	200	10

TABLE 5. SUMMARY OF POTENTIALLY HAZARDOUS ELEMENTS IN SELECTED PHOSPHATE CONCENTRATES

Phosphate Concentrate	Element <sup>a</sup>						
	As	Cd	Cr	Hg	Pb	Se	V
	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppb)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
<b>Sedimentary Origin</b>							
Israel (Arad)	4-7 (5.5)	12-17 (14)	- (130)	- (480)	- (2)	- (3)	- (203)
Jordan (El Hassa)	5-12 (8)	3-12 (5)	50-127 (92)	-	- (2)	- (3)	60-81 (70)
Morocco (Khouribga)	10-25 (13)	3-27 (15)	188-212 (200)	- (1,000)	2-29 (10)	- (4)	- (106)
Morocco (Yousoufia)	- (10)	4-19 (15)	-	-	21-22 (21.7)	-	-
Senegal (Taiba)	4-28 (17)	60-115 (87)	- (140)	-	2-10 (6)	- (5)	237-810 (524)
Togo	8-14 (10)	48-67 (58)	- (101)	- (600)	8-9 (8.3)	- (5)	- (60)
Tunisia	4-5 (4.5)	30-56 (40)	- (144)	-	- (4)	- (9)	- (27)
United States (Central Florida)	4-25 (11)	3-20 (9)	37-100 (60)	25-200 (171)	9-55 (17)	2.6-3 (2.8)	70-160 (108)
United States (North Florida)	- (7)	3-10 (6)	62-68 (65)	-	10-13 (12)	-	98-109 (102)
United States (North Carolina)	7-13 (11)	20-51 (38)	129-197 (158)	85-400 (261)	3-20 (8)	- (5)	19-32 (26)
United States (Western Deposits)	14-40 (24)	40-150 (92)	330-1,000 (637)	- (500)	5-16 (12)	4-13 (9)	300-1,73 (769)
<b>Igneous Origin</b>							
Republic of South Africa (Phalaborwa)	5-27 (13)	1-1.6 (1.3)	- (1)	-	- (11)	- (4)	- (8)
U.S.S.R. (Kola)	- (10)	0.3-2 (1.2)	-	- (33)	-	-	-



**INDUSTRIE-CONSULT BERLIN GmbH**

Ingenieur-Betrieb für technisch-ökonomische Beratung  
Görschstraße 45/46 · PSF 55 · Berlin · 0-1100  
Telefon 482 57 38 / 482 57 60 / 471 01 04 · Telex 11-5042 icb  
Telefax 482 57 91