



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th 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 for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper legibility standards, even though the best possible copy was used for preparing the master fiche

Revised

07539

Distr. RESTREINTE

Date : 29 janvier 1975

ASSISTANCE POUR UNE INSTALLATION D'ACIDE SULFURIQUE EXISTANTE ET POUR
L'INDUSTRIE DES ENGRAIS

Republique DOMINICAINE
(IS / DCM / 73 / 013)

Conclusions et recommandations découlant du projet

Rapport final établi pour le Gouvernement de la République Dominicaine

par

M. Jacques Depardieu (Ingénieur E.N.S.C.P. - Licencié ès Sciences)
Expert de l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel ,
Organisation chargée de l'exécution du projet pour le compte du
Programme des Nations Unies pour le Développement

Le présent rapport n'a pas été soumis pour examen à l'Organisation
des Nations Unies pour le Développement Industriel qui , par
conséquent , ne partage pas nécessairement
les vues qui y sont exprimées .

(Kiluti) File copy

TABLE DES MATIERES

	Page
- RESUME	5
- INTRODUCTION	7
- Ière PARTIE	
I - <u>REMISE EN ACTIVITE D'UNE USINE D'ACIDE SULFURIQUE</u>	11
I.1 - ETUDE DE L'USINE D'ACIDE SULFURIQUE	12
I.1.1 - Localisation de l'usine	-
I.1.2 - Renseignements généraux	-
I.1.3 - Implantation générale	-
I.1.4 - Plan général de l'usine d'acide sulfurique	14
I.1.5 - Fonctionnement de l'installation	18
I.1.6 - Installations secondaires	23
I.2 - ESTIMATION DE L'ETAT DU MATERIEL	28
I.2.1 - Liste des principaux documents examinés	-
I.2.2 - Visite détaillée de l'installation	36
I.2.3 - Coût estimatif de la remise en état de l'usine	37
I.3 - PRIX DE REVIENT DE LA FABRICATION D'ENGRAIS	39
I.3.1 - Prix de revient de l'acide sulfurique	-
I.3.2 - Prix de revient de la fabrication de sulfate d'ammoniac	41
I.3.3 - Prix de revient de la fabrication de superphosphate	44
I.3.4 - Rentabilité du projet de remise en activité de l'usine	46
I.4 - CONCLUSIONS SUR LE PROJET DE REMISE EN ACTIVITE DE L'USINE	49
I.4.1 - Du point de vue technique	-
I.4.2 - Du point de vue localisation	-
I.4.3 - Du point de vue commercial	50
I.4.4 - Du point de vue économique	..
I.4.5 - Recommandations	51

.../...

TABLE DES MATIERES (suite)

	page
- 2 ^{ème} PARTIE	
II - <u>ENQUETE SUR LES ENGRAIS EN REPUBLIQUE DOMINICAINE</u>	52
II.1 - IMPORTATIONS D'ENGRAIS EN REPUBLIQUE DOMINICAINE	53
II.1.1 - Importations jusqu'en 1972	-
II.1.2 - Importations pour l'année 1973	-
II.1.3 - Prévisions d'importations pour 1974	54
II.2 - CONSOMMATION D'ENGRAIS EN REPUBLIQUE DOMINICAINE	56
II.2.1 - Statistiques de la F.A.O.	-
II.2.2 - Consommation d'engrais jusqu'en 1973	-
II.2.3 - Formules d'engrais utilisées en République Dominicaine	57
II.2.4 - Prix des engrais	60
II.3 - AUGMENTATION ANNUELLE DES BESOINS EN ELEMENTS FERTILISANTS	61
II.3.1 - Estimation basée sur les importations des dernières années	-
II.3.2 - Projets de développement de l'agriculture	-
II.3.3 - Récapitulation des besoins en éléments fertilisants	64
II.4 - CONCLUSIONS SUR L'ENQUETE CONCERNANT LES ENGRAIS	66
II.4.1 - Du point de vue technique	-
II.4.2 - Du point de vue commercial	-
II.4.3 - Du point de vue économique	67
II.4.4 - Recommandations	-

.../...

TABLE DES MATIERES (suite)

	page
- 3 ^{ème} PARTIE	
III - <u>ETUDE D'UNE INSTALLATION DE FABRICATION D'ENGRAIS NPK</u>	68
III.1 - MATIERES DE BASE POUR LA PRODUCTION DES ENGRAIS NPK	69
III.1.1 - Principe de la fabrication proposée	-
III.1.2 - Choix des matières de base	-
III.1.3 - Matières diverses pour la fabrication des engrais NPK	73
III.1.4 - Capacité de production des engrais NPK	74
III.2 - PROCEDE DE FABRICATION DES ENGRAIS NPK	75
III.2.1 - Neutralisation de l'ammoniac	-
III.2.2 - Addition des sels de potasse	77
III.2.3 - Granulation des engrais NPK	-
III.2.4 - Addition des produits annexes	-
III.2.5 - Equipements de fabrication	78
III.2.6 - Investissements	89
III.2.7 - Compte d'exploitation prévisionnel	94
III.2.8 - Rentabilité de l'installation de production d'engrais NPK	97
III.2.9 - Prix de revient des éléments fertilisants	99
III.3 - COMPLEXE INDUSTRIEL POUR LA PRODUCTION DES ENGRAIS NPK	101
III.3.1 - Fabrication de l'acide phosphorique	102
III.3.2 - Fabrication de l'acide sulfurique	103
III.3.3 - Investissements pour le complexe industriel	-
III.3.4 - Compte d'exploitation pour le complexe industriel	107
III.3.5 - Rentabilité du complexe industriel	110
III.3.6 - Nouveau prix de revient des éléments fertilisants	-
III.4 - CONCLUSIONS SUR LE PROJET DE FABRICATION D'ENGRAIS NPK	113
III.4.1 - Du point de vue technique	114
III.4.2 - Du point de vue localisation	-
III.4.3 - Du point de vue commercial	-
III.4.4 - Du point de vue économique	115
III.4.5 - Recommandations sur la fabrication des engrais NPK	116

.../...

TABLE DES MATIERES (fin)

<u>LISTE DES SCHEMAS</u>		page
No.1 - Implantation générale de l'usine d'acide sulfurique		13
No.2 - Plan général de l'usine d'acide sulfurique		15
No.3 - Schéma général des installations annexes		17
No.4. - Schéma général de l'installation d'acide sulfurique		19
No.5. - Circuit d'eau de chaudière et vapeur pour fusion du soufre		21
No.6 - Schéma de distribution des acides		26
No.7 - Procédé de fabrication des engrais NPK		83
 <u>LISTE DES TABLEAUX</u>		
- Prix de revient de l'acide sulfurique en 1962		32-33
- Prix de revient de l'acide sulfurique en 1974		34
- Estimation du prix de revient de l'acide sulfurique pour 1975		40
- Estimation du prix de revient du sulfate d'ammoniac		43
- Estimation du prix de revient du superphosphate simple		46
- Importations d'engrais de 1970 à 1973		53-54
- Prévisions d'importations d'engrais pour 1974		55
- Consommations d'engrais jusqu'en 1973		56-57
- Formules d'engrais utilisées en République Dominicaine		58-59
- Prix des engrais à Santiago en 1974		60
- Consommation d'engrais prévue pour le riz de 1975 à 1980		63
- Consommation d'engrais prévue pour les haricots de 1975 à 1980		64
- Récapitulation des besoins en éléments fertilisants 1975/1980		65
- Investissements pour un atelier d'engrais NPK de 100.000 T.M./an		93
- Répartition du personnel pour l'atelier d'engrais NPK		96
- Dépenses d'exploitation pour l'atelier d'engrais NPK		97
- Frais financiers et chiffre d'affaires pour l'atelier NPK		98
- Variation de la marge bénéficiaire en fonction de la production		100
- Investissements pour le complexe industriel de 400.000 T.M./an		107
- Dépenses d'exploitation pour le complexe industriel		109
- Frais financiers et chiffre d'affaires pour le complexe industriel		110
- Variation de la marge bénéficiaire du complexe industriel		113

RESUME

Le présent rapport comprend trois parties distinctes qui ont pour objet commun l'industrie des engrais en République Dominicaine.

I - Remise en activité d'une usine d'acide sulfurique (page 11)

Cette usine , située à la sortie de la ville de Santo-Domingo , a été construite pour fournir l'acide sulfurique nécessaire à la production d'explosifs , dans l'enceinte d'une zone militaire (pages 12 à 17) .

Mais les débouchés locaux étaient insuffisants pour absorber les 10 tonnes par jour qui correspondaient à sa capacité de production , et elle a été arrêtée à plusieurs reprises depuis son démarrage en 1954 et définitivement en 1962 .

L'étude du fonctionnement de l'installation (pages 18 à 27) prouve que le procédé n'était pas en cause et il a été proposé en 1970 de la remettre en activité pour la production d'engrais , dans une lettre transmise au Directeur de la Corporacion de Fomento Industrial (C.F.I.) . Mais actuellement , après 12 années d'inactivité , les équipements se sont dégradés de telle manière que leur remise en état équivaldrait à construire une nouvelle usine (pages 28 à 38) .

De plus , la capacité de production théorique de 3.300 tonnes métriques par an est insuffisante pour obtenir un prix de revient compétitif qui serait encore grèvé par l'augmentation du coût de la réparation , estimé à 1 million de RD\$.

Avec l'acide sulfurique produit par cette usine , il ne serait possible de fabriquer que 4.400 tonnes métriques de sulfate d'ammoniac , ce qui couvrirait seulement une très faible partie des besoins locaux , et le prix de revient de cet engrais serait peu intéressant . De même , la possibilité de produire du superphosphate simple doit être rejetée car cet engrais ne correspond pas à un besoin réel du marché local . La rentabilité du projet n'est donc pas assurée (pages 39 à 48) .

Il est donc recommandé d'abandonner le projet de remise en activité de l'usine d'acide sulfurique et d'essayer de revendre le matériel encore utilisable en le faisant expertiser par le constructeur (pages 49 à 51)

.../...

II - Enquête sur les engrais en République Dominicaine (page 52)

L'étude des statistiques établies par la F.A.O. à diverses époques , complétée par les documents transmis par le Secrétariat d'Etat à l'Agriculture pour les années 1973 et 1974 , permet d'évaluer la variation de consommation d'éléments fertilisants pour les années passées (p. 53 à 60)

En utilisant ces renseignements , compte tenu des projets de développement agricole , il est possible d'estimer les besoins en engrais pour la période 1975-1980 . Le taux moyen d'accroissement annuel serait de 19% pour l'azote , 20% pour le P_2O_5 et 15% pour le K_2O (pages 61 à 65)

Il est recommandé de créer une commission pour étudier le marché des engrais et déterminer le nombre de formules nécessaires à l'agriculture , le prix de vente des éléments fertilisants , et le coût de leur importation , puisqu'il n'existe pas de ressources locales (p. 66 et 67) .

III - Etude d'une installation de fabrication d'engrais NPK (page 68)

L'importance du marché Dominicain et le prix de vente des engrais importés actuellement sous la forme de produits finis , justifie la construction d'une usine locale de fabrication de formules NPK (p. 69 à 74)

- soit à partir de produits intermédiaires importés comme l'ammoniac , l'acide phosphorique et l'acide sulfurique
- soit en utilisant des matières premières comme le phosphate et le soufre .

Le procédé et les équipements nécessaires à cette fabrication sont décrits dans le rapport pour une capacité globale de production de 400.000 tonnes métriques par an soit 70% des prévisions de consommation pour 1980 , et deux variantes sont proposées en fonction des matières de base (p. 75 à 88)

- un atelier d'engrais NPK comportant deux unités de 25 T.M./heure pour un investissement global de 21.500.000 RD\$ (pages 89 à 100)
- le même atelier avec les unités de production des acides phosphorique et sulfurique pour un investissement global de 39.000.000 RD\$ (p. 101 à 112)

En calculant le chiffre d'affaires pour divers niveaux de production la rentabilité de l'installation paraît assurée pour une usine fonctionnant très au dessous de sa capacité . Il serait d'ailleurs possible de ne construire qu'une seule ligne d'engrais NPK , mais le prix de revient des éléments fertilisants serait plus élevé dans ce cas (pages 113 à 116) .

INTRODUCTION

Le projet de remise en activité d'une usine d'acide sulfurique située à proximité de la ville de Santo-Domingo (République Dominicaine) a pour origine les éléments suivants :

1 - Le 5 juin 1970 , l'Ingénieur chargé de la Section des Etudes de la Corporacion de Fomento Industrial (C.F.I.) a adressé une lettre à son Directeur pour lui suggérer de remettre en activité une usine d'acide sulfurique dont la production était arrêtée depuis 1962 .

Cette lettre précisait que l'installation , utilisant le " procédé de contact " à l'oxyde de vanadium , avait une capacité de 10 tonnes métriques par jour et pouvait produire de l'oléum à 20% . Avec l'installation voisine d'acide nitrique , de capacité 3 à 5 tonnes par jour , elle permettait de fabriquer des mélanges sulfo-nitriques nécessaires à la production d'explosifs à usage militaire et de dynamite pour les exploitations minières .

L'auteur de la lettre proposait d'utiliser l'acide sulfurique pour fournir le marché local et fabriquer du sulfate d'ammoniac utilisable comme engrais . Les consommations étaient estimées comme suit :

<u>Tonnes métriques</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>
- Acide sulfurique	1.400	1.431	1.462	1.493
- Sulfate d'ammoniac	18.967	19.252	19.541	18.832

Le coût de la réparation était estimé de 1,5 à 2 millions de dollars pour une valeur de l'installation de 6 à 8 millions de dollars au moment de la construction .

2 - Le Secrétariat Technique de la Présidence de la République a adressé une demande d'assistance , le 4 avril 1973 , au Représentant Résident du Programme des Nations Unies pour le Développement en République Dominicaine . Cette demande a été transmise à l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel et confirmée le 13 juillet 1973 .

3 - La fiche de renseignement de l'O.N.U.D.I. a été rédigée le 10 novembre 1973 et le projet enregistré sous le numéro IS/DOM/73/013 .

.../...

Le but du projet est précisé comme suit :

- a) - Remise en activité d'une installation d'acide sulfurique existante
- b) - Assistance pour l'industrie des engrais

Les renseignements complémentaires rappellent que l'usine a été construite entre 1957 et 1959 et arrêtée depuis 1962 . D'autre part la consommation d'éléments fertilisants était estimée globalement à 46.900 tonnes courtes en 1970/1971 , ce qui pouvait justifier l'étude d'une installation de mélange en vrac et d'ensachage .

La mission prévue pour une durée de six mois auprès de la C.F.I. a pour objectifs :

- a) - d'examiner complètement l'installation d'acide sulfurique existante
- b) - de déterminer le matériel et l'équipement nécessaires pour remettre l'exploitation en pleine activité et d'estimer le coût de ce programme
- c) - d'examiner la viabilité de ce programme de remise en activité en fonction des prix de revient actuels comparés aux prix internationaux de l'acide sulfurique , s'il était importé
- d) - de déterminer le marché pour l'acide sulfurique en République Dominicaine pour la fabrication des engrais et pour d'autres usages

Le coût du projet a été chiffré à 15.000 U.S.\$.

4 - Le 15 novembre 1973 le Secrétariat Technique de la Présidence de la République a envoyé une nouvelle lettre pour confirmer :

- a) - que l'usine pouvait produire 10 tonnes métriques par jour d'oléum à 20%
- b) - que l'acide produit serait utilisé dans l'industrie chimique nationale et pour la fabrication des engrais .

5 - La mission a commencé à Vienne le 2 Septembre 1974 par la remise de documents concernant la République Dominicaine en général et la commercialisation des engrais en particulier . Il peut notamment signaler une lettre du Secrétariat à l'Agriculture datée du 14 août 1974 qui précise les importations d'engrais en 1973 et les prévisions pour 1974 . La consommation nationale a été estimée à 232.230 tonnes courtes en 1973 .

6 - L'usine d'acide sulfurique a été visitée pour la première fois le 9 septembre 1974 en compagnie de son ancien Directeur et de son Contrôleur . Elle fait partie d'un ensemble industriel qui comprend par

.../...

ailleurs :

- une unité de fabrication d'acide nitrique
- une unité de fabrication de nitro-cellulose
- une unité de fabrication de nitro-glycéroc
- une unité de fabrication de dynamite
- deux unités de fabrication de poudres pour munitions

D'après son Directeur , la valeur de l'unité d'acide sulfurique était seulement de 500.000 dollars environ au moment de la construction et c'est l'ensemble industriel qui valait 7 millions de dollars . La fabrication a été arrêtée à plusieurs reprises depuis son mise en route et définitivement en 1962 par manque de débouchés pour l'acide sulfurique .

7 - Compte tenu des renseignements recueillis à Vienne et des premiers contacts avec les autorités locales , le programme de travail a été fixé comme suit :

- a) - Analyser les conditions pour la remise en activité de l'usine existante d'une capacité nominale de 10 tonnes métriques par jour d'acide sulfurique . Etudier les possibilités de fabrication d'engrais à partir de cette production et calculer les prix de revient de cet acide sulfurique et de ces engrais .
- b) - Faire une enquête pour déterminer les besoins en engrais de la République Dominicaine pour les prochaines années en tenant compte des formules qui sont utilisées dans l'agriculture locale .
- c) - Etudier les solutions techniques pour la production locale des engrais contenant les éléments fertilisants NPK et estimer le coût de leur fabrication .

Ces objectifs , développés dans le présent rapport conformément à la fiche de renseignements de l'O.N.U.D.I. résumée ci-dessus , correspondent à la mission d'assistance technique demandée par le Gouvernement Dominicain .

8 - En supplément de ce programme , il faut signaler qu'au cours d'une réunion tenue le 17 septembre 1974 au siège de la Corporation de Fomento Industrial , son Directeur a demandé l'avis de l'O.N.U.D.I. sur un projet de construction d'un atelier de production de carbonate de calcium à usages agricole et divers .

.../...

A ce sujet , une lettre a été adressée le même jour à Monsieur le Représentant Résident du Programme des Nations Unies pour le Développement à Santo-Domingo . Après avoir transmis cette demande à l'O.N.U.D.I. , l'étude de ce projet a été autorisée par Vienne le 7 octobre par lettre référence OA 321 DCN (9) .

A la suite de cet accord , la Corporation de Fomento Industrial a ~~été~~ remis le " Rapport d'évaluation du projet de fabrication de carbonate de calcium " le 21 octobre 1974 . Cette étude est datée du 3 mars 1972 .

Les commentaires ainsi que les conclusions et recommandations sur ce projet ont été publiés séparément comme supplément de la mission concernant les engrais en République Dominicaine .

I ère PARTIE

I - REMISE EN ACTIVITE D'UNE USINE D'ACIDE SULFURIQUE

Le premier objectif qui a été défini dans le programme établi au début de cette mission consiste à étudier les possibilités d'utilisation de l'usine d'acide sulfurique, ~~actuellement arrêtée~~, pour approvisionner le marché local et produire des engrais .

Pour répondre à cet objectif , il est d'abord nécessaire de bien connaître l'installation existante , son implantation , son fonctionnement , ses équipements principaux et secondaires . Il faut également faire l'estimation de l'état actuel du matériel et du coût de sa réparation éventuelle .

Compte tenu de ces éléments , il est possible d'estimer les prix de revient des engrais qui seraient fabriqués à partir de l'acide sulfurique produit par cette usine . Ces prix pourront être comparés à ceux qui sont actuellement pratiqués sur le marché local . Il sera également intéressant de considérer la part que représenterait cette fabrication dans le tonnage d'engrais importés et consommés dans la République Dominicaine .

À partir des résultats obtenus , il sera permis d'exprimer une opinion sur l'intérêt que présenteraient ces fabrications , de tirer des conclusions et de proposer des recommandations sur le projet de remise en activité de l'usine d'acide sulfurique .

I.1 - ETUDE DE L'USINE D'ACIDE SULFURIQUE

I.1.1 - Localisation de l'usine

L'installation d'acide sulfurique fait partie d'un ensemble industriel qui était destiné à la fabrication des explosifs . Il est situé à Villa Mella dans la banlieue nord de Santo-Domingo , à l'intérieur d'une zone militaire .

Le rio Isabela , affluent du rio Ozama qui traverse la ville et se jette dans la mer des Antilles (Mer Caribe) passe à proximité des usines et permet l'accès des navires de haute mer jusqu'à 5.000 tonnes .

Le port de Santo-Domingo se trouve à l'embouchure du rio Ozama , mais il existe un quai de déchargement situé près de la route qui dessert les usines et qui constitue un axe de grande circulation traversant la ville du nord au sud (Avenue Maximo Gómez)

I.1.2 - Renseignements généraux

D'après les informations recueillies auprès de l'ancien Directeur , Monsieur Ostozy , et le dépouillement des archives qui ont pu être consultées , l'usine d'acide sulfurique a démarré en juin 1954 pour fournir l'oléum nécessaire à la concentration de l'acide nitrique ainsi que les mélanges d'acide indispensables à la fabrication de la nitrocellulose , de la nitroglycérine et des poudres à munitions .

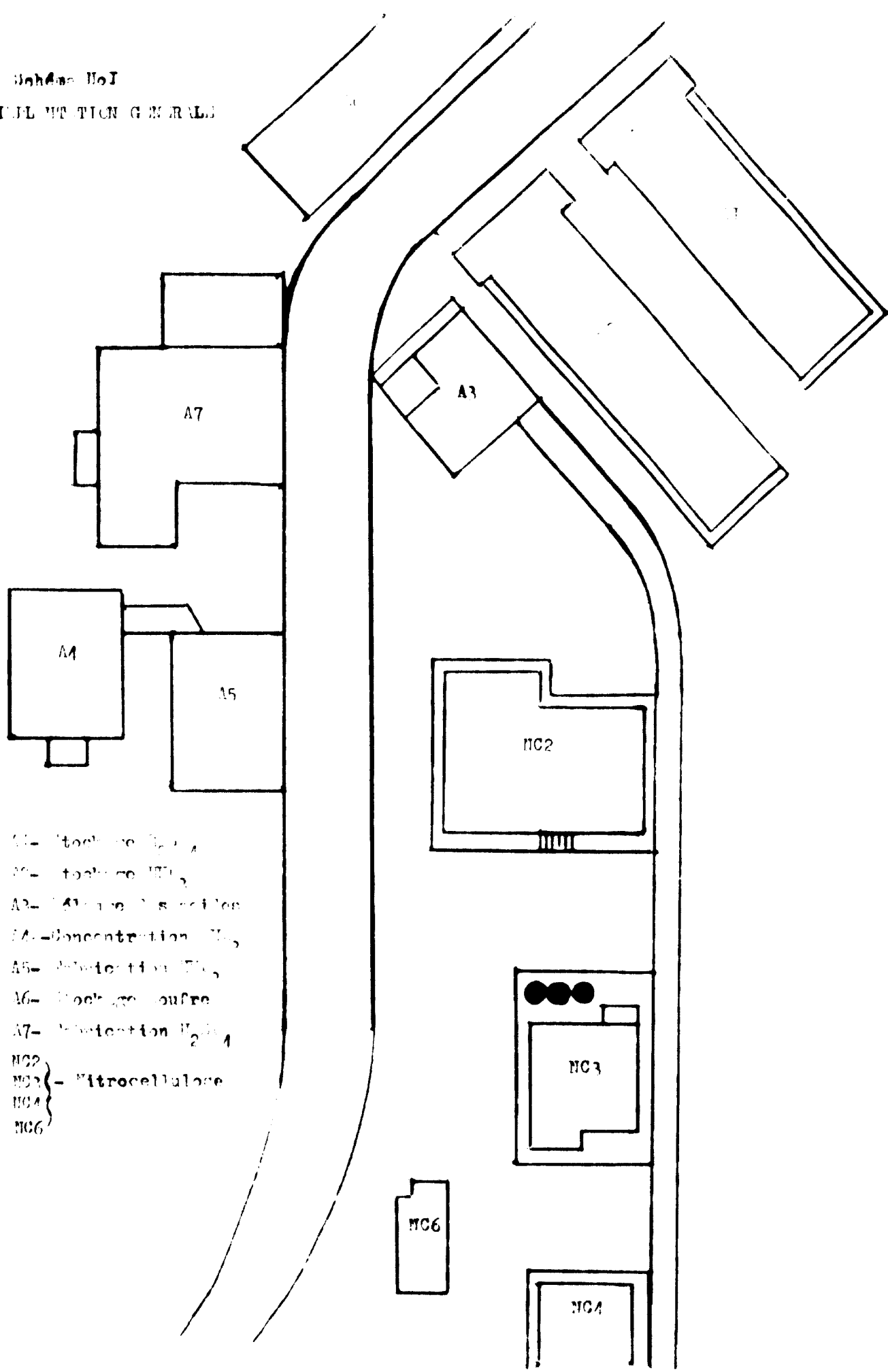
La consommation d'acide sulfurique s'est révélée inférieure à la capacité de production et une partie des surplus ont été vendus à une entreprise extérieure qui fabrique du furfural . Mais cela n'a pas empêché de nombreux arrêts par manque de débouchés . Une installation annexe a d'autre part été construite en 1965 pour fabriquer 1 tonne par jour d'acide pour les batteries d'accumulateurs . Mais elle n'a jamais fonctionné parceque l'installation principale n'a pas été remise en marche depuis 1962 .

I.1.3 - Implantation générale

Le Schéma No.1 indique la disposition des principales installations industrielles . On distingue notamment les parties réservées à la production , au stockage et à l'utilisation des acides (repères A) et les fabrications de nitrocellulose (repères NC) , échelle 1/500

.../...

300000 HoJ
 INFORMATION GENERAL



- A1 - Stockage 2000
- A2 - Stockage 1000
- A3 - 140000 200000
- A4 - Concentration 1000
- A5 - Identification 1000
- A6 - Stockage 1000
- A7 - Identification 1000
- NC2 } Nitrocellulose
- NC3 } Nitrocellulose
- NC4 } Nitrocellulose
- NC6 } Nitrocellulose

- A1- Installation de stockage d'acide Sulfurique
- A2- Installation de stockage d'acide nitrique
- A3- Mélange des acides pour la nitration
- A4- Concentration de l'acide nitrique par l'acide sulfurique
- A5- Fabrication de l'acide nitrique
- A6- Stockage du soufre brut
- A7- Fabrication de l'acide sulfurique
- NC2,3,4,6- Fabrication de nitrocellulose et dérivés

Seules les installations concernant l'acide sulfurique (A1 , A6 , A7) ont été visitées en détails ; les autres usines ne font pas partie de la mission .

I.3.4 - Plan général de l'usine d'acide sulfurique

Le schéma No.2 représente les équipements principaux de l'usine d'acide sulfurique à l'échelle d'environ 1/100 . Les repères ci-dessous correspondent aux équipements suivants :

- Installation de fusion et de grillage du soufre
- 1- Fondeur à soufre
- 2- Bacs de stockage du soufre fondu
- 3- Four de grillage du soufre
- 4- Pompes d'alimentation du soufre fondu
- Circuits d'air pour l'oxydation du soufre
- 5- Compresseur d'air de combustion
- 6- Filtre à air situé à l'entrée de la tour de séchage
- 7- Soufflantes pour la circulation de l'air de procédé
- 9a- Tour de séchage de l'air pour l'oxydation du soufre
- 15- Compresseur d'air pour le refroidissement du contact
- 16- Réchauffeur d'air par échange avec le gaz SO_3
- 25- Séparateur dévésiculeur pour l'air d'oxydation du soufre
- Circuits des gaz SO_2 et SO_3
- 8- Filtres à gaz pour l'anhydride sulfureux SO_2
- 13- Convertisseur pour la catalyse
- 14- By-pass pour le réglage de la température des gaz
- 16 Refroidisseur de l'anhydride sulfurique SO_3 par échange avec l'air d'oxydation du soufre

.../...

- Circuits de l'acide sulfurique
- 9b-Tour d'absorption de l'anhydride sulfurique SO_3
- 9c-Tour d'absorption de l'oléum
- 10a-Bac de circulation de l'acide sulfurique
- 10b-Bac de circulation de l'oléum
- 11a-Pompes de circulation de l'acide sulfurique
- 11b-Pompes de circulation de l'oléum
- 12a-Réfrigérant de l'acide sulfurique pour la tour de séchage d'air
- 12b-Réfrigérant de l'acide sulfurique pour la tour d'absorption de SO_3
- 12c-Réfrigérant de l'acide sulfurique pour la tour d'oléum
- 24- Mélangeur pour l'introduction de l'eau de procédé
- Equipements divers
- 20- Instruments de contrôle
- 21- Chaudière à vapeur pour la récupération des calories de grillage du soufre
- 22- Pompe d'alimentation de l'eau de chaudière
- 23a-Brdleur à diesel-oil
- Installations annexes

Les équipements des installations annexes sont représentés sur le schéma No. 3 :

- 17- Installation de séchage d'air pour le démarrage et le dégazage du contact
- 18- Installation d'absorption et de stockage d'acide pour les batteries d'accumulateurs
- 19- Installation de dilution et de distribution de l'acide sulfurique
- 23b-Bac de stockage du carburant diesel-oil utilisé pour le chauffage de l'installation au démarrage et pompes d'alimentation

Les installations de stockage de l'acide sulfurique sont indiquées sur le schéma No. I .

Pour simplifier le plan général de l'installation , les circuits d'acide sulfurique et de vapeur n'ont pas été représentés . Ils seront détaillés dans les schémas suivants destinés à illustrer le fonctionnement de l'installation .

La liste des équipements de contrôle est donnée ci-dessous :

- 2 rotamètres 0-100 l. pour l'alimentation d'eau
- 1 appareil de mesure pour le sécheur d'air
- 1 appareil de mesure pour la concentration d'oléum

.../...

- 1 appareil de mesure pour la concentration de l'acide sulfurique
- 1 enregistreur pour la concentration de l'acide sulfurique
- 1 débitmètre pour l'air
- 1 enregistreur de température à 6 directions
- 1 indicateur de température à 12 directions
- 1 contrôleur de SO_2 de type MONO

I.1.5 - Fonctionnement de l'installation

Le schéma No.4 permet de suivre le fonctionnement de l'usine d'acide sulfurique d'après les instructions laissées par le constructeur . Il s'agit d'une installation classique construite par la Société ETABLISSEMENT CREDO VADUZ dont le siège se trouve au LIECHTEINSTEIN . Elle utilise du soufre importé dans un procédé de catalyse à l'oxyde de Vanadium (V_2O_5) selon une licence de la Société CHEMIEBAU (République fédérale d' ALLEMAGNE) laquelle a fourni les plans des équipements et de génie civil .

Elle a été prévue pour une production nominale de 10 tonnes/jour d'acide sulfurique à 98% de monohydrate (H_2SO_4) dont une partie pouvait être transformée en oléum contenant 20 à 25% d'anhydride sulfurique (SO_3) libre.

La capacité théorique était donc de 3.300 tonnes par an pour 330 jours de marche effective , ce qui n'a jamais été réalisé par les exploitants en raison du manque de débouchés pour la production .

I.1.5.1 - Fusion du soufre :

Le soufre provenant du magasin de stockage est introduit dans le fondoir (repère I) constitué par une cuve en ciment équipée de serpentins de chauffage à la vapeur (voir également le schéma No.5) . Pour fondre le soufre , la pression de la vapeur doit être maintenue entre 2,7 et 5,5 atmosphères et la température entre 135 et 140°⁰ afin d'obtenir une viscosité minimum du soufre liquide , et d'assurer l'évaporation complète de l'eau d'humidité .

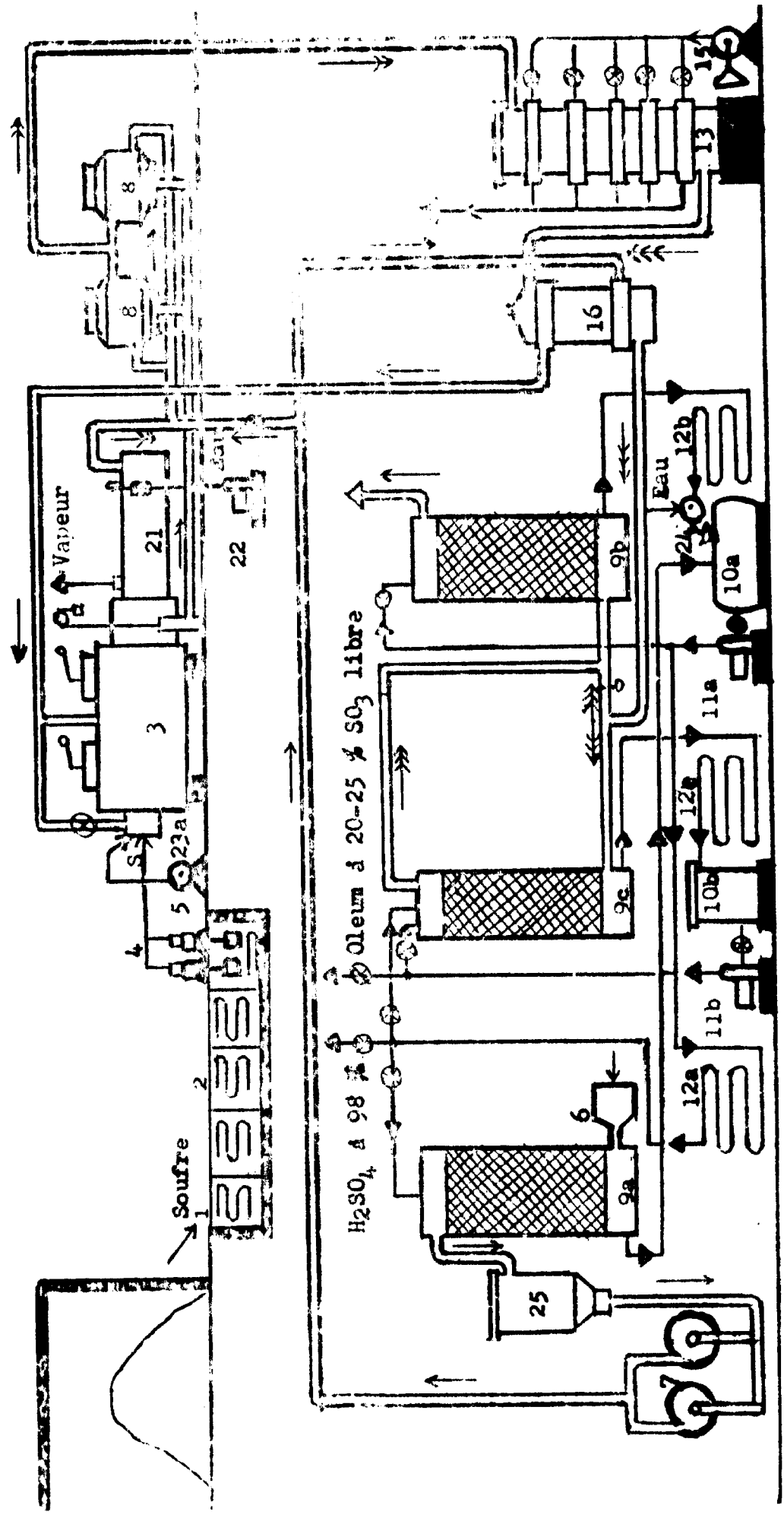
La consommation nominale était de 3.500 kg environ par jour de marche ce qui correspondait théoriquement à 1155 tonnes par an .

Le soufre est maintenu en fusion par une circulation de vapeur dans une cuve de stockage pouvant contenir environ 10 tonnes, soit une

.../...

Schéma No.4 - SCHEMA GENERAL DEL'INSTALLATION D'ACIDE SULFURIQUE A 7

Sens de circulation Air SO₂ SO₃ Acide sulfurique



capacité de trois jours de marche , dans laquelle les impuretés se déposent . Cette cuve comporte 3 compartiments qui peuvent être isolés pour nettoyage ou réparation en marche (repère 2)

Le soufre fondu est ensuite envoyé vers le four de grillage au moyen de 2 pompes verticales de type LEWIS (repère 4) dont une reste en réserve pour assurer la continuité de marche . L' installation est également prévue pour pouvoir changer de brûleur à soufre en cours de marche .

I.3.5.2- Grillage du soufre et production de vapeur :

L'air nécessaire à la combustion est aspiré à travers le filtre (repère 6) dans la tour de séchage (repère 9a) où circule de l'acide sulfurique destiné à éliminer l'humidité atmosphérique . Cet acide , provenant du bac de circulation (repère 10a) au moyen de la pompe (repère 11a) est introduit à une température de 42-44°C et ressort de la tour à une température de 48°C . Les gouttelettes d'acide entraînées éventuellement sont retenues dans un séparateur dévésiculaire (repère 25) .

Une faible partie de l'air est refoulée par 2 compresseurs (repère 15) vers la catalyse pour régler les températures de marche . La plus grande partie est aspirée par 2 soufflantes (repère 7) destinées à fournir l'air nécessaire à l'oxydation du soufre . Dans chaque cas , le deuxième appareil est en réserve .

L'air de procédé est envoyé à un débit nominal de 1.350 Nm³,u vers le four de grillage (repère 3) à travers l'échangeur à gaz (repère 16) où il sert à refroidir l'anhydride sulfurique SO₃ sortant de la catalyse ; ce qui élève sa température entre 250 et 300 °C .

La combustion du soufre dans le four de grillage élève la température des gaz , contenant 7 à 8% d'anhydride sulfureux (SO₂) entre 800 et 900°C à l'entrée de la chaudière à vapeur (repère 21) . On doit régler le débit d'air à l'entrée du four de grillage de manière à maintenir la concentration de SO₂ et la température . Un by-pass permet au besoin d'introduire de l'air frais .

La température des gaz à 800-900°C permet d'obtenir dans la chaudière , modèle SCHMIDT , de la vapeur à une pression de 18 atmosphères . Cette vapeur est utilisée dans l'usine où elle sert notamment à la

.../...

fusion du soufre (schéma No.5) . L'eau nécessaire à la production de vapeur est traitée dans une installation auxiliaire et introduite dans la chaudière au moyen d'une pompe (repère 22) .

Pour le démarrage de l'installation , on remplace le brûleur à soufre par un brûleur à diesel-oil et on sèche l'air sur du gel de silice dans une installation annexe (voir schéma No.3) qui peut débiter 500 m^3 par heure . L'augmentation de température doit s'effectuer très lentement, au rythme de 100°C par jour , jusqu'à obtenir 800°C dans le four à soufre.

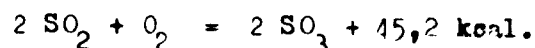
1.1.5.3- Oxydation du soufre - Catalyse :

Les gaz provenant de la combustion du soufre doivent sortir de la chaudière à vapeur à une température de $440-450^\circ\text{C}$. Ils traversent alors deux filtres à quartz disposés de manière à pouvoir être nettoyés séparément en cours de marche . Il existe des by-pass , situés avant les filtres , pour ajuster la température à $400-415^\circ\text{C}$ avant la catalyse en injectant dans le circuit :

- soit de l'air chaud prélevé à la sortie du four de grillage
- soit de l'air frais refoulé par les soufflantes

Le débit total des gaz contenant 7,5% de SO_2 est normalement de $1,650 \text{ Nm}^3$ par heure .

Les gaz entrent ensuite dans le convertisseur , système PAULING (repère 13) qui contient 5 couches de catalyseur à l'oxyde de vanadium pour la transformation de l'anhydride sulfureux en anhydride sulfurique suivant la réaction classique :



Il se dégage $1,032 \text{ kcal./Nm}^3$ de SO_2 qui sont éliminées par l'air de refroidissement provenant du compresseur I5 , grâce à des vannes de réglage disposées de manière à maintenir les températures suivantes :

- sortie 1ère couche de catalyse $545-555^\circ\text{C}$
- sortie 2ème couche de catalyse $510-520^\circ\text{C}$
- sortie 3ème couche de catalyse $465-475^\circ\text{C}$
- sortie 4ème couche de catalyse $440-445^\circ\text{C}$
- sortie 5ème couche de catalyse $410-415^\circ\text{C}$

Il est très important de respecter ces consignes de marche pour obtenir un bon rendement et conserver l'efficacité du catalyseur .

.../...

I.2.5.4- Absorption de l'anhydride sulfurique SO_3

Les gaz sortant du convertisseur à une température de $405-410^{\circ}C$ traversent le refroidisseur (repère I6) où ils circulent à contre-courant de l'air frais provenant des soufflantes de manière à être ramené à une température de $170-175^{\circ}C$. Ils sont répartis entre :

- la tour d'absorption pour la production d'acide sulfurique (repère 9b) dans laquelle circule de l'acide légèrement dilué
- la tour d'absorption pour la production d'oléum (repère 9c) dans laquelle circule de l'acide concentré

Ces deux tours d'absorption contiennent un garnissage en anneaux de grès pour assurer un bon contact entre le gaz SO_3 qui est introduit par le bas et l'acide sulfurique qui est introduit au sommet .

I.2.5.5- Circuits de l'acide sulfurique H_2SO_4

L'acide provenant de la tour d'absorption 9b à la température de $63^{\circ}C$ traverse un réfrigérant à eau (repère I2b) . Sa concentration est ajustée en introduisant l'eau de procédé dans un mélangeur (repère 24) avant l'entrée du bac de circulation (repère I0a) .

L'acide à 98% de monohydrate H_2SO_4 et à une température de $52-58^{\circ}C$ est repris par 2 pompes (repère I1a) , dont une en réserve , qui permettent simultanément :

- d'alimenter la tour d'absorption pour l'acide sulfurique 9b
- d'alimenter la tour de séchage de l'air de procédé 9a
- d'alimenter la tour d'absorption pour l'oléum 9c
- d'envoyer la production vers l'installation annexe de dilution et de distribution (repère I9 du schéma No.3) et vers les bacs de stockage (repère AI du schéma No.I)

Dans les trois derniers cas , l'acide est refroidi à une température de $42-44^{\circ}C$ dans un réfrigérant à eau (repère I2a)

L'acide provenant de la tour d'oléum et qui contient 20 à 25% de SO_3 libre à une température de $48^{\circ}C$ traverse un réfrigérant à eau (repère I2c) avant d'entrer dans le bac de circulation (repère I0b) à une température de $41-45^{\circ}C$. Il est repris par 2 pompes (repère I1b) , dont une en réserve , qui permettent simultanément :

- de faire circuler l'oléum à travers la tour d'absorption 9c
- d'envoyer la production vers les bacs de stockage AI (schéma No.I) .

.../...

L'acide provenant de la tour de séchage 9a , légèrement dilué par l'humidité atmosphérique prélevée à l'air de procédé , et à une température de 48°C, retourne directement au bac de circulation 10a où il se mélange avec l'acide provenant de la tour d'absorption 9b .

I.2.5.6- Caractéristiques de l'installation

Pour assurer une production nominale de 10 tonnes par jour d'acide sulfurique la pression donnée par les soufflantes (repère 7) doit être au total de 975 mm CE (colonne d'eau) à une température de 50°C et à une vitesse de rotation de 4.920 tours par minute . Ce qui permet d'avoir dans les conditions de marche de l'installation :

- une dépression de 200 mm CE à l'aspiration
- une pression de 600 mm CE au refoulement

Les pertes de charge dans l'ensemble de l'installation sont indiquées comme suit :

- Tour de séchage 9a : 30 à 50 mm CE
- Echangeur I6 côté air : 10 à 15 mm CE
- Chaudière 2I : 70 à 100mm CE
- Filtres à gaz 8 : 100 à 110mm CE
- Convertisseur I3 : 100 à 130mm CE
- Refroidisseur I6 côté gaz : 10 mm CE
- Tours d'absorption 9b , 9c : 30 à 40 mm CE
- Ensemble des tuyauteries : 80 à 100mm CE
- Pression résiduelle environ : 80 mm CE

Avec un débit des pompes à soufre correspondant à un pourcentage de SO_2 dans les gaz de grillage égal à 7,5% , le rendement global de l'installation était de 98% environ , pour un minimum garanti de 97,6% et une production d'acide sulfurique concentré à 97-98% de monohydrate H_2SO_4 ou d'oléum à 20-25% de SO_3 .

Remarque :

Selon les informations recueillies auprès de l'ancien Directeur de l'usine , les performances garanties ont été réalisées sans difficulté importante . Quelques modifications de détail ont seulement été nécessaires après la mise en route . Les insuffisances de production constatées sont dues à des causes extérieures à l'installation .

.../...

I.1.6 - Installations secondaires

I.1.6.1 - Production de vapeur et fusion du soufre :

Les circuits de vapeur et de fusion du soufre sont représentés sur le schéma No.5 .

L'eau d'alimentation pour la chaudière , préalablement traitée et réchauffée à 85°C , ainsi que les condensats de vapeur récupérés à la sortie des purgeurs de l'installation de fusion du soufre , sont aspirés par la pompe (repère 22) pour être envoyés vers la chaudière à vapeur (repère 21) .

L'échange de calories avec les gaz provenant du four à soufre (repère 3) élève la pression de la vapeur aux environs de 10 atmosphères . Cette vapeur est détendue au dessous de 5 atmosphères pour fondre le soufre , maintenir sa température dans le bac de stockage à 135-140°C ainsi que dans les tuyauteries reliant les pompes (repère 4) au brûleur du four de grillage .

I.1.6.2- Stockage et distribution des acides :

L'acide sulfurique à 98% ou l'oléum provenant des bacs de circulation (repères 10a et 11a) peuvent être envoyés directement vers l'installation de stockage (repère A1 du schéma NoI) .

Celle-ci comprend 13 réservoirs de 8 mètres de longueur et de 1,50 mètre de diamètre, ce qui correspond à une capacité utile de 14.000 litres, soit 25 tonnes environ d'acide . La capacité totale est donc un peu supérieure à 300 tonnes .

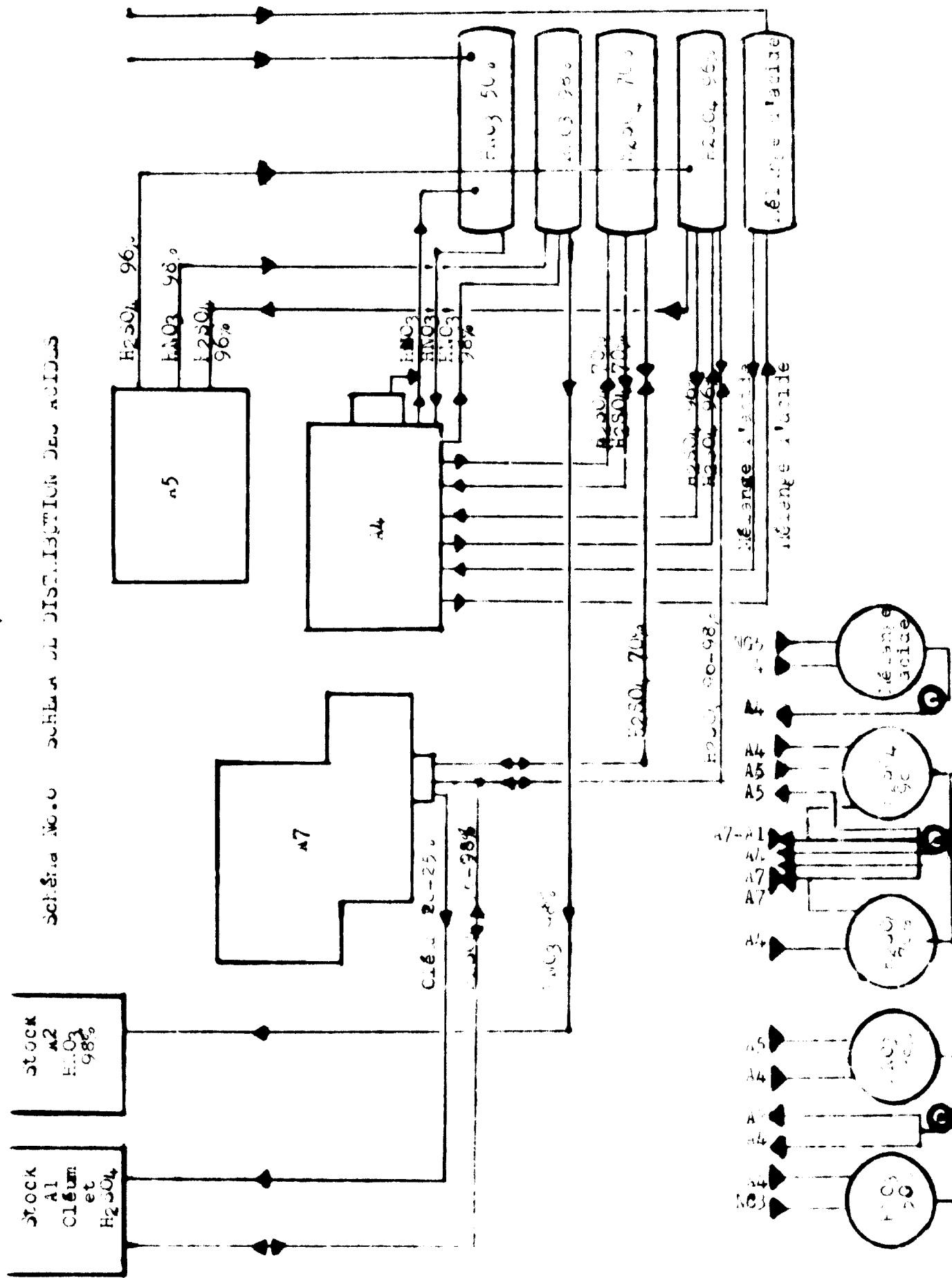
L'un de ces réservoirs est situé dans une fosse de 3 mètres de profondeur pour faciliter l'expédition vers les diverses usines .

L'acide sulfurique peut également transiter par l'installation de dilution (repère 19 du schéma No3) d'où il est envoyé vers la concentration d'acide nitrique (repère A4 du schéma NoI) .

Le schéma No6 représente la distribution générale des acides sulfurique et nitrique telle qu'elle existait au moment de l'exploitation pour la fabrication des explosifs . La plus grande partie de ces installations ne fait pas partie de l'usine d'acide sulfurique et n'a pas été visitée en détails . Cependant les bacs d'oléum sulfurique et les pompes qui servent à la distribution de cet acide ou de l'oléum sont compris dans l'inventaire de cet atelier .

.../...

Schéma No.00 SCHÉMA DE DISTRIBUTION DES ACIDES



I.1.6.3- Installation de séchage d'air

Cette installation figure sur le schéma No3 (repère 17) et comprend :

- 1 ventilateur avec caisson de réchauffage électrique ou à vapeur
- 3 absorbeurs à gel de silice (Silicagel)
- 3 refroidisseurs
- 1 petit ventilateur pour faire circuler l'air

Cet équipement est utilisé au démarrage pour éviter d'introduire de l'humidité dans le convertisseur , ce qui risquerait d'endommager le catalyseur et de corroder l'intérieur des circuits de gaz . Elle est prévue pour un débit de 500 m³/heure avec deux absorbeurs en service et un en régénération , fonctionnant par roulement .

I.1.6.4- Installation d'acide pour batteries d'accumulateurs

Cette installation figure également sur le schéma No3 (repère 18).

Elle a été construite en 1965 pour fournir de nouveaux débouchés à l'acide sulfurique , mais elle n'a pas fonctionné parce que l'usine était arrêtée .

Elle comprend :

- 1 tour d'absorption en grès
- 2 pompes à acide et un réfrigérant en inoxydable
- 10 jarres pour le stockage de l'acide en grès d'une capacité unitaire d'un mètre cube pouvant contenir au total 18 tonnes d'acide environ
- 100 carafes en verre de 57 litres chacune (15 gallons)

I.1.6.5- Stockage du carburant diesel-oil

La citerne utilisée pour l'alimentation du brûleur utilisé pour le réchauffage de l'installation figure sur le schéma No3 (repère 23b) .

I.1.6.6- Distribution d'énergie électrique

L'électricité est distribuée dans les usines par un réseau 230/400V et 50 périodes . Il existe deux sources de courant électrique :

- Un branchement sur le réseau de la Corporacion Dominicana de Electricidad
- Une centrale électrique auxiliaire qui serait suffisante pour alimenter l'usine d'acide sulfurique si les autres usines restaient à l'arrêt :

Elle comprend :

- 1 Alternateur diesel MWH de 410 KVA , 593 Ampères , 375 tours/minute
- 2 Alternateurs diesel MWH de 215 KVA , 125 Ampères , 428 tours/minute
- 1 alternateur diesel de 25 KW , 16 Ampères , 1.5 tours/minute
- 1 convertisseur 60/50 périodes pour le branchement sur le réseau national .

.../...

1.2 - ESTIMATION DE L'ETAT DU MATERIEL

Avant de procéder à l'examen détaillé de l'installation et , pour avoir une idée précise des équipements faisant partie de l'usine d'acide sulfurique , il paraît utile de consulter les archives existantes . Ces archives comprennent un certain nombre de dossiers portant les repères A1 et A7 dans lesquels les documents ont été placés en désordre . Un inventaire succinct des plus importants est donné ci-dessous . La plupart de ces documents sont rédigés en langue allemande , mais il existe quelques traductions en espagnol qui sont signalées .

1.2.1 - Liste des principaux documents examinés

1.2.1.1- Plans généraux et plans de détail de l'usine

D'après les dates indiquées sur certains plans , ils semblent avoir été utilisés au moment de la construction pour proposer diverses solutions concernant notamment l'implantation générale et la disposition des principales installations . Les autres plans existants ont probablement été envoyés par le constructeur après le démarrage de l'usine pour effectuer des modifications ou des réparations . Il existe parfois plusieurs versions d'un même plan et rien ne prouve que le dernier en date est à jour . La liste est très incomplète et serait certainement insuffisante pour une révision générale de l'installation . Les repères utilisés par le constructeur sont indiqués entre parenthèses :

- Implantation générale des usines à l'échelle 1/1.500 (7617) en plusieurs versions différentes (voir schéma No 1)
- Plan général de l'usine d'acide sulfurique A7 au 1/50 (AK 7740-7741) (voir schéma No 2)
- Vue en élévation de l'usine d'acide sulfurique A7 (AK 7742)
- Vue en plan et en élévation de l'usine A7 (AK 7743)
- Salle des moteurs et soufflantes (AK 7433)
- Plan général et élévation (AK 7093a)
- Plan des fondations (AK 7982)
- Fondations des principaux équipements (AK 7922)
- Divers plans d'installation , de fondations et plans de détails (IIOI Nos. I à I4)
- Fondations de la tour de séchage
- Plans de charpentes et de supportage des tubes .

.../...

- Fondeur à soufre , plan de détails (AK 7004a)
- Installation du brûleur à soufre (AK 7401)
- Pompes à soufre (AK 6979b)
- Four à soufre (AK 6962b)
- Façade du four à soufre (AK 7360a)
- Plans du brûleur à soufre (7109 et 6978)
- Plan détaillé de la chaudière (6094)
- Détails sur la chaudières (AK 6930a)
- Détails sur le refroidisseur à gaz SO_3 (AK 6964)
- Tour de séchage de l'air ou d'absorption de SO_2 (AK 6966a)
- Tour d'absorption pour l'oléum (AK 6970a)
- Bac de circulation H_2SO_4 (AK 6974)
- Plan du mélangeur d'acide
- Plan des réfrigérants d'acide
- Installation de séchage d'air (AK 8849) (voir schéma No3)
- Raccordement des circuits de séchage d'air (AK 8144a)
- Plan d'un joint mobile (AK 8143)
- Plan des réservoirs de stockage d'acide (AI - D568)
- Plan général de l'installation de stockage d'acide (ces plans portent le nom de la Société QUIMEX DO BRAZIL) en espagnol
- Plans de détails sur les réservoirs de stockage d'acide
- Plan de l'installation d'acide pour batteries (7742) (voir schéma 3)
- Tour d'absorption de l'oléum pour batteries (15354)
- Plan de détails de la tour d'oléum pour batteries (14889)
- Stockage de 10.000 litres d'oléum pour batteries

1.2.1.2- Schémas et graphiques

Ces schémas ont été certainement établis par le constructeur pour faciliter la lecture des plans et contribuer à la formation du personnel d'exploitation en permettant d'expliquer le fonctionnement des principaux équipements . Ils sont très utiles pour bien comprendre le procédé de fabrication et les plus importants ont été reproduits de manière simplifiée pour faciliter l'étude de l'usine .

- Schéma général de l'installation (820A) (voir schéma No4)
- Plan général de l'usine A7 (voir schémas N°2 et 3)
- Installation de fusion du soufre (849) (voir schéma No 5)

.../...

- Schéma de l'installation d'eau et de vapeur (876a) (voir schéma No5)
- Alimentation électrique des moteurs (AK 7433)
- Schéma unifilaire pour la distribution électrique
- Schéma de régénération et de séchage d'air (I78) en espagnol
- Schéma de séchage d'air (AK 8142)
- Schéma de distribution des acides A1, A2, A4, A5, A7 (voir schéma No6)
- Schéma des pompes de circulation des acides
- Circuits de l'appareil analyseur de gaz
- Courbes de la viscosité du soufre
- Courbes de la densité et de la concentration de l'oléum
- Méthode de calcul du pourcentage d'oléum
- Courbes des concentrations et degrés Baumé en fonction du pourcentage de SO_3 , de H_2SO_4 et de H_2O
- Diagramme enthalpie du mélange $H_2SO_4-SO_3$

I.2.2.3- Instructions de marche et notices d'entretien

Ces documents nécessaires à l'instruction du personnel d'exploitation, complètent utilement les schémas et graphiques précédents. Bien que leur nombre soit limité, ils seraient suffisants à un Ingénieur aidé de techniciens qualifiés pour faire fonctionner l'usine. Ils ont été utilisés pour décrire le fonctionnement de l'installation.

- Règlement général de marche de l'installation (BV 122) allemand et espagnol
- Caractéristiques des soufflantes K.K.K.
- Instructions de marche des soufflantes K.K.K. - espagnol
- Instruction pour le contrôle de l'eau de chaudière
- Mise en marche de la chaudière A7 - espagnol
- Instruction pour la soupape à vapeur
- Instructions de marche pour les appareils sous pression
- Notice sur l'enregistreur de température ~~MAFFERTIN~~ et BRAUN
- Instruction pour les pompes centrifuges (7143)
- Instructions de marche pour le séchage d'air
- Notice concernant le Silicagel
- Instructions de marche pour les pompes d'acide
- Notice concernant les pompes d'acide
- Instructions de montage des pompes à soufre

.../...

- Règlement pour la marche des pompes à soufre - en espagnol
- Instruction pour la distribution électrique
- Instructions diverses pour le montage et l'entretien
- Notice concernant les joints de tuyauteries
- Brochure CHEMIEBAU - Liste des références

I.2.1.4- Feuilles de marche

Ces feuilles de marche sont relatives à la période du 30 juin au 18 août 1954 qui correspond au démarrage de l'installation d'acide sulfurique . Elles ont probablement été conservées pour justifier la réception de l'usine et n'ont qu'une valeur historique .

On trouve également un enregistrement de température du 31 juillet 1955 et une feuille de marche du 3 septembre 1956 .

I.2.1.5- Lettres et rapports divers

Un certain nombre de lettres ont été échangées à l'époque du démarrage entre la Société CHEMIEBAU (Dr. A. Zieren) et ses représentants locaux qui ont participé à la mise en route de l'usine (Dr. V. Moskovits et Dr. Rainer) . La plupart ne présentent pas grand intérêt car elles accompagnent les instructions de marche envoyées d'Allemagne ou les rapports provenant de l'usine . Il faut toutefois signaler en particulier :

- Le certificat de réception de l'installation signé le 24 juillet 1954 par les deux parties concernées .
- Le rapport de démarrage daté du 19 août 1954 , demandant des instructions complémentaires pour la conduite des opérations .
- La lettre du Dr. A. Zieren du 30 octobre 1954 concernant l'installation de séchage d'air .
- La lettre de CHEMIEBAU du 4 novembre 1954 sur l'analyseur de gaz .
- La lettre de CHEMIEBAU concernant le silicofluorure de magnésium .

Certains documents , postérieurs à l'arrêt de l'usine méritent une attention particulière :

- Le rapport du Directeur de l'usine du 27 novembre 1963 , probablement rédigé dans l'hypothèse de nouveaux débouchés pour la production . Ce rapport est intéressant parcequ'il étudie les conditions à réaliser à cette époque pour livrer de l'acide sulfurique à la Central Romana Corporacion , Société qui en avait déjà acheté pour fabriquer du furfural :

.../...

- . en 1955 693.795 kg pour 33.051,14 RD\$
 - . en 1956 923.608 kg pour 43.763,74 RD\$
 - . en 1958 493.489 kg pour 23.490,08 RD\$
 - . total 2.110.892 kg pour 100.305,76 RD\$
- soit un prix moyen de 47,60 RD\$ par tonne .

La situation en 1963 était telle que , pour fabriquer les 1.400 tonnes d'acide prévues pour la C.R.C. , il fallait résoudre les problèmes suivants :

A- Pouvoir utiliser 544 tonnes de soufre alors qu'il ne restait que 456 tonnes en stock . Il était donc nécessaire d'importer théoriquement 88 tonnes (arrondies à 100 tonnes) . Mais si on trouvait d'autres débouchés pour l'acide , il était préférable de faire livrer 250 tonnes .

B- Faire les réparations indispensables concernant notamment :

- . La révision du four à soufre
- . Le remplacement des tubes de chaudière
- . La remise en état du réfrigérant à gaz SO_3
- . Le nettoyage et la révision des filtres à gaz
- . Le renouvellement du catalyseur
- . La réparation des pompes , vannes , conduites et le déplacement du groupe convertisseur électrique .

C- Disposer du temps nécessaire pour ces interventions , soit un délai estimé à 5 ou 6 mois .

E- Pouvoir transporter 10 tonnes par jour d'acide sulfurique jusqu'à l'usine de la C.R.C. alors que cette société avait obtenu l'autorisation d'importer de l'acide parce que les camions de 10 tonnes ne pouvaient franchir le rio Iguamo pour parvenir à leur usine .

En se basant sur la production de 533,75 tonnes de H_2SO_4 pendant la période du 11 septembre au 9 novembre 1962 , le Directeur estimait comme suit le prix de revient :

. Soufre	192.808 kg à 67,71 RD\$ /t	: 13.055,03 RD\$
. Diesel-oil	2.950 gls à 0,306 RD\$/gl	: 902,70
. Electricité usine	7.704 kWh à 0,04 RD\$/kWh	: 308,16
	ville 27.033 kWh à 0,05 RD\$/kWh	: 1.001,65
. Eau		: <u>p.m.</u>
	Matières premières et utilités	: 15.267,54 RD\$

.../...

. Salaires (2 mois)	: 3.001,00 RD\$
. Heures supplémentaires , primes	: 1.395,52
. Pourcentage pour équipe de nuit	: <u>125,69</u>
Frais de personnel	: 4.522,21 RD\$
. Frais généraux (100% des frais de personnel)	4.522,21
. Report matières premières et utilités	: <u>15.267,51</u>
Total général	: 24.311,96 RD\$

soit un prix unitaire de 45,64 RD\$ par tonne .

Pour la vente en 1964 , il est nécessaire de relever les salaires d'environ 15% , ce qui correspond à 1,22 RD\$ par tonne et , en admettant la même augmentation pour les frais généraux on aboutit au prix corrigé de 48,08 RD\$ par tonne .

Mais si on tient compte des salaires normalement payés au personnel de surveillance (soit 4,03 RD\$/t) et si on réduit de 25% les frais généraux pour tenir compte de l'entretien des autres usines , le prix de revient de l'acide sulfurique seul peut être estimé à 41,61 RD\$ par tonne .

- La lettre du 13 janvier 1964 adressée par la Direction de la C.R.C. au Directeur de l'usine pour demander le nouveau prix de vente de l'acide sulfurique pour la fourniture de 1.600 tonnes par an , correspondant à ses projets d'extension . La C.R.C. précise qu'elle importe de l'acide à 30 RD\$ par tonne C.I.F. mais que ce prix allait augmenter .
- La réponse à la lettre précédente ne figure pas dans les dossiers , mais une note du Directeur de l'usine , datée du 22 janvier 1964 , proposait de transporter l'acide par péniches chargées sur le rio Isabela au moyen d'une tuyauterie de 500 mètres de longueur dont le coût est estimé à 2.000 RD\$.
- La lettre de CHEMIEBAU du 24 janvier 1964 en réponse à une lettre du 20 novembre 1963 (qui ne se trouve pas dans les dossiers) pour étudier les conditions de fabrication de superphosphate sur la base de la consommation de 2.000 tonnes d'acide par an .

Cette affaire paraît liée à la précédente car le tonnage indiqué correspond précisément au surplus de capacité disponible dans l'usine d'acide sulfurique , après avoir satisfait la demande de la C.R.C.

CHEMIEBAU estime que le tonnage prévu est insuffisant pour une production rentable . En ne travaillant que 6 heures par jour et 300

.../...

jours par an , on devait seulement consommer 1,11 tonne d'acide sulfurique par heure pour traiter 2,92 tonnes de phosphate . Il suffisait de faire la comparaison avec une usine semblable , située à Hambourg , qui était à la limite de rentabilité en consommant 2,4 tonnes par heure d'acide sulfurique pour produire 1.000 tonnes de superphosphate par mois en travaillant 26 jours à raison de 6 heures par jour .

Le Dr. A. Zioren proposait de chercher d'autres débouchés pour la production d'acide sulfurique en donnant une liste des emplois possibles .

- Il existe un rapport beaucoup plus récent du Directeur de l'usine , daté du 28 février 1974 qui étudie à nouveau la question en reprenant les prix de revient établis précédemment et en réajustant les salaires et les frais généraux ; il estime que la production de 533,75 tonnes d'acide reviendrait à :

• Matières premières et utilités (sans changement)	: 15.267,54 RD\$
• Salaires révisés pour 2 mois	: 4.284,00 RD\$
• Heures supplémentaires et primes	: 1.604,84
• Pourcentage pour équipe de nuit	: <u>144,90</u>
Frais de personnel	: 6.033,74 RD\$
• Frais généraux (100% des frais de personnel)	: <u>6.033,74 RD\$</u>
Total général	27.335,02 RD\$

ce qui correspond à un prix de 51,21 RD\$ par tonne .

Le Directeur estime que les salaires sont insuffisants et qu'il faudrait les augmenter de 11% ce qui porterait le total précédent à 28.646,94 RD\$ et le prix unitaire à 53,67 RD\$ par tonne .

Ce rapport indique par ailleurs que le marché local ne peut absorber que 40 à 50 tonnes par an d'acide pour les batteries d'accumulateurs . De plus il faudrait remettre en route l'ensemble de l'installation et l'isoler des autres usines , ce qui nécessiterait de résoudre quelques problèmes d'ordre technique :

- séparer les circuits d'acide
- séparer les conduites d'eau
- rétablir les conduites de diesel-oil
- résoudre le problème des effluents d'eau acidulée
- revoir la distribution d'énergie électrique . Au cas où la centrale de l'usine ne serait pas remise en route , il faudrait déplacer le convertisseur de 60/50 périodes ou changer tous les moteurs .

.../...

Il se poserait aussi quelques problèmes d'ordre administratif :

- . quel organisme prendrait l'usine en charge ?
- . qui commercialiserait l'acide ?
- . quel personnel utiliserait-on ?
- . comment résoudre la circulation des camions dans la zone militaire ?

En conclusion , considérant que l'usine ne pouvait fonctionner que 10 jours par mois au maximum , le Directeur estimait qu'il faudrait pouvoir vendre l'acide technique 178,50 RD\$ la tonne et l'acide pour batteries 229,50 RD\$ la tonne , en admettant que l'installation d'origine est déjà amortie .

Enfin le rapport signale qu'il reste en stock :

- . 28.020 kg d'acide sulfurique technique
 - . 44.083 kg d'oléum pour batteries
- alors qu'il a été utilisé (probablement depuis l'arrêt de l'usine)
- . 44.108 kg pour la concentration de 23.179 kg d'acide nitrique .

En résumé , la lecture de ces documents permet de constater que le projet de remise en marche de l'usine n'a pu être réalisé pour les raisons suivantes :

- prix de revient trop élevé de l'acide fabriqué par rapport au prix d'importation de 30 RD\$ la tonne en 1963/1964 (vente à la C.R.C.)
- quantité d'acide disponible insuffisante pour justifier la production de superphosphate (opinion de CHEMIEBAU en 1964)
- débouchés insuffisants sur le marché local (opinion du Directeur , notamment en 1974) .

Mais la situation du marché international des engrais a beaucoup évolué ces derniers temps , et , avant d'abandonner définitivement le projet de remise en marche de l'usine , il serait utile de connaître le prix de revient de la fabrication d'engrais , compte tenu des réparations , dans le cas où l'usine fonctionnerait à pleine capacité .

Dans les dossiers qui ont été consultés , il n'existe pas de document concernant le coût de la remise en état éventuelle de l'installation . La visite de l'usine et l'examen extérieur du matériel exposé depuis 12 ans aux intempéries , sans mesures de protection , permet seulement de proposer l'ordre de grandeur de cette estimation .

.../...

1.2.2 - Visite détaillée de l'installation

L'inventaire des principaux équipements de l'usine est indiqué ci-dessous suivant deux listes qui regroupent respectivement :

- le matériel probablement récupérable après réparation
- les équipements à remplacer complètement

1.2.2.1 - Matériel probablement récupérable :

Il faut d'abord préciser que la réutilisation éventuelle de ce matériel nécessiterait de le démonter, le nettoyer, l'inspecter en détails, le réparer au moyen de pièces de rechange à importer, le remonter et procéder à des essais de marche industrielle contrôlés par des spécialistes. Certains équipements devraient être renvoyés chez le constructeur pour leur révision et il est probable qu'il serait difficile d'obtenir des garanties. Peuvent entrer dans cette catégorie :

- le magasin de stockage du soufre brut (qui sert actuellement de cantonnement pour la troupe) après l'avoir déménagé complètement
- le fondoir à soufre et le bac de stockage de soufre fondu à condition de changer les serpentins de chauffage à la vapeur non récupérables
- les pompes à soufre avec leurs moteurs
- le brûleur à diesel-oil avec son réservoir
- le compresseur pour l'injection du diesel-oil
- l'ensemble de l'installation pour l'adoucissement de l'eau de chaudière
- le réservoir d'eau et les tuyauteries pour alimenter la chaudière
- les deux ventilateurs d'air pour le refroidissement du contact
- le filtre à coke pour l'air de procédé
- les deux soufflantes avec leurs réducteurs, moteurs et coffrets de démarrage électrique
- l'équipement de contrôle dans son ensemble
- l'installation de distribution électrique dans son ensemble
- l'installation annexe de séchage d'air pour le démarrage
- la nouvelle installation d'acide sulfurique pour batteries. Celle-ci n'ayant jamais fonctionné paraît directement utilisable car elle est constituée de matières inoxydables

Les bacs de stockage d'acide et d'oléum paraissent également récupérables, mais il serait nécessaire de vérifier les soudures et d'éprouver ce matériel avant de se prononcer définitivement.

.../...

I.2.2.2- Equipement probablement à remplacer :

Tout le reste de l'équipement entre dans cette catégorie soit :

- le four à soufre , en particulier son aménagement intérieur et tous les accessoires de grillage du soufre (brûleur et tuyauteries)
- la chaudière à vapeur pour une pression de 18 atmosphères
- les deux turbo-pompes et la moto-pompe pour l'alimentation de l'eau de chaudière
- les filtres à gaz et leur équipement interne
- l'ensemble du convertisseur de contact
- l'échangeur à gaz air - SO_3
- la tour de séchage d'air , les tours d'absorption d'acide sulfurique et d'oléum avec leur équipement intérieur
- les réfrigérants à tubes pour l'acide sulfurique et l'oléum
- les deux pompes pour acide sulfurique et les deux pompes pour oléum
- l'installation complète de dilution et de distribution de l'acide sulfurique avec ses réservoirs intermédiaires
- toutes les tuyauteries et vannes qui se sont trouvées en contact avec les gaz SO_2 ou SO_3 , avec l'acide sulfurique ou l'oléum

En résumé il faut considérer que 20% environ (en valeur) de l'ensemble de l'installation est récupérable après une révision complète alors que 80% doivent être probablement remplacés en totalité ou en partie pour offrir des garanties suffisantes à une remise en marche éventuelle .

I.2.3 - Coût estimatif de la remise en état de l'usine

En raison de l'insuffisance des plans disponibles , il faudrait certainement avoir recours au constructeur pour effectuer ou superviser la réparation de l'usine en espérant qu'il a conservé les plans de cette installation réalisée depuis 20 ans . Les frais à engager sont estimés comme suit :

- Démontage de l'installation , nettoyage ,
location du matériel de chantier , assurances
locales , achat de pièces de rechange ,
réparations sur place , remontage du matériel
récupéré et essai de ces équipements : 300.000 RDS
à reporter

.../...

Report : 300.000 RD\$

- Déplacement des spécialistes du constructeur , frais d'études et de fourniture des plans , surveillance des travaux , réparations effectuées à l'extérieur , frais de transport , d'assurance et de douane , essais de marche industrielle , garanties sur les pièces réparées :.....	300.000 RD\$
- Remplacement du matériel défectueux , transport , assurance et douane , montage sur place et essai industriel , garanties de fonctionnement :.....	400.000 RD\$

Total	1.000.000 RD\$

Ce montant peut paraître élevé , mais il est utile de rappeler l'ancienneté de ce matériel qui a été calculé spécialement pour cette installation et qui n'existe certainement pas dans le commerce . Il faut admettre que les frais d'études seraient du même ordre que pour réaliser une installation neuve , tandis que les réparations avec garanties entraînent des dépenses très importantes

Compte tenu des remarques précédentes , il est probable que la construction d'une nouvelle usine de même capacité , utilisant des équipements standardisés de l'époque actuelle coûterait sensiblement le même prix en offrant de bien meilleures garanties .

Si on admet que les frais de réparation de l'usine doivent être amortis sur 10 ans et que la production effective serait égale à la production nominale de 10 tonnes par jour pendant 330 jours par an (soit 33.000 tonnes en 10 ans) le prix de revient de l'acide sulfurique fabriqué dans cette installation serait majoré de :

$$\frac{1.000.000}{33.000} = 30 \text{ RD\$ par tonne environ .}$$

Cette majoration n'a pas été prise en compte dans les estimations du prix de revient calculé en 1974 par le Directeur de l'usine . Elle est cependant équivalente au prix d'importation de l'acide sulfurique déclaré par la Central Romana Corporation en 1964 et qui était encore valable sur le marché international en 1973 , en raison de la baisse enregistrée depuis plusieurs années sur le prix du soufre .

En supposant que la décision de réparer l'usine serait prise rapidement , et compte tenu du délai nécessaire estimé à un an , il faut réajuster les prix pour produire à la fin de 1975 .

.../...

1.3 - PRIX DE REVIENT DE LA FABRICATION D'ENGRAIS

La production éventuelle de sulfate d'ammoniac a été proposée par Sr. Ubaldo F. Roa dans sa lettre adressée le 6 juin 1970 au Directeur de la Corporacion de Fomento Industrial (C.F.I.) pour justifier la remise en marche de l'installation d'acide sulfurique . D'après les renseignements communiqués par les représentants de la C.F.I. , il semblerait que cette lettre a été à l'origine de la demande d'assistance technique du Gouvernement Dominicain auprès de l' O.N.U.D.I. . Il paraît donc nécessaire de chiffrer le coût éventuel d'une telle production .

1.3. - Prix de revient de l'acide sulfurique

En admettant que l'installation serait prête à fonctionner à la fin de l'année 1975 pour produire 3.300 tonnes de H_2SO_4 monohydrate par an le prix de cet acide peut être estimé comme suit à cette époque :

1.3.1.- Prix du soufre

Avec le rendement de 98% prévu par les constructeurs théoriquement , la consommation de soufre devrait correspondre à 338 kg par tonne d'acide monohydrate fabriquée . Mais il faut tenir compte des impuretés et des pertes de manutention et de stockage du soufre brut , et le rendement qui ressort des calculs effectués par le Directeur de l'usine dans son rapport du 27/II/63 est seulement de 93% . Ce qui correspondrait à une consommation réelle de 360 kg par tonne (1188 tonnes de soufre par an) .

Le prix du soufre a subi les variations considérables ces dernières années et , bien qu'il soit difficile de faire des pronostics , il peut être estimé à 70 RD\$ par tonne , livré à l'usine en 1975 .

1.3. .2- Prix de l'énergie électrique

La consommation d'électricité indiquée dans le rapport déjà cité correspond à environ 50 kWh par tonne (165.000 kWh par an) . Ce chiffre paraît élevé , mais il faut tenir compte du bas rendement d'une petite installation et de l'énergie utilisée pendant les périodes de démarrage , de panne ou de révision de l'installation qui augmente la consommation par rapport à la production .

.../...

Le prix de 0,05 RD\$ par kWh fourni par le réseau national d'après le Directeur de l'usine devrait certainement augmenter et il paraît prudent d'adopter 0,06 RD\$.

1.3.1.3- Frais de personnel

Les frais comptabilisés dans le rapport déjà cité et réajustés par le Directeur de l'usine pour 1974 s'élèvent à 6.589,70 RD\$ pour deux mois ce qui correspond à 40.138 RD\$ par an . En majorant ce prix de 10% pour tenir compte de l'augmentation générale des salaires en 1975 , la dépense annuelle serait de 44.000 RD\$ environ .

1.3.1.4- Frais généraux

En admettant que les frais généraux (administration , entretien , assurances , impôts , taxes et divers) sont du même ordre que les frais de personnel , le coût annuel serait également de 44.000 RD\$.

1.3.1.5- Récapitulation

Le prix de revient de l'acide sulfurique pour une production de 3.300 tonnes par an serait dans ces conditions :

		<u>RD\$ par an</u>	<u>RD\$ par tonne</u>
- Soufre	1,188 t x 70 RD\$/t	: 83.160	25,20
- Energie	165.000 kWh x 0,06 RD\$/kWh	: 9.900	3,00
- Frais de personnel		: 44.000	13,33
- Frais généraux		: 44.000	13,33
	Total	: 181.060	54,86
- Amortissement des réparations		: 100.000	30,30
	Total Général	: 281.060	85,16

En arrondissant , on aboutit à un prix de revient de 55 RD\$ par tonne d'acide sulfurique monohydrate en stock à l'usine sans tenir compte de l'amortissement des réparations et 85 RD\$ environ avec les amortissements . Ceux-ci représentent 55% du coût de la fabrication .

Même si on admet que le Gouvernement prendrait à sa charge le coût de la remise en état de l'usine pour soulager la trésorerie de la Société d'exploitation , il faut en tenir compte sur le plan national .

.../...

I.3.2 - Prix de revient de la Fabrication de Sulfate d'ammoniac

Il faudrait utiliser le procédé de réaction directe de l'acide sulfurique sur l'ammoniac . Ce procédé consiste à envoyer l'acide sulfurique , préalablement dilué dans une cuve de réaction ou on introduit l'ammoniac rendu gazeux par détente et réchauffage . La quantité d'eau de dilution est ajustée de façon à obtenir une solution saturée qui est envoyée dans une cuve de cristallisation . Les cristaux de sulfate d'ammoniac se forment par refroidissement de la solution saturée . Le sel est séparé de la solution dans uneessoreuse qui , fonctionnant en continu , déverse le produit sur une bande ou vers un tambour rotatif de séchage . La solution est recyclée vers le réacteur tandis que le produit solide est envoyé au stockage .

I.3.2.1- Consommation d'acide sulfurique

Compte tenu des rendements de fabrication , il faut environ 750 kg d'acide sulfurique monohydrate pour produire 1 tonne de sulfate d'ammoniac à 21% d'azote . En utilisant la totalité des 3.300 tonnes d'acide sulfurique , la production serait donc de 4.400 tonnes de sulfate d'ammoniac par an .

I.3.2.2- Consommation d'ammoniac

L'ammoniac anhydre (NH_3) nécessaire à la fabrication d'une tonne de sulfate est estimé à 270 kg compte tenu des pertes de fabrication . Ce qui correspond à 1.188 tonnes par an .

Le prix de ce produit a subi une hausse considérable depuis un an et il est difficile de faire des prévisions sur son coût en 1975 . Compte tenu des frais de transport très élevés de ce produit dans des bateaux spécialisés , la tonne d'ammoniac anhydre rendue à l'usine peut être estimée à 250 RDS .

L'installation de réception et de stockage devrait être calculée en fonction de la taille des navires qui seraient utilisés pour la livraison de l'ammoniac sous forme liquide avec une marge suffisante pour tenir compte des retards possibles dans les délais de transport . Un contrat à long terme devrait être négocié avec le fournisseur de manière à bénéficier d'un prix stable .

.../...

I.3.2.3- Energie électrique et vapeur

La consommation d'énergie électrique diffère suivant le procédé utilisé pour la fabrication. En partant d'un **réacteur** fonctionnant sous une pression supérieure à une atmosphère. En admettant une norme de 25 kWh par tonne de produit fabriqué, les besoins en énergie électrique s'élevaient à 150.000 kWh par an.

La vapeur nécessaire pour chauffer le cœur de réaction et l'air de séchage du produit éventuellement pourrait être fournie par les excédents de l'atelier sulfurique de nos usines (vapeur fatale).

I.3.2.4- Frais de personnel

En admettant qu'on avait du personnel de l'atelier sulfurique en commun avec l'atelier d'engrais (administration, laboratoire, encadrement) la dépense nécessaire peut être réduite de 30% environ soit, par an : $44.000 \times 0,7 = 31.000$ RD\$ en arrondissant.

I.3.2.5- Frais généraux

Pour les mêmes raisons, il est possible de réduire les frais généraux dans les mêmes proportions que les frais de personnel, soit par an : 31.000 RD\$.

I.3.2.6- Investissements et amortissements

Les équipements nécessaires pour un atelier de fabrication de sulfate d'ammoniac comprennent principalement :

- Un réacteur avec son agitateur en matière inoxydable pour la combinaison de l'acide sulfurique dilué et de l'ammoniac gazeux.
- Une cuve de cristallisation en matière inoxydable avec ses accessoires de réchauffage et d'extraction des dépôts solides.
- Uneessoreuse, également en inoxydable, avec évacuation automatique du produit solide et pompe de recyclage de la solution.
- Une bande ou un tambour de séchage avec circulation d'air chaud.
- Un système de récupération des poussières et des brèves de l'installation.
- Un magasin de stockage du produit fini équipé du matériel de reprise et de manutention (bande de mise à stock) .../...

- Un poste d'ensachage et d'expédition

La construction de cet ensemble pourrait s'effectuer pendant la réparation de l'atelier sulfurique en utilisant les mêmes engins de chantier et le même personnel de supervision, ce qui réduirait sensiblement les frais de montage.

Dans ces conditions le coût de cet atelier, livré "clés en main" est estimé globalement à 300.000 RD\$ avec son amortissement sur 10 ans (44.000 tonnes de production) qui reviendrait à 6,82 RD\$ par tonne.

I.3.2.7. Récapitulation

Le prix de revient du sulfate d'ammoniac fabriqué par la combinaison directe de H_2SO_4 et de NH_3 pour une production de 4.400 tonnes par an soit 13,33 tonnes par jour en moyenne serait de :

	<u>RD\$ par an</u>	<u>RD\$ par tonne</u>
- Acide sulfurique 3.300 t x 85,16 RD\$:	281.060	63,88
- Ammoniac 3.300 t x 250 RD\$:	297.000	67,50
- Energie 110.000 kWh x 0,06 RD\$:	6.600	1,50
- Vapeur fournie par l'atelier sulfurique	pn	pn
- Frais de personnel :	31.000	7,05
- Frais généraux :	31.000	7,05
Total :	<u>646.660</u>	<u>146,98</u>
- Amortissement de l'installation :	30.000	6,82
Total Général :	<u>676.660</u>	<u>153,80</u>

Le prix de revient de la tonne de sulfate d'ammoniac à 21% d'azote en stock à l'usine, en vrac, serait d'environ 147 RD\$ sans tenir compte des amortissements et 154 RD\$ avec les amortissements.

Pour la commercialisation du produit en vue de son utilisation directe pour l'agriculture, il faudrait ajouter environ 12 RD\$ pour les frais d'ensachage soit au total 166 RD\$ par tonne pour le prix de revient du produit en sacs.

Il serait possible de se limiter à la production du produit en vrac en admettant qu'il serait livré exclusivement aux Sociétés de mélange et d'ensachage qui existent actuellement.

.../...

I.3.3 - Prix de Revient de la Fabrication de Superphosphate

La production de cette catégorie d'engrais avait été proposée en 1963 pour utiliser les surplus d'acide sulfurique au cas où l'usine aurait été remise en marche pour fournir le marché local. Le prix des engrais phosphatés ayant considérablement augmenté depuis cette époque, il peut être intéressant de calculer le coût actuel de cette production.

Compte tenu de la complexité de la fabrication du superphosphate triple (TSP) qui nécessite la production intermédiaire d'acide phosphorique, il faudrait se contenter du superphosphate simple (SSP) qui peut fournir 20% de P_2O_5 par tonne en utilisant du phosphate de bonne qualité comme matière première. Les estimations ci-dessous sont basées sur cette hypothèse.

Le procédé de fabrication, relativement simple, consiste à mélanger l'acide sulfurique dilué et le phosphate finement moulu avant de laisser murir le produit obtenu dans une installation appropriée pendant que s'opère la réaction chimique. La dilution de l'acide sulfurique est ajustée de façon à obtenir une pâte sèche après mûrissement qu'il suffit d'extraire avec un appareil spécialement adapté avant de l'envoyer au stock. La réaction continue pendant le stockage et il faut utiliser des agents anti-massants ou rebroyer le produit au moment de la reprise.

I.3.3.1- Consommation d'acide sulfurique

Compte tenu des rendements de fabrication et avec du phosphate à 75% de tricalcique (34,3% de P_2O_5) il faut environ 400 kg d'acide sulfurique pour fabriquer une tonne de super simple. La production serait donc de 8.250 tonnes de SSP pour 3.300 tonnes par an d'acide sulfurique.

I.3.3.2- Consommation de phosphate

Le phosphate à 75% de tricalcique nécessaire à la fabrication d'une tonne de superphosphates à 20% de P_2O_5 est estimé à 600 kg environ ; soit une consommation annuelle de 4.950 tonnes de minéral brut pour une production de 8.250 tonnes de SSP.

Compte tenu de l'augmentation récente de ce produit, le coût d'une tonne rendue à l'usine est estimé à 90 RD\$ pour 1975.

.../...

1.3.3.3- Energie électrique

La fourniture d'énergie électrique est surtout nécessaire pour broyer le phosphate de façon à faciliter la réaction chimique avec l'acide sulfurique et améliorer le rendement de solubilité du P_2O_5 . Cette consommation d'énergie varie avec l'origine du phosphate utilisé et il est seulement possible de prévoir une valeur moyenne : 25 kWh par tonne de SSP soit 206.250 kWh par an .

1.3.3.4- Frais de personnel

La même dépense annuelle que celle estimée pour le sulfate d'ammoniac , soit 31.000 RD\$ par an peut être adoptée pour les mêmes raisons que précédemment .

1.3.3.5- Frais généraux

Un montant égal aux frais de personnel peut être adopté , soit 31.000 RD\$ par an .

1.3.3.6- Investissements et amortissements

Les équipements nécessaires pour un atelier de fabrication de superphosphate simple comprennent principalement :

- Une installation de réception et de stockage du minerai de phosphate
- Un broyeur à phosphate avec ses accessoires (ventilateur , cyclone)
- Un mélangeur en matière inoxydable pour l'acidulation du phosphate par l'acide sulfurique dilué
- Un malaxeur pour homogénéiser le produit
- Une cave ou une bande pour le mûrissement du produit
- Un désintégrateur pour extraire le produit mûri
- Un magasin de stockage du produit fini équipé du matériel de reprise et de manutention (bande de mise à stock)
- Un poste d'ensachage et d'expédition

Pour la vente du supersimple destiné à l'utilisation directe dans l'agriculture , il peut être utile de disposer d'un appareil de granulation avant d'ensacher le produit .

En tenant compte des réductions sur les frais de montage , en rap-

.../...

port avec le chantier de réparation de l'atelier d'acide sulfurique , le prix de l'installation de fabrication de supersimple " clés en mains " peut être estimé à 400.000 RD\$ et son amortissement sur 10 ans (82.500 tonnes de production) coûterait 4,84 RD\$ par tonne .

I.3.3.7- Récapitulation

Le prix de revient de la fabrication du superphosphate simple , fabriqué dans un atelier de 8.250 tonnes par an (25 tonnes par jour en moyenne) peut être estimé comme suit :

	<u>RD\$ par an</u>	<u>RD\$ par tonne</u>
- Acide sulfurique 3.300 t x 85,16 RD\$: 281.060	34,07
- Phosphate brut 4.950 t x 90 RD\$: 445.500	54,00
- Energie 206.250 kWh x 0,06 RD\$: 12.375	1,50
- Frais de personnel	: 31.000	3,76
- Frais généraux	: 31.000	3,76
Total	: 800.935	97,09
- Amortissement de l'installation	: 40.000	4,84
Total général :	840.935	101,93

Le prix de revient de la tonne de superphosphate à 20% de P₂O₅ en stock à l'usine , en vrac , serait d'environ 97 RD\$, sans tenir compte des amortissements et 102 RD\$ avec les amortissements .

En ajoutant 12 RD\$ par tonne pour les frais d'ensachage , le prix de revient du produit en sacs serait de l'ordre de 114 RD\$ par tonne .

I.3.4 - Rentabilité du projet de remise en activité de l'usine d'acide sulfurique

Après avoir recueilli les avis du Directeur de l'usine et de son Contremaître , étudié les archives disponibles , estimé l'état du matériel et calculé les prix de revient d'une fabrication éventuelle d'engrais utilisant la totalité de l'acide sulfurique qu'elle pourrait produire , il est possible de formuler une opinion sur la rentabilité du projet de remise en marche de l'installation . Cette opinion est basée sur les considérations exposées ci-dessous :

.../...

I.3.4.1- Valeur de l'installation

Il faut malheureusement reconnaître que , dans son état actuel , l'usine ne représente pas une grande valeur . Il est nécessaire de rappeler également que sa construction date de 20 ans et que son équipement aurait été amorti depuis longtemps si elle avait fonctionné normalement .

Depuis 12 ans qu'elle est arrêtée , à part quelques graissages des appareils tournants qui sont à signaler , l'entretien préventif n'a pratiquement pas été effectué sur l'ensemble des installations existantes , et elles ont subi les intempéries d'un climat tropical peu propice à la conservation du matériel . De plus les gaz SO_2 et SO_3 ainsi que l'acide sulfurique sont particulièrement corrosifs en présence d'humidité .

D'une manière générale , 80% de l'installation ne vaut que le prix de la ferraille qu'elle contient et il sera probablement difficile de trouver des acheteurs pour les 20% qui restent utilisables ou réparables . Dans ces conditions il est peu probable que la liquidation de tout le matériel , compte tenu des frais de démontage et de transport puisse rapporter plus de 100.000 RD\$ nets .

I.3.4.2- Intérêt de la fabrication d'acide sulfurique

Les difficultés rencontrées dans l'exploitation de l'usine ne sont pas imputables au procédé de fabrication . Pendant les périodes de marche , selon l'avis du Directeur , l'installation a fonctionné correctement , avec cependant des rendements inférieurs aux prévisions .

Les principaux obstacles à la production , qui restent toujours variables , proviennent du manque de débouchés et du prix de revient trop élevé . En réalité l'usine avait une capacité trop grande pour la fourniture du marché local , y compris la fabrication des explosifs , et une capacité trop faible pour une exploitation économique .

Le prix de revient de la tonne d'acide sulfurique , sans compter les amortissements de l'installation , a toujours été supérieur au prix de l'importation et cela serait encore vrai actuellement même si on admet que l'Etat prendrait à sa charge les réparations .

Il n'est même pas possible de compter sur une économie de devises puisqu'il faudrait importer le soufre , les équipements et les pièces de rechange nécessaires à la remise en marche de l'usine .

.../...

I.3.4.3- Intérêt de la fabrication de sulfate d'ammoniac

Le prix de revient de cet engrais , qui pourrait être fabriqué à la fin de 1975 à partir de l'acide sulfurique de l'installation existante supposée remise en état , est estimé à 166 RD\$ par tonne , logée en sacs . D'après des informations recueillies localement , ce produit est vendu actuellement 150 RD\$ la tonne courte (soit 165 RD\$ par tonne métrique) dans la ville de Santiago , ce qui correspond au prix de revient estimé . Le projet de fabrication du sulfate d'ammoniac ne serait donc intéressant que si le coût d'importation de ce produit continuait à augmenter , ou si les prix proposés pour les matières premières ont été surestimés .

Même dans ce cas , la fabrication de 4.400 tonnes par an serait très insuffisante par rapport aux besoins nationaux puisque les importations se sont élevées à 97.682 tonnes courtes (88.000 TM) en 1973 .

Cela ne permettrait pas de faire baisser le prix de cet engrais .

I.3.4.4- Intérêt de la fabrication de superphosphate simple (SSP)

Il faut d'abord signaler que cet engrais est de moins en moins utilisé dans l'agriculture où il tend à être remplacé par le superphosphate triple qui contient 46% au lieu de 20% de P_2O_5 . C'est d'ailleurs ce produit qui est actuellement importé en République Dominicaine et vendu 385 RD\$ la tonne courte (soit 424 RD\$ par TM) à Santiago . A ce prix , la tonne métrique de P_2O_5 coûte 923 RD\$.

Le prix de revient du supersimple qui pourrait être fabriqué en 1975 à partir de l'acide sulfurique est estimé à 114 RD\$ par TM , logée en sacs . Ce qui correspond à un prix de revient du P_2O_5 de 570 RD\$ par TM . Si les estimations concernant les coûts des matières premières et autres éléments de calcul sont correctes , cela paraît avantageux en comparaison du prix de vente actuel . Mais il existe d'autres objections à la fabrication de cet engrais :

- le tonnage annuel qu'il serait possible de produire ne fournirait que 1.650 TM de P_2O_5 alors que les importations de TSP en 1973 correspondent déjà à 5.932 TM de cet élément fertilisant ; cela serait insuffisant.
- le supertriple paraît être surtout utilisé pour fabriquer des formules d'engrais MPK et le supersimple n'est pas intéressant pour ce genre de fabrication car son titre est trop faible .

.../...

- pour l'emploi direct du supersimple comme engrais , il faudrait le granuler pour pouvoir utiliser certains appareils d'épandage mécanique et consommer 2,3 fois plus de produit pour avoir la même quantité de P_2O_5 par unité de surface cultivée . Une partie de la différence de prix serait absorbée par des frais de transport , de stockage et de manutention plus élevés en raison de la différence de tonnage .

I.4 - CONCLUSIONS SUR LE PROJET DE REMISE EN ACTIVITE DE L' USINE D'ACIDE SULFURIQUE

En faisant la synthèse des différents éléments qui sont apparus au cours de l'étude de l'installation d'acide sulfurique et de ses possibilités d'utilisation pour la production éventuelle de sulfate d'ammoniac ou de superphosphate simple , il est possible de formuler les opinions suivantes :

I.4.1 - Du point de vue technique

Le procédé utilisé depuis 1954 paraît valable et l'installation a été réalisée correctement pour fabriquer 10 tonnes par jour d'acide sulfurique ou d'oléum .

Mais son état actuel après 12 ans d'arrêt est tel que la remise en état coûterait pratiquement aussi cher qu'une installation neuve de même capacité , laquelle bénéficierait des progrès techniques réalisés depuis 20 ans et offrirait de bien meilleures garanties de fonctionnement .

Il n'apparaît donc pas d'avantage sur le plan technique à réparer les installations existantes .

I.4.2 - Du point de vue localisation

L'usine est installée à Villa Mella , dans la banlieue nord de Santo-Domingo . Elle ne peut être approvisionnée directement que par des navires de petit tonnage (5.000 tonnes maximum) qui seraient déchargés à une distance d'environ 500 mètres .

Cette localisation pouvait se justifier dans la mesure où l'acide sulfurique fabriqué était destiné à l'approvisionnement des usines :

.../...

voisines pour produire des explosifs . Mais celles-ci sont également arrêtées et il ne paraît pas prévu de les remettre en route . Même en supposant qu'elles pourraient fonctionner à nouveau , en raison de leur faible consommation , il serait possible de les approvisionner avec de l'acide sulfurique ou de l'oléum provenant d'autres sources .

De plus , l'usine étant située dans une zone militaire , il se poserait des problèmes administratifs pour la circulation des véhicules et du personnel et pour une exploitation civile en général .

Enfin , en cas d'utilisation de l'acide sulfurique pour fabriquer des engrais , il n'est pas prouvé que la région de Santo-Domingo serait la plus propice .

Il y a donc peu d'avantage à signaler sur le plan localisation .

I.4.3 - Du point de vue commercial

La capacité de 10 tonnes d'acide sulfurique par jour est insuffisante pour justifier la construction d'un nouvel atelier destiné à produire des engrais pour le marché local .

Les deux qualités d'engrais qui peuvent être fabriquées de manière relativement simple pour fournir les éléments azote (sulfate d'ammoniac) ou P_2O_5 (superphosphate simple) ne permettraient de satisfaire qu'une très faible partie des besoins agricoles . De plus le supersimple ne correspond pas à une formule utilisée actuellement .

Les prix de vente seraient probablement trop élevés pour offrir un avantage par rapport à la situation commerciale actuelle et les tonnages seraient trop faibles pour espérer stabiliser les prix .

Il n'existe pas d'avantage apparent sur le plan commercial .

I.4.4 - Du point de vue économique

Le coût élevé de la fabrication et la faible capacité de production ne permettraient pas d'obtenir une exploitation économique et les marges bénéficiaires seraient problématiques .

Aucune matière première locale ne serait valorisée par cette exploitation et les économies de devises sur la valeur ajoutée des produits fabriqués localement seraient annulées par les frais de réparation de l'usine d'acide sulfurique et de construction de l'atelier d'engrais .

.../...

L'agriculture Dominicaine continuerait à dépendre de l'importation pour la presque totalité des engrais qu'elle utilise et subirait les fluctuations de prix du marché international, ce qui a une influence importante sur les revenus des agriculteurs.

La rentabilité économique est donc pas démontrée.

1.4.5 - Recommandations

En raison de l'aspect négatif des opinions exposées précédemment, il est recommandé d'abandonner le projet de remise en marche de l'usine d'acide sulfurique et de renoncer à l'utiliser pour produire des engrais.

Il est possible d'essayer de revendre une faible partie du matériel encore utilisable après avoir demandé au constructeur son avis sur la valeur actuelle de l'installation. La plus grande partie n'est pas récupérable et il faut envisager de l'envoyer à la ferraille.

Pour satisfaire les besoins en engrais de l'agriculture Dominicaine en tenant compte de ses projets de développement, il est nécessaire de réétudier le problème en faisant une enquête sur le plan national. Cela doit permettre de définir les limites pour l'implantation d'une fabrication locale, de préciser les quantités d'engrais et les formules à produire et de trouver la meilleure solution technique pour ce problème.

II ème PARTIE

II - ENQUETE SUR LES ENGRAIS EN REPUBLIQUE DOMINICAINE

Le deuxième objectif de la mission prévoit de déterminer les besoins en éléments fertilisants nécessaires à l'agriculture nationale .

Les engrais utilisés actuellement en République Dominicaine proviennent exclusivement de l'importation . La distribution s'effectue par l'intermédiaire d'un petit nombre de sociétés locales dont les deux plus importantes , FERQUIDO et FERSAN , possèdent les équipements qui permettent d'effectuer des mélanges et de préparer des formules d'engrais complets NPK . Les trois éléments fertilisants , Azote (N) , Phosphore (P sous forme de P_2O_5) et Potassium (K sous forme de K_2O) proviennent des engrais importés .

Mais les tonnages consommés , le coût des importations et du transport , les frais de transformation pour fournir les produits à la demande , augmentent à un rythme tel qu'il est possible de concevoir une fabrication adaptée aux conditions locales . Celle-ci devrait laisser une marge suffisante pour stabiliser ou réduire le coût des fertilisants et demeurer rentable .

Avant d'étudier les solutions techniques qui peuvent être proposées pour une production nationale d'engrais , il est nécessaire de tenir compte de l'évolution actuelle des consommations et des projets de développement de l'agriculture Dominicaine .

II.1. - IMPORTATIONS D'ENGRAIS EN REPUBLIQUE DOMINICAINE

II.1.1 - Importations jusqu'en 1972

Les renseignements recueillis à Vienne au début de cette mission et provenant des statistiques de la F.A.O. sur les importations d'éléments fertilisants en République Dominicaine sont indiqués ci-dessous, en tonnes métriques :

<u>Importations</u>	<u>Azote</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>	<u>Références F.A.O.</u>
1970/71	18.467	10.534	14.207	Annual fertilizer review 1972
1971/72	28.192	13.347	16.617	-do-

II.1.2 - Importations pour l'année 1973

Dans la lettre du Secrétaire d'Etat à l'Agriculture du 14 août 1974 transmise à Vienne, les importations d'engrais pour l'année 1973 correspondent aux tonnages déclarés ci-dessous. Ces renseignements ont été fournis par les Sociétés productrices et vérifiés auprès de la Direction des Douanes et Ports ou au bureau national des statistiques GEDOPEX (Centro Dominicano de Promoción de Exportaciones), en tonnes courtes :

<u>Importations 1973</u>	<u>PERQUIDO</u>	<u>PERSAN</u>	<u>TOTAL</u>
- Urée à 46% d'azote	26.000	18.828	44.828
- Sulfate d'ammoniac à 21% d'azote	52.000	45.682	97.682
- Supertriple à 46% de P ₂ O ₅	6.500	7.715	14.215
- D.A.P. 18-46-0	11.000	9.946	20.946
- Chlorure de potasse à 60% de K ₂ O	24.000	12.917	36.917
- Sulfate de potasse à 50% de K ₂ O	1.000	510	1.510
- Divers NPK	500	-	500
Total	121.000	95.598	216.598
		KETTLE Y ALMANZAR	
- Engrais complet 12-24-12			3.200
- Engrais complet 13-13-13			2.000
- Engrais composé 16-20-0			800
Total			6.000

(suite au tableau page suivante)

.../...

(suite du tableau de la page précédente)

	<u>NITROGENE</u>
- Sulfate d'ammoniac à 21% d'azote	30
- Engrais complets NPK	1.200
Total	1.230
- Total général : 216.598 + 6.000 + 1.230 = 223.828 tonnes courtes	

Pour pouvoir comparer ces tonnages aux renseignements fournis par la F.A.O. , il faut calculer le contenu de ces engrais en éléments fertilisants, compte tenu de leur teneur respective , en tonnes courtes :

<u>Importations 1973</u>	<u>Engrais</u>	<u>Azote</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>
- Urée à 46% d'azote	44.828	20.621	-	-
- Sulfate d'ammoniac à 21% d'azote	97.712	20.589	-	-
- Supertriple à 46% de P ₂ O ₅	14.215	-	6.599	-
- D.A.P. 18-46-0	20.946	3.770	9.637	-
- Chlorure de potasse à 60% de K ₂ O	36.917	-	-	22.150
- Sulfate de potasse à 50% de K ₂ O	1.510	-	-	755
- Engrais complet 12-24-12	3.200	384	768	384
- Engrais complet 13-13-13	2.000	260	260	260
- Engrais complet 16-20-0	800	128	160	-
- Divers NPK (estimation)	1.700	221	221	221
Total (tonnes courtes)	223.828	45.903	17.583	23.770

Après transformation en tonnes métriques , les importations 1973 correspondent approximativement à

- 41.640 tonnes d'azote soit 20,51% du poids total d'engrais
- 17.950 tonnes de P₂O₅ soit 7,86% du poids total d'engrais
- 21.560 tonnes de K₂O soit 10,62% du poids total d'engrais

II.2.3 - Prévisions d'importations pour 1974

La lettre du Secrétaire d'Etat à l'Agriculture déjà citée ci-dessus indique également les estimations pour les importations d'engrais en 1974 établies par les mêmes Sociétés . Les quantités exprimées en tonnes courtes sont reportées dans le tableau suivant :

.../...

<u>Prévisions d'importations 1974</u>	<u>FERQUIDO</u>	<u>FERSAN</u>	<u>TOTAL</u>
- Urée à 46% d'azote	28.000	22.447	50.447
- Sulfate d'ammoniac à 21% d'azote	40.500	58.361	98.861
- Supertriple à 46% de P ₂ O ₅	7.900	11.213	19.113
- D.A.P. 18-46-0	21.000	13.468	34.468
- Chlorure de potasse à 60% de K ₂ O	30.000	15.713	45.713
- Sulfate de potasse à 50% de K ₂ O	550	561	1.111
- Divers NPK	1.500	-	1.500
Total	129.450	121.763	251.213

KETTEL Y ALMANZAR

- Engrais complet 12-24-12		2.000
- Engrais complet 13-13-13		6.000
- Engrais composé 16-20-0		10.000
Total		18.000

NITROFOSKA

- Engrais complet NPK		250
Total général : 251.213 + 18.000 + 250 = 269.463 tonnes courtes		

Comme précédemment, la transformation en éléments fertilisants donnerait les résultats suivants, en tonnes courtes :

<u>Prévisions d'importation 1974</u>	<u>Engrais</u>	<u>Azote</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>
- Urée à 46% d'azote	50.447	23.206	-	-
- Sulfate d'ammoniac à 21% d'azote	98.861	20.767	-	-
- Supertriple à 46% de P ₂ O ₅	19.113	-	8.792	-
- D.A.P. 18-46-0	34.468	6.204	15.855	-
- Chlorure de potasse à 60% de K ₂ O	45.713	-	-	27.428
- Sulfate de potasse à 50% de K ₂ O	1.111	-	-	556
- Engrais complet 12-24-12	2.000	240	400	240
- Engrais complet 13-13-13	6.000	780	780	780
- Engrais composé 16-20-0	10.000	1.600	2.000	-
- Divers NPK (estimation)	1.750	227	227	227
Total (tonnes courtes)	269.463	53.024	28.134	29.231

Après transformation en tonnes métriques, les importations 1974

.../...

devraient correspondre approximativement à :

- 48.100 tonnes d'azote soit 19,68% du poids total d'engrais
- 25.500 tonnes de P_2O_5 soit 10,44% du poids total d'engrais
- 26.500 tonnes de K_2O soit 10,85% du poids total d'engrais

II.2 - CONSUMMATION D'ENGRAIS EN REPUBLIQUE DOMINICAINE

II.2.1 - Statistiques de la F.A.O.

Les renseignements ci-dessous, provenant des statistiques de la F.A.O. figurent dans les documents recueillis à Vienne, en tonnes métriques :

<u>Consommations</u>	<u>Azote</u>	<u>P_2O_5</u>	<u>K_2O</u>	<u>Références F.A.O.</u>
1965/66	10.000	12.000	1.000	Annual fertilizer Review 1967
1970/71	15.676	9.341	12.864	Production Yearbook 1972
1971/72	25.996	12.192	14.549	-do-

En comparant ces tonnages aux importations mentionnées précédemment, il apparaît une différence qui varie de 7,7 à 15% suivant le cas. Mais cette différence peut s'expliquer par le fait que les deux Sociétés, qui utilisent des engrais importés pour fabriquer des formules, réexportent une partie de leur production transformée. Il faut cependant signaler qu'une nouvelle loi (No 10) interdirait actuellement ces exportations d'engrais.

II.2.2 - Consommation d'engrais jusqu'en 1973

La lettre du Secrétaire d'Etat à l'Agriculture, déjà citée, indique la consommation nationale d'engrais pour l'année 1973, en tonnes courtes :

- Sulfate d'ammoniac à 21% d'azote	: 35.357	(soit 32.068 TM)
- Urée à 46% d'azote	: 17.270	(soit 14.964 TM)
- Engrais NPK	: 179.603	(soit 155.900 TM)
Total	232.230	(soit 202.932 TM)

D'autre part le même document donne des informations sur l'activité des usines qui transforment les engrais importés pour produire des formules adaptées au marché local. Les productions des années passées

.../...

sont indiquées comme suit , en tonnes courtes :

<u>Productions FERQUIDO</u>			<u>Productions FERSAN</u>		
- 1960	41.700	NPK	- 1970	23.402	Sulfate à 21% d'azote
- 1961	56.400	NPK		9.583	Urée à 46% d'azote
			15.492	NPK
- 1965	37.100	NPK	- 1973	35.327	Sulfate à 21% d'azote
			17.270	Urée à 46% d'azote
- 1970	68.300	NPK		28.880	NPK
- 1971	86.100	NPK	- 1974	36.819	Sulfate à 21% d'azote
- 1972	108.300	NPK	janvier	7.532	Urée à 46% d'azote
- 1973	5.000	NPK	à		
			juillet	21.832	NPK
<u>Exportations FERQUIDO</u>			<u>Exportations FERSAN</u>		
- 1973	24.730	NPK	- 1973	66	Urée à 46% d'azote
				661	NPK

Ces informations permettent d'avoir une idée générale de la commercialisation des engrais pendant l'année 1973 par exemple :

- La Société FERQUIDO semble avoir utilisé tous les produits qu'elle a importés pour les revendre sous forme de formules NPK dont 20% environ de sa production a été réexportée .
- La Société FERSAN a revendu sur le marché local la plus grande partie (77%) du sulfate d'ammoniac et la presque totalité de l'urée qu'elle a importés , sans les transformer .

Cependant , pour avoir une idée précise des besoins de l'agriculture , il est nécessaire de savoir à quelles formules correspondent les 179.603 tonnes courtes vendues sur le marché intérieur et les 25.391 tonnes courtes vendues à l'exportation sous la dénomination "NPK" , afin de pouvoir déterminer le moyen le plus économique de les fabriquer .

II.2.3 - Formules d'engrais utilisées en République Dominicaine

En reprenant pour base les informations de l'année 1973 , la quantité d'engrais commercialisée sous la forme NPK , y compris l'exportation , correspond à $179.603 + 25.391 = 204.994$ tonnes courtes soit 185.966 tonnes métriques .

La commercialisation d'engrais sous forme de sulfate d'ammoniac

.../...

et d'urée (y compris les 66 tonnes courtes exportées) correspondent à 13.445 tonnes métriques d'azote sur un total de 41.640 tonnes métriques importées . En admettant que la différence , soit 27.995 tonnes métriques , entre dans la composition des formules NPK , cela représente environ 15% du poids des engrais transformés .

Il semble que tout le P_2O_5 importé sous forme de superphosphate triple ou de phosphate diammonique (D.A.P.) ait été transformé en NPK . En ajoutant le P_2O_5 contenu dans les formules importées directement , le total s'élève à 15.950 tonnes de P_2O_5 , ce qui représente 8,6% du poids des engrais transformés .

Il en est de même pour le K_2O importé sous forme de formules préparées , de chlorure ou de sulfate de potasse . Les 21.560 tonnes métriques de K_2O contenues représentent 11,6% du poids des engrais transformés en formules .

Finalement la formule moyenne qui représente le marché local des engrais NPK peut théoriquement s'écrire :

15- 8,6-11,6 pour l'année 1973

En réalité il y a une grande diversité de formules utilisées dans l'agriculture Dominicaine . Un rapport du Secrétariat d'Etat à l'Agriculture , publié en mai 1974 sous le titre " Fertilidad de Suelos , Documento Basico para la Programacion del Desarrollo Agropecuario " , donne la liste reproduite ci-dessous ; pour faciliter leur comparaison , elles sont regroupées de manière à mettre en évidence l'élément fertilisant qui domine :

<u>FORMULES</u>	<u>base Azote</u>	<u>base P_2O_5</u>	<u>base K_2O</u>
<u>Engrais simples</u>	Urée à 46%	Supertriple à 46%	Chlorure à 60%
(importés)	Sulfate à 21%	-	Sulfate à 50%
<u>Engrais binaires</u>	<u>N > P</u>	<u>P > N</u>	<u>K > N</u>
(importés)	-	D.A.P., 18-46-0	-
(fabriqués)	15-10-0	12-24-0	13-0-44
	-	16-20-0	-
	<u>N > K</u>	<u>N = P</u>	<u>N = K</u>
	20-0-15	20-20-0	15-0-15

(suite du tableau page suivante)

(suite du tableau de la page précédente)

<u>Engrais complets</u> (fabriqués)	<u>N - P > K</u>	<u>P - K > N</u>	<u>K - N > P</u>
	20-20-10	6-24-24	16-8-16
	20-20-5	5-20-20	12-6-12
	-	10-15-15	-
	-	5-10-10	-
	<u>N > P ou K</u>	<u>P > N ou K</u>	<u>K > N ou P</u>
	20-10-10	8-32-16	13-13-21
	16-12-8	10-30-10	12-12-21
	16-8-8	10-30-5	16-10-20
	16-10-5	5-30-10	7-15-20
	15-8-14	12-24-12	12-8-14
	15-10-10	12-24-8	8-10-14
	15-4-12	8-24-8	-
	14-8-10	16-20-10	-
	14-8-8	10-20-10	<u>N = P = K</u>
	14-6-10	10-20-5	15-15-15
	14-4-10	5-20-10	13-13-13
	12-6-6	8-18-8	-
	-	6-18-10	-
	-	8-16-8	-

Ce rapport souligne qu'il existe une trop grande variété de formules commercialisées (environ cinquante) . Il faut d'ailleurs remarquer que plusieurs d'entre elles sont équivalentes du point de vue agricole car elles correspondent au même équilibre des éléments fertilisants NPK :

- 20-10-10 , 16-8-8 , 12-6-6 (équilibre 2-1-1)
- 8-32-16 ou 5-20-10 (équilibre 1-4-2)
- 10-30-10 ou 8-24-8 (équilibre 1-3-1)
- 12-24-12 , 10-20-10 ou 8-16-8 (équilibre 1-2-1)
- 6-24-24 ou 5-20-20 (équilibre 1-4-4)
- 16-8-16 ou 12-6-12 (équilibre 2-1-2)
- 15-15-15 ou 13-13-13 (équilibre 1-1-1)

Par exemple , il est possible d'utiliser 100 kg de 20-10-10 ou 125 kg de 16-8-8 pour obtenir la même quantité d'éléments fertilisants .

.../...

D'autres formules ont un équilibre très voisin , et il est probable qu'elles peuvent se remplacer mutuellement . Par exemple :

- 16-8-10 , 14-8-10 , 14-8-8 et 14-6-10
- 12-24-12 , 12-24-8 et 8-18-8
- 13-13-21 et 12-12-21
- 16-10-20 et 12-8-14

Au lieu de fabriquer une faible quantité d'une formule calculée spécialement pour un équilibre particulier des éléments fertilisants , il serait possible sans nuire au rendement agricole d'utiliser une formule voisine plus courante , légèrement plus concentrée en Azote , P_2O_5 ou K_2O . Même si le prix de revient est plus élevé actuellement , il pourrait vraisemblablement être abaissé avec les économies réalisées par la fabrication de plus gros tonnages de formules à usage multiple .

II.2 - Prix des Engrais

Le rapport déjà cité ci-dessus indique le prix de vente des éléments fertilisants à la date du 30 janvier 1974 dans la région de Santiago . Mais des renseignements plus récents (septembre 1974) , recueillis officieusement , accusent une augmentation considérable sur les prix des engrais . Dans le tableau ci-dessous , les prix communiqués en pesos par tonne courte , sont convertis en pesos par tonne métrique , tandis que , pour les éléments fertilisants , les pesos par livre sont transformés en pesos par kilogramme . A titre de comparaison , les prix de janvier 1974 sont signalés entre parenthèses :

Prix des Engrais en magasin à Santiago en 1974	Septembre		Janvier	
	RD\$/TM	Elément	RD\$/kg	RD\$/kg
- Sulfate d'ammoniac à 21% d'azote	165	Azote	0,787	(0,485)
- Supertriple à 46% de P_2O_5	424	P_2O_5	0,923	(0,397)
- Chlorure de potasse à 60% de K_2O	154	K_2O	0,257	(0,220)
- Sulfate de potasse à 50% de K_2O	206	K_2O	0,412	(0,265)
- Formule 15-15-15	234	NPK	0,520	(0,309)

Le prix de l'élément azote provenant de l'urée en janvier 1974 était équivalent à celui du sulfate d'ammoniac (0,485 RD\$/kg) ; il n'a pas été communiqué au mois de septembre .

.../...

La comparaison sur un intervalle de huit mois fait apparaître une augmentation considérable des prix des éléments fertilisants :

- pour l'azote 62%
- pour le P_2O_5 132%
- pour le K_2O du chlorure de potasse 17%
- pour le K_2O du sulfate de potasse 55%
- pour les éléments fertilisants de l'engrais complet NPK 68%

Il faut remarquer que le prix moyen de la formule NPK paraît sous-estimé par rapport aux prix des engrais simples pris séparément et il faudrait confirmer les titres de la formule, donnés seulement de manière indicative.

II.3 - AUGMENTATION ANNUELLE DES BESOINS EN ELEMENTS FERTILISANTS

II.3.1 - Estimation basée sur les importations des dernières années

En comparant les tonnages importés en 1970/71 et les prévisions communiquées pour 1973/74, il est possible de calculer le taux d'augmentation des importations d'éléments fertilisants en République Dominicaine (taux composé) :

- pour l'Azote 260% sur trois ans soit 38% par an
- pour le P_2O_5 242% sur trois ans soit 34% par an
- pour le K_2O 187% sur trois ans soit 23% par an

Pendant il est difficile d'admettre que les consommations d'engrais continueront à augmenter à une cadence aussi élevée pour les prochaines années. En considérant les quantités d'éléments fertilisants calculés pendant cette même période et en se limitant à la moyenne annuelle de tonnage importé, les prévisions peuvent être estimées comme suit (chiffres arrondis) :

- pour l'Azote 30.000 tonnes sur trois ans soit 10.000 tonnes par an
- pour le P_2O_5 15.000 tonnes sur trois ans soit 5.000 tonnes par an
- pour le K_2O 12.000 tonnes sur trois ans soit 4.000 tonnes par an

II.3.2 - Projets de développement de l'agriculture

En plus des estimations précédentes qui sont basées sur les augmentations de consommation d'engrais dans les cultures actuelles, il

.../...

faut tenir compte des projets de développement agricole pour la période 1973/1980 . Ils sont décrits dans le rapport " Evaluacion del Sector Agricola de la Republica Dominicana " daté du 25 mars 1974 . Rédigé par des Experts de l'A.I.D. en collaboration avec le Secrétariat d'Etat à l'Agriculture (S.E.A.) et diverses organisations nationales et international participantes , ce vaste projet prévoit l'utilisation des engrais parmi les principaux moyens proposés pour augmenter les récoltes .

Selon les calculs qui figurent en annexe de l'étude ci-dessus , il apparaîtrait que la différence entre les revenus supplémentaires apportés par les engrais et le coût de ces engrais permettrait d'économiser entre 80 et 100 millions de dollars , selon les fluctuations des prix agricoles et des fertilisants , pendant la période considérée . Compte tenu de cette estimation , il semble intéressant de signaler les principaux passages de cette étude qui ont une répercussion sur la consommation des engrais .

II.3.2.1- Base du projet de développement

Les buts suivants sont pris en considération :

- améliorer le niveau de nutrition de la population en remplaçant les amidons par des protéines
- limiter les importations de produits alimentaires
- augmenter les exportations provenant de l'agriculture et de l'élevage

Etant donné qu'il existe peu de terres cultivables actuellement inutilisées , il faut obtenir un gain optimum des ressources naturelles en sélectionnant les terres ou les cultures et en augmentant l'irrigation , l'emploi des engrais et l'utilisation des produits chimiques pour protéger les récoltes .

La principale culture Dominicaine est la canne à sucre qui a enregistré une récolte record avec 9,5 millions de tonnes courtes en 1973 . Mais cette production est contrôlée par de grandes Sociétés qui disposent déjà des moyens nécessaires pour améliorer les rendements et les utilisent depuis longtemps . L'augmentation de consommation des fertilisants pour la canne à sucre est donc comprise dans les statistiques précédentes .

Il en est de même pour certaines cultures , tabac , café , cacao , maïs , sorgho ... qui ont un caractère traditionnel et où l'emploi des engrais est d'ailleurs limité par le manque de crédits ou l'ignorance des

.../...

producteurs . Dans la mesure où ces secteurs s'organisent et lorsque les cultivateurs sont mieux informés , l'emploi des engrais continue à augmenter au rythme calculé ci-dessus .

Le projet de développement proposé pour les prochaines années se limite aux produits qui répondent aux objectifs : riz , haricots , diverses cultures et élevage .

II.3.2.2- Développement du riz

La production (234.000 tonnes en 1973) doit atteindre 400.000 tonnes en 1980 soit une augmentation moyenne de 10% par an . Pour obtenir ce résultat , il faut noter qu'une récolte de riz de 4.500 kg par hectare perd 18 à 36 kg d'azote , 3,6 à 5,4 kg de P_2O_5 et 23 à 41 kg de K_2O . Dans ces conditions deux options sont proposées pour l'estimation des besoins en fertilisants suivant le rendement recherché :

- rendement modéré : 66 kg/ha d'azote , 45 kg/ha de P_2O_5 , 22,5 kg/ha de K_2O
- rendement élevé : 90 kg/ha d'azote , 45 kg/ha de P_2O_5 , 40 kg/ha de K_2O

L'obtention de hauts rendements exige des additions supplémentaires d'engrais toutes les 6 à 10 semaines et l'emploi de techniques évoluées , difficilement applicables dans le stade actuel . Aussi , en se contentant de rendements modérés , les besoins supplémentaires en éléments fertilisants sont estimés comme suit (en tonnes métriques) :

Années	Azote	P_2O_5	K_2O	Total	Valeur
- 1975	1.780	890	445	3.115	654.200 RD\$
- 1976	2.420	1.210	605	4.235	889.400 RD\$
- 1977	2.900	1.450	725	5.075	1.065.800 RD\$
- 1978	3.600	1.800	900	6.300	1.323.000 RD\$
- 1979	4.160	2.080	1.040	7.280	1.528.700 RD\$
- 1980	6.500	3.250	1.625	11.375	2.388.800 RD\$

Le coût a été évalué à 210 RD\$ par tonne métrique d'élément fertilisant , prix moyen à réajuster au cours de la période considérée . Il faut noter que ce prix est déjà largement dépassé .

... /...

II.3.2.3- Développement des haricots

La production (61.000 tonnes en 1973) doit atteindre 120.000 tonnes en 1980 soit une augmentation moyenne de 10% par an . Ce résultat peut être obtenu en augmentant les surfaces cultivées (20.000 ha supplémentaires) , en utilisant des semences sélectionnées , des insecticides et des engrais : 287 kg par hectare de 16-20-10 .

Le programme établi sur 4 ans (1977/1980) exigeait une consommation globale de 20.000 tonnes supplémentaires d'éléments fertilisants :

Années	Azote	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total	Valeur
- 1977	696	870	434	2.000	420.000 RD\$
- 1978	1.392	1.740	868	4.000	840.000 RD\$
- 1979	2.088	2.610	1.302	6.000	1.260.000 RD\$
- 1980	2.784	3.480	1 796	8.000	1.680.000 RD\$
- Total	6.960	8.700	4.340	20.000	4.200.000 RD\$

II.3.2.4- Autres développements

Il s'agit essentiellement de la culture des plantes oléagineuses (arachide , palme) , des fruits et légumes , en particulier la banane dont l'augmentation est prévue de 3% par an , de l'élevage des troupeaux et des volailles .

Les consommations supplémentaires d'engrais nécessaires à ces besoins n'ont pas été chiffrées , car elles représentent un tonnage peu important et il est nécessaire d'éduquer auparavant les utilisateurs pour pouvoir en développer l'emploi .

II.3.3 - Récapitulation des besoins en éléments fertilisants

En regroupant les informations recueillies à différentes sources , il est possible de dresser un tableau des besoins estimés pour la période 1975/1980 en prenant pour base les importations qui ont été communiquées pour l'année 1974 . Il suffit de supposer que les augmentations enregistrées jusqu'ici vont continuer au même rythme annuel et d'ajouter les besoins nécessaires au programme de développement agricole tel qu'il a été défini ci-dessus .

.../...

Besoins en tonnes métriques		Azote	P_2O_5	K_2O	Total
- 1974	d'après les importations	48.100	25.500	26.500	100.100
	- Accroissement annuel	10.000	5.000	4.000	19.000
	- Développement du riz	1.780	890	445	3.115
- 1975	Total	59.880	31.390	30.945	122.215
	- Accroissement annuel	10.000	5.000	4.000	19.000
	- Développement du riz	2.420	1.210	605	4.235
- 1976	Total	72.300	37.600	35.550	145.450
	- Accroissement annuel	10.000	5.000	4.000	19.000
	- Développement du riz	2.900	1.450	725	5.075
	- " des haricots	696	870	434	2.000
- 1977	Total	85.896	44.920	40.705	171.525
	- Accroissement annuel	10.000	5.000	4.000	19.000
	- Développement du riz	3.600	1.800	900	6.300
	- " des haricots	1.392	1.740	868	4.000
- 1978	Total	100.888	53.460	46.477	200.825
	- Accroissement annuel	10.000	5.000	4.000	19.000
	- Développement du riz	4.160	2.080	1.040	7.280
	- " des haricots	2.088	2.610	1.302	6.000
- 1979	Total	117.136	63.150	52.819	233.105
	- Accroissement annuel	10.000	5.000	4.000	19.000
	- Développement du riz	6.500	3.250	1.625	11.375
	- " des haricots	2.784	3.480	1.736	8.000
- 1980	Total	136.420	74.880	60.180	271.480

Le tableau ci-dessus donne une estimation globale des besoins en éléments fertilisants pour les prochaines années jusqu'en 1980. Mais il n'indique pas sous quelle forme ces engrais seront consommés.

En comparant les tonnages indiqués pour les années 1974 et 1980, il est possible de calculer le taux d'augmentation moyen annuel. Il est estimé comme suit (taux composé) :

- pour l'azote 19% par an
- pour le P_2O_5 20% par an
- pour le K_2O 15% par an

.../...

II.4 - CONCLUSIONS SUR L'ENQUETE CONCERNANT LES ENGRAIS

En faisant la synthèse des informations recueillies sur l'utilisation des engrais en République Dominicaine, il est possible de formuler les opinions suivantes :

II.4.1 - Du point de vue technique

Il existe déjà des Sociétés de mélange et de conditionnement des engrais importés qui ont une capacité suffisante pour satisfaire le marché national et qui ont pu exporter plus de 10% de la consommation intérieure en 1973 .

Les formules d'engrais NPK actuellement commercialisées sont, soit importées directement, soit fabriquées en mélangeant quelques engrais simples tels que l'urée, le sulfate d'ammoniac, le superphosphate triple, le chlorure ou le sulfate de potasse ou un engrais binaire, le phosphate diammonique (D.A.P.). Ces engrais sont eux-mêmes importés sous forme de produits finis pour obtenir les diverses formules réclamées par l'agriculture locale (environ 50) dans lesquelles les éléments fertilisants ont des proportions variables .

II.4.2 - Du point de vue commercial

Les tonnages d'engrais consommés en 1973 correspondent à 202.932 tonnes métriques au total dont 155.900 T.M. de formules NPK . L'augmentation de consommation a été estimée pour les six prochaines années en tenant compte des projets de développement agricole . Ce qui a permis de chiffrer les besoins en éléments fertilisants pour 1980 soit :

- 136.000 T.M. d'azote (augmentation moyenne de 19% par an)
- 75.000 T.M. de P_2O_5 (augmentation moyenne de 20% par an)
- 60.000 T.M. de K_2O (augmentation moyenne de 15% par an)

Le coût des importations et de la transformation de produits déjà finis contenant les éléments fertilisants paraît très élevé par rapport aux prix internationaux, même en tenant compte des augmentations récentes . De plus le marché local comporte un trop grand nombre de formules qui font double emploi, avec les mêmes proportions d'éléments fertilisants sous des

.../...

concentrations différentes . La fabrication de formules standardisées devrait être moins coûteuse .

II.4.3 - Du point de vue économique

L'importation d'engrais finis pour les transformer en formules NPK entraîne une sortie considérable de devises qui se répercute sur les prix des produits agricoles et pèse sur la balance des paiements à l'échelle nationale .

La valeur ajoutée provenant de la transformation des matières premières en produits finis échappe à l'économie Dominicaine ainsi que le bénéfice apporté à l'industrie locale par la fabrication des engrais nécessaires à l'agriculture .

II.4.4 - Recommandations

Le Gouvernement Dominicain a exprimé son intention de donner priorité au développement du Secteur Agricole et a déjà signé avec la Banque Mondiale un accord pour un crédit de 12.000.000 de RD\$ destiné à ce projet . Il faudrait créer une commission , rattachée par exemple au Secrétariat d'Etat à l'Agriculture pour étudier plus particulièrement le problème des engrais . L'assistance d'un Expert agricole serait probablement utile pour étudier le marché des principales régions agricoles et déterminer le tonnage de chaque formule NPK nécessaire aux cultures locales .

Il faudrait d'autre part consulter les principaux pays exportateurs pour connaître les prix des engrais vendus sur le marché international au cours des prochaines années . En comparant ces prix aux coûts des matières premières (soufre , phosphate) et des produits élaborés (ammoniac , acide phosphorique , acide sulfurique) il serait possible de calculer la valeur ajoutée au cours de la fabrication des engrais .

Si ces informations sont du même ordre de grandeur que les estimations proposées précédemment , il serait possible de construire une usine locale qui répondrait aux objectifs suivants :

- réduire ou stabiliser les prix de revient des formules NPK
- conserver les revenus provenant de la transformation des produits importés
- participer à l'industrialisation de la République Dominicaine .

Diverses solutions techniques peuvent être étudiées dans ce but .

III ème PARTIE

III - ETUDE D'UNE INSTALLATION DE FABRICATION D'ENGRAIS NPK

Le troisième objectif de la mission se propose d'étudier un procédé technique moderne permettant de fabriquer des formules d'engrais NPK à des prix de revient avantageux par rapport aux conditions actuelles .

Ce procédé diffère de celui utilisé par les Sociétés locales qui se contentent de mélanger des engrais simples importés pour obtenir une grande variété de formules NPK . Il faut signaler en effet que , malgré l'avantage que comporte la simplicité de cette solution , elle présente plusieurs inconvénients ; en particulier :

- l'importation d'éléments fertilisants sous la forme d'engrais prévus pour être utilisés directement en agriculture ; ce qu'il faut payer au prix fort .
- la transformation locale de ces engrais en formules NPK ; ce qui leur fait subir une opération supplémentaire qui augmente leur prix de revient .
- le mélange de produits de diverses provenances ayant des caractéristiques différentes au point de vue densité et granulométrie ; ce qui ne permet pas d'obtenir des engrais parfaitement homogènes .
- le transport , les manutentions et l'épandage de ces engrais hétérogènes qui provoquent une ségrégation des produits de base et une mauvaise répartition dans les cultures ; ce qui diminue leur efficacité .

Le système de fabrication proposé doit permettre d'éviter ces inconvénients et de fournir des engrais NPK de meilleure qualité dans des conditions plus économiques . L'étude d'une installation adaptée aux besoins de la République Dominicaine doit permettre de chiffrer les investissements nécessaires , de calculer les frais d'exploitation , d'estimer les prix de revient des éléments fertilisants et d'évaluer la rentabilité d'un tel projet .

III.1 - MATIERES DE BASE POUR LA PRODUCTION DES ENGRAIS NPK

III.1.1 - Principe de la fabrication proposée

Au lieu d'employer comme matières de base des engrais simples contenant de l'azote ou du P_2O_5 sous la forme de sels solides, le procédé de fabrication proposé utilise les produits qui ont servi à fabriquer ces engrais simples. Ils se présentent sous une forme liquide et contiennent des éléments fertilisants en solution.

Au cours de la fabrication des formules NPK, les fertilisants solubilisés recristallisent avec le sel de potasse sous la forme d'un engrais complexe qui est granulé. Chaque granule contient donc une même proportion des éléments constitutants et le produit est parfaitement homogène.

III.1.2 - Choix des matières de base

Les formules utilisées dans l'agriculture Dominicaine contiennent des proportions très variables des trois éléments azote, P_2O_5 et K_2O . Mais pour réduire les frais de transport, de stockage et de manutention, les agriculteurs ont intérêt à employer des formules concentrées. Ce qui impose au fabricant de choisir les matières de base qui correspondent à certains critères :

- contenir le maximum d'élément fertilisant par unité de poids
- être disponible à un prix compétitif
- pouvoir se transporter et se manipuler aisément
- convenir au procédé de fabrication des formules NPK

Ces conditions permettent d'orienter le choix des matières de bases adaptées à une production locale d'engrais.

III.1.2.1- Approvisionnement en azote

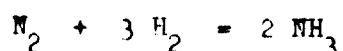
Le produit azoté qui répond le mieux aux critères définis ci-dessus et qui est largement employé dans l'industrie des engrais est certainement l'ammoniac anhydre NH_3 contenant 82,3% d'azote.

Les prévisions de consommation pour 1980 ont été estimées à 136.000 tonnes métriques d'azote, mais une partie de ce tonnage sera probablement utilisée sous la forme d'engrais simples importés sans subir le transfor-

.../...

nation . En admettant les mêmes proportions que pour l'année 1973 (soit 13.45 T.M. sur un total de 41.640 T.M.) la quantité d'azote qui serait consommée en République Dominicaine sous la forme d'engrais NPK se réduirait à 90.000 T.M. pour 1980 . Ce qui correspondrait à l'emploi de 120.000 T.M. d'ammoniac , compte tenu des rendements de fabrication, à condition que la nouvelle installation produise toutes les formules prévues .

L' ammoniac est obtenu par le procédé de synthèse en présence d'un catalyseur suivant la réaction :



L'azote provient de l'air atmosphérique tandis que l'hydrogène est extrait du gaz naturel ou des sous-produits du pétrole disponibles en général à proximité de l'usine . Dans le cas de la République Dominicaine qui ne dispose pas de gaz naturel , il n'apparaît pas rentable de fabriquer l'ammoniac . En effet , même s'il était possible d'utiliser du naphta provenant d'une raffinerie locale , le procédé de fabrication à partir de ce produit serait beaucoup plus coûteux (et à plus forte raison s'il fallait l'importer) . D'autant plus que le niveau de production serait limité à 360 T.M. par jour d'ammoniac pour répondre aux besoins . Par comparaison avec les grandes unités actuelles qui dépassent les 1.000 T.M. par jour et qui disposent de conditions favorables concernant l'énergie et les matières premières , le prix de revient serait quatre à cinq fois plus élevé . Il est donc préférable d'importer l'ammoniac .

Ce produit est gazeux à la température ordinaire et à la pression atmosphérique , et , pour le stocker et le transporter aisément , il est liquéfié selon le cas :

- soit à la température ambiante sous une pression de 12 à 15 atmosphères
- soit à -33°C , température d'ébullition à la pression atmosphérique
- soit à une température et une pression intermédiaires

L'utilisation des basses températures est préférée pour les installations importantes et il existe des navires spécialement équipés pour effectuer le transport . L'ammoniac liquide est manutentionné par pompage dans les ports d'embarquement et de débarquement .

Parmi les régions productrices il faut citer l'Amérique du Nord , l'Europe , le Moyen-Orient et particulièrement le Venezuela et l'île de la Trinité proches de la République Dominicaine .

.../...

III.1.2.2- Approvisionnement en P_2O_5

La meilleure matière phosphatée utilisée pour la fabrication des engrais NPK et répondant aux critères énoncés ci-dessus est l'acide phosphorique sous forme de solution aqueuse concentrée .

En admettant que tout le P_2O_5 prévu pour les besoins agricoles en 1980 proviendrait de la nouvelle installation et serait appliqué sous la forme d'engrais NPK , il faudrait disposer de 78.000 T.M. de cet élément fertilisant pour tenir compte des rendements de fabrication et des pertes de manutention .

La fabrication de ce produit en République Dominicaine pour couvrir tous les besoins estimés pour 1980 correspondrait à une unité de 273 T.M. de P_2O_5 par jour alors que les unités modernes , pour être économiques dépassent actuellement 500 T.M. par jour . De plus il faut pouvoir disposer de l'acide sulfurique nécessaire pour attaquer le phosphate tricalcique suivant la réaction :



Ce qui conduit à construire une unité d'acide sulfurique ou à importer ce produit .

Le prix de revient de la fabrication locale de l'acide phosphorique à partir de phosphate et de soufre importés peut être estimé en fonction de la capacité choisie pour l'usine de production d'engrais NPK ; mais il faut signaler qu'il existe un nouveau marché à partir de pays exportateurs tels que le Mexique , les Etats Unis d'Amérique , l'Europe , la Tunisie , et bientôt le Maroc , qui permet d'approvisionner cet acide en limitant les investissements . Cette solution sera étudiée en priorité .

L'acide phosphorique est commercialisé généralement sous la forme de solution aqueuse avec une concentration de 50 à 54% de P_2O_5 , ce qui correspond à environ 150.000 T.M. à 52% pour les besoins prévus en 1980 en République Dominicaine pour toutes les formules NPK . Le transport est effectué par des bateaux-citernes spécialisés et le produit est chargé ou déchargé par pompage .

Au cas où la solution de fabriquer sur place l'acide phosphorique et l'acide sulfurique serait retenue , l'usine de fabrication des engrais serait un véritable complexe industriel fonctionnant à partir de matières premières importées .

.../...

III.1.2.3- Approvisionnement en acide sulfurique

Les prévisions de consommation pour 1980 correspondent à 90.000 T.M. d'azote et 75.000 T.M. de P_2O_5 . La réaction chimique entre l'ammoniac et l'acide phosphorique permet d'obtenir du phosphate d'ammoniac, produit dans lequel le rapport $\frac{\text{Azote}}{P_2O_5}$ peut varier suivant les proportions des éléments constitutants. Mais, dans l'industrie, le sel stable le plus concentré en azote est le phosphate diammoniac (D.A.P.) 18-46-0.

En admettant que tout l'acide phosphorique utilisé dans la nouvelle installation servirait à neutraliser l'ammoniac dans la proportion du D.A.P., il y aurait seulement : $\frac{75.000 \times 18}{46} = 29.300$ T.M. d'azote transformées.

La différence soit : $90.000 - 29.300 = 60.700$ T.M. d'azote doit être obtenue sous une autre forme.

La neutralisation de l'ammoniac par l'acide sulfurique permet d'obtenir du sulfate d'ammoniac qui a l'avantage d'apporter du soufre, utile pour certaines cultures. Le titre commercial de ce sel est de 21% d'azote, ce qui, pour une production de 60.700 T.M. nécessite l'emploi de 220.000 T.M. d'acide sulfurique commercial titrant 97% de H_2SO_4 nonhydraté.

La fabrication éventuelle de cet acide en République Dominicaine correspondrait à une unité de 666 T.M. par jour alors que les installations modernes atteignent actuellement 1.500 T.M. par jour pour être économiques. Cette solution sera cependant étudiée en même temps que la production d'acide phosphorique. Mais il est également possible d'importer l'acide sulfurique à partir de nombreux pays industrialisés, de le transporter dans des bateaux-citernes et de le manutentionner par pompage dans les ports de chargement et de déchargement.

- Nota : Dans les usines de production d'engrais qui se trouvent à proximité d'une usine d'ammoniac, il est possible de fabriquer de l'acide nitrique pour neutraliser l'ammoniac sous forme de nitrate dont la concentration en azote peut dépasser 34%. Ce produit est intéressant pour obtenir des formules concentrées, mais il est assez instable et dangereux à manipuler et à stocker (risques d'incendie et d'explosion). C'est pourquoi il paraît préférable d'employer l'acide sulfurique, facile à transporter et disponible sur le marché international. Il faut d'ailleurs remarquer que le nitrate d'ammoniac n'est pas utilisé actuellement en République Dominicaine.

.../...

III.1.2.4- Approvisionnement en K_2O

Dans le procédé proposé pour la fabrication de l'engrais ~~XXX~~, la potasse entre comme un produit d'addition qui n'intervient pas dans la réaction chimique. Les matières de base restent donc, comme actuellement, le chlorure à 60% ou le sulfate à 50% de K_2O .

Le chlorure est commercialisé sous forme cristallisée à partir des lieux de production qui sont presque toujours situés à proximité des gisements miniers. Le sulfate est obtenu en faisant réagir l'acide sulfurique sur le chlorure ou sur le minerai.

Pour la consommation prévue en République Dominicaine en 1980, il faudrait importer environ 100.000 T.M. de sels de potasse, en grande majorité du chlorure.

Il existe des gisements de potasse au Canada, en Allemagne, en France, en Pologne, en Espagne et dans divers pays d'Afrique. Ce produit est commercialisé par des sociétés internationales.

III.1.3 - Matières diverses pour la fabrication des engrais ~~XXX~~

III.1.3.1- Anti-mottants

Certaines formules ~~XXX~~, notamment celles qui sont très concentrées en azote ou en K_2O , ont une fâcheuse tendance à reprendre en masse au cours du stockage, surtout s'il est prolongé. Pour éviter cet inconvénient, il est nécessaire d'ajouter en cours de fabrication un produit "anti-mottant" qui empêche l'agglomération des granules.

La consommation de ces produits est faible et le problème est à étudier en fonction des besoins.

III.1.3.2- Matières inertes

Pour ajuster les titres de certaines formules, il est d'usage d'additionner un produit inerte, c'est à dire qui ne réagit pas avec les éléments fertilisants. Ces produits représentent un poids mort à transporter et à manutentionner et il est préférable, en général, de les éviter en augmentant légèrement la concentration de l'engrais commercialisé.

Le problème est à étudier pour chaque cas particulier avec les utilisateurs.

.../...

III.1.3.3- Oligo-éléments

Certaines cultures donnent de meilleurs rendements en présence de divers produits (bore , magnésium ...) . Leur addition peut s'effectuer au cours de la fabrication des formules NPK avec un équipement annexe approprié qui peut être prévu à l'avance .

III.1.3.4- Insecticides

Il est parfois avantageux d'épandre les insecticides (landane , pyrèthre ...) en même temps que les engrais . Comme précédemment , ces produits peuvent être introduits en cours de fabrication .

III.1.4 - Capacité de production des engrais NPK

La quantité de D.A.P. introduite dans les formules NPK pour apporter le P_2O_5 sous la forme la plus concentrée correspond , pour les prévisions de l'année 1980 à : $\frac{75.000 \times 100}{46} = 163.000$ T.M. qui contiennent 29.300 T.M. d'azote .

Le tonnage théorique de sulfate d'ammoniac incorporé dans les formules NPK pour compléter les besoins en azote (avec un titre de 21%) serait par conséquent : $\frac{60.700 \times 100}{21} = 289.000$ T.M.

La quantité de sels de potasse sous forme de chlorure à 60% de K_2O qui correspond aux besoins serait de : 100.000 T.M.

Le tonnage total des formules NPK qui correspond aux besoins estimés pour 1980 serait de : $163.000 + 289.000 + 100.000 = 552.000$ T.M.

Une installation d'une telle capacité exige des équipements de très grandes dimensions . Pour être rentable elle doit fonctionner 24 heures par jour avec le minimum de temps d'arrêt qui grèvent le prix de revient . Cette contrainte limiterait obligatoirement le nombre de formules fabriquées dans cette installation pour produire successivement de gros tonnages de chaque formule . C'est pourquoi il faut admettre que les formules spéciales , comportant un équilibre particulier des éléments fertilisants (par exemple très riches en azote ou contenant du sulfate de potasse) dont la demande correspond à de faibles tonnages , ne seraient pas fabriquées dans la nouvelle unité . Elles seraient importées directement ou continueraient à être produites par les Sociétés qui existent actuellement .

.../...

pourraient d'ailleurs utiliser comme matières premières des formules qui proviendraient de la nouvelle usine pour les mélanger avec des engrais simples . Ce qui permettrait d'établir une collaboration entre les divers producteurs pour satisfaire le marché local des engrais .

Sous réserve d'une étude plus poussée , en estimant forfaitairement à 30% des prévisions pour 1980 le marché des formules NPK qui échapperait à la nouvelle installation , la capacité de production à installer serait limitée à 400.000 T.M. par an . Pour un temps de marche effective de 8.000 heures , il correspond une cadence moyenne de 50 T.M. par heure .

Cette capacité dépasse encore les normes courantes pour une unité , et , pour disposer d'une plus grande souplesse d'utilisation , il est préférable de prévoir deux unités de 25 T.M. par heure qui permettraient de produire simultanément deux formules différentes en utilisant des équipements standardisés .

D'ailleurs , si cette solution était retenue , la construction de la deuxième unité pourrait être différée de quelques années pour répartir les investissements , adapter la production au développement du marché , limiter les risques financiers et faire bénéficier la deuxième unité de l'expérience acquise sur la première .

III.2 - PROCEDE DE FABRICATION DES ENGRAIS NPK

Il existe de nombreux procédés pour la fabrication des engrais NPK granulés qui diffèrent par les conditions opératoires et les équipements utilisés . Mais , quelle que soit la solution apportée aux problèmes techniques , ces procédés comprennent trois phases :

- neutralisation de l'ammoniac
- addition des sels de potasse
- granulation du produit fabriqué

III.2.1 - Neutralisation de l'ammoniac

Le procédé de fabrication de formules contenant de l'azote et du P_2O_5 consiste à combiner chimiquement l'ammoniac et l'acide phosphorique pour former un sel de phosphate d'ammoniac dissous dans l'eau . L'opération s'effectue dans un ou plusieurs réacteurs contenant de l'acide phos-

.../...

phorique en solution aqueuse au moment où l'ammoniac est introduit . La réaction est immédiate dans ce milieu fortement agité .

La quantité d'ammoniac fixée par l'acide phosphorique est exprimée par le rapport $\frac{\text{Azote}}{\text{P}_2\text{O}_5}$ inférieur à 0,4 . Il n'est pas possible d'augmenter cette proportion car le sel devient instable et perd spontanément l'azote fixé en excédent . Pour dépasser cette limite , il faut donc ajouter de l'acide sulfurique dans le réacteur pour fixer l'ammoniac en quantité bien définie . Il se forme un sel complexe (sulfo-phosphate d'ammoniac A.S.P.) dont le titre varie suivant les proportions respectives des deux acides . Avec un léger excès d'ammoniac , le titre de l'azote reste compris entre 18 et 21% et le titre du P_2O_5 peut aller de 0 (cas du sulfate d'ammoniac) à 46% environ (cas du D.A.P.) . Un exemple permet d'illustrer ces réactions chimiques :

- 100 kg d'acide phosphorique (H_3PO_4) concentré à 52% de P_2O_5 peuvent neutraliser 25,5 kg d'ammoniac (NH_3) pour former environ 110 kg de D.A.P. 18-46-0 .
- 175 kg d'acide sulfurique à 97% de H_2SO_4 peuvent neutraliser 61 kg d'ammoniac pour former environ 226 kg de sulfate d'ammoniac à 21% d'azote .
- En utilisant simultanément 100 kg d'acide phosphorique à 52% de P_2O_5 et 175 kg d'acide sulfurique à 97% de H_2SO_4 pour neutraliser 86,5 kg d'ammoniac , les 336 kg de sulfo-phosphate A.S.P. obtenus auront pour formule 20-15-0 .

Il faut signaler que les chiffres indiqués dans l'exemple cité ci-dessus sont approximatifs car il faut tenir compte de l'humidité et des impuretés contenues dans les matières de base et les produits finis , ainsi que des rendements de fabrication qui dépendent du procédé utilisé .

- Note Il est également possible d'enrichir le produit final en azote en le mélangeant avec des sels de nitrate d'ammoniac ou d'urée . La différence avec le procédé de fabrication directe décrit pour la nouvelle installation , réside dans l'utilisation de produits finis , comme actuellement dans les installations de mélange .

La neutralisation de l'ammoniac au cours de la fabrication des formules NPK constitue la caractéristique essentielle du procédé proposé .

.../...

III.2.2 - Addition des sels de potasse

La fabrication des engrais NPK par la méthode directe ne diffère pas sensiblement des procédés de mélange en ce qui concerne les sels de potasse, chlorure ou sulfate. Ceux-ci sont prélevés au stock sous forme solide pour être introduits dans le circuit de fabrication.

Le sel de potasse cristallisé et la solution de sulfo-phosphate d'ammoniac sont déversés en même temps dans un malaxeur ou un granulateur dans lequel ils sont intimement mélangés pour former une bouillie homogène. Celle-ci contient donc les trois éléments fertilisants en quantités bien définies, selon les débits respectifs des matières de base.

En reprenant l'exemple précédent :

- 84 kg de chlorure de potasse à 60% de K_2O ajoutés aux 336 kg de 20-15-0 en solution provenant de la neutralisation de l'ammoniac, permettent d'obtenir environ 420 kg de NPK titrant 16-12-12.
- l'addition de 84 kg de sulfate de potasse à 50% de K_2O donnerait dans les mêmes conditions 420 kg de NPK titrant 16-12-10.

Il faut rappeler que l'humidité et les impuretés contenues dans les matières de base peuvent légèrement modifier les résultats ci-dessus.

III.2.3 - Granulation des engrais NPK

Le circuit de granulation est tout à fait classique et pratiquement semblable dans la plupart des installations si on excepte les procédés de "prilling" qui sont encore peu répandus.

Le produit humide sortant du malaxeur ou du granulateur est déversé dans un séchoir destiné à éliminer l'excès d'eau qui est rejeté à l'atmosphère. Le produit sec est envoyé sur des tamis calibrés qui sélectionnent les granules de dimensions commerciales.

III.2.4 - Addition des produits annexes

A la sortie du circuit de granulation, il est possible d'ajuster le titre de la formule en additionnant une matière inerte ou de la traiter par un produit anti-mottant. L'engrais NPK peut également être complété par des oligo-éléments ou des insecticides avant d'être envoyé au stockage.

.../...

S'il est nécessaire de modifier le titre de l'un des éléments fertilisants Azote, P_2O_5 ou K_2O par rapport à la formule standard fabriquée dans la nouvelle installation, il suffit de la mélanger avec un engrais simple convenablement choisi avant l'ensachage.

III.2.5 - Equipements de fabrication

III.2.5.1- Réception et stockage des matières de base

Si la capacité de production est limitée à 70% des besoins prévus pour 1980, le surplus étant fabriqué par les Sociétés actuelles, les importations de matières de base nécessaires à la nouvelle installation seraient réduites comme suit :

- ammoniac : $120.000 \times 0,7 = 84.000$ T.M. par an
- acide phosphorique à 52% de P_2O_5 : $150.000 \times 0,7 = 105.000$ T.M. par an
- acide sulfurique à 97% de H_2SO_4 : $220.000 \times 0,7 = 154.000$ T.M. par an
- chlorure de potasse à 60% de K_2O : $100.000 \times 0,7 = 70.000$ T.M. par an

Compte tenu des retards possibles dans les livraisons par mer, un minimum de deux semaines de réserve paraît indispensable pour ne pas risquer d'arrêter la production. De plus pour bénéficier de prix avantageux pour le transport maritime, des cargaisons de 10.000 T.M. doivent pouvoir être mise en stock au moment du déchargement des navires. Ces conditions permettent de définir la capacité minimum de stockage de chaque produit.

La possibilité de construire une usine dans l'enceinte d'un port existant, pouvant recevoir des navires de 10.000 T.M. de charge utile serait la plus intéressante. De même la solution qui consisterait à inclure la construction de l'usine dans un projet d'aménagement portuaire (par exemple à Haïna). Mais si l'usine se trouve à une certaine distance du quai de débarquement, il se pose un problème pour le transport des matières de base jusqu'au lieu de leur utilisation.

- Pour l'ammoniac : en tenant compte des observations précédentes, il faut prévoir une capacité de stockage minimum de :

$$\frac{84.000}{26} + 10.000 = 13.230 \text{ T.M.}$$

L'ammoniac étant transporté sous forme liquide et pouvant être déchargé par pompage à des cadences de 400 T.M. à l'heure, il faut pouvoir

.../...

disposer de réservoirs de stockage reliés par tuyauteries au quai d'accostage des navires . De plus , pour des raisons de sécurité , il n'est pas prudent de stocker tout l'ammoniac dans un seul réservoir .

Une bonne solution consisterait à installer trois réservoirs de 4.000 T.M. utiles d'ammoniac (environ 5.000 m^3 chacun) à proximité du quai de débarquement et d'un réservoir relais de 1.600 T.M. utiles (environ 2.000 m^3) à proximité des unités de fabrication . L'installation portuaire comprendrait le matériel de réfrigération nécessaire pour maintenir l'ammoniac liquide à la température de -33°C à la pression atmosphérique . Il serait constitué par trois compresseurs équipés d'échangeurs de calories , dont deux seraient en service dans les cas les plus défavorables et un en réserve permanente . Le réservoir de production serait prévu pour stocker l'ammoniac liquide à la température ambiante sous une pression de 12 à 15 atmosphères , pour être directement utilisable dans la fabrication .

- Pour l'acide phosphorique : en prenant les mêmes bases de calcul que précédemment , la capacité de stockage devrait correspondre au minimum à :

$$\frac{105.000}{26} + 10.000 = 14.040 \text{ T.M.}$$

L'acide phosphorique à 52% de P_2O_5 a une densité d'environ 1,6 et il serait probablement nécessaire d'installer six réservoirs de 2.400 T.M. utiles (environ 1.500 m^3 chacun) dont quatre au minimum seraient reliés par tuyauterie au quai de déchargement des navires et deux seraient situés près des unités de fabrication . Ces réservoirs devraient être protégés contre la corrosion par un revêtement approprié (plomb , caoutchouc synthétique ou matière plastique) . Ils seraient équipés d'une installation auxiliaire pour pouvoir nettoyer les dépôts sédimentaires éventuels .

- Pour l'acide sulfurique : en prenant les mêmes bases de calcul que précédemment , la capacité de stockage serait au minimum de :

$$\frac{154.000}{26} + 10.000 = 15.920 \text{ T.M.}$$

L'acide sulfurique à 97% de H_2SO_4 a une densité d'environ 1,8 . Une bonne disposition du stockage consisterait à installer trois réservoirs de 5.400 T.M. utiles (environ 3.000 m^3 chacun) dont deux au minimum seraient reliés par tuyauterie au quai de déchargement des navires et un serait situé près des unités de fabrication .

.../...

- Pour le chlorure de potasse : étant admis que le sulfate de potasse ne serait probablement pas utilisé dans la nouvelle installation parce que sa consommation est trop restreinte, en prenant les mêmes bases de calcul que précédemment, la capacité minimum de stockage ~~du chlorure~~ de potasse serait $\frac{70.000}{26} + 10.000 = 12.700$ T.M.

Contrairement aux cas précédents, il s'agit d'un produit solide qui est manutentionné par des moyens mécaniques. De plus ce produit est soluble dans l'eau et il doit être protégé des intempéries. La solution normale consisterait à installer un hangar de stockage d'environ 13.000 T.M. (soit une surface d'environ 3.000 m^2). L'implantation de ce bâtiment et les moyens de manutentions seraient à étudier en fonction de la place disponible sur le port ou dans l'emprise de l'usine.

III.2.5.2- Transport des matières de base entre le port et l'usine

Dans les diverses solutions proposées pour le stockage des matières de base, la distance entre le port et l'usine n'a pas été précisée car le problème de la localisation de cette usine nécessite une étude particulière qui dépasse le cadre du présent rapport. Il suffit de signaler qu'il existe trois possibilités suivant que :

- l'usine serait à proximité immédiate du port
- l'usine serait à courte distance du port
- l'usine serait éloignée du port

- Si l'usine peut être construite à proximité immédiate du port, c'est le cas le plus favorable où tous les stocks de matières de base se trouvent à la fois près du quai de déchargement des navires et des unités de fabrication.

Le débarquement des liquides (ammoniac, acide phosphorique et acide sulfurique) serait assuré par les pompes des navires dans les tuyauteries réservées à cet usage prévues sur le port. Il se poserait seulement un problème pour la reprise de l'ammoniac à partir des réservoirs de stockage réfrigérés. Il devrait être réchauffé dans un échangeur et mis sous pression pour le transférer dans le réservoir de production au moyen de pompes d'une capacité suffisante (deux de $25 \text{ m}^3/\text{heure}$ dont une en réserve) pour avoir une marge de sécurité.

.../...

Pour le déchargement de la potasse, il suffirait de disposer de deux grues alimentant des trémies qui seraient reliées au hangar de stockage par des convoyeurs à bandes d'une capacité de 250 T.M. par heure. Cela permettrait théoriquement de décharger un navire de 10.000 T.M. en 40 heures et de limiter la durée de stationnement.

- Si l'usine était construite à courte distance du port et que les stocks de produits liquides, situés près du quai de déchargement des navires, étaient séparés par quelques centaines de mètres des unités de fabrication, il se poserait un problème de liaison.

Il faut également admettre que le personnel affecté aux installations portuaires ne travaillerait pas normalement la nuit ni les jours fériés, pendant lesquels il n'exercerait qu'une surveillance de sécurité (solution qui donne une marge en cas de besoin). Cela entraîne les modifications suivantes :

- pour l'ammoniac il suffirait d'augmenter le débit des pompes de transfert afin de tenir compte de la durée du travail réduit (40 m³/heure par exemple)
- pour l'acide phosphorique il faudrait prévoir également deux pompes de transfert (dont une de réserve) avec un débit de 25 m³/heure chacune pour alimenter les réservoirs de production au moyen de tuyauteries en matière plastique.
- pour l'acide sulfurique il faudrait installer aussi deux pompes (dont une de réserve) avec un débit de 30 m³/heure chacune pour alimenter le réservoir de production au moyen d'une tuyauterie en fonte.
- pour le chlorure de potasse, en supposant que le hangar de stockage serait situé à proximité des unités de fabrication, le transport depuis le quai de déchargement dépendrait de la possibilité d'installer des convoyeurs à bandes et du coût de cette installation par rapport au transport par camion. En effet, pour acheminer 70.000 T.M. par an du port vers l'usine (soit 7 cargaisons de 10.000 T.M.) il serait possible de louer des camions à une société de transport, solution probablement plus économique que de construire une installation permanente qui ne serait utilisée que 280 heures par an à raison de 250 T.M./heure. Une telle installation correspondrait à un investissement important.

.../...

- Si l'usine, située loin du port, était séparée par quelques kilomètres des stocks de produits liquides installés à proximité du quai de déchargement des navires, il n'est pas certain que la liaison par tuyauteries serait possible. Dans ce cas tous les transports devraient être effectués par des camions citernes spécialement équipés pour chaque produit. Le nombre de véhicules dépendrait de la durée du trajet entre le port et l'usine, y compris le temps de chargement et de déchargement des camions.

A titre d'exemple, en admettant que l'équipe de manutention du port travaillerait 300 jours par an, les tonnages à transporter en utilisant des camions de 20 T.M. de charge utile seraient en moyenne :

- pour l'ammoniac 280 T.M. soit 14 rotations par jour
- pour l'acide phosphorique 350 T.M. soit 18 rotations par jour
- pour l'acide sulfurique 513 T.M. soit 26 rotations par jour.

Avec les camions nécessaires pour le transport du chlorure de potasse (soit 500 rotations pendant la durée de déchargement d'un navire de 10.000 T.M.) cela représenterait un important trafic routier et un encombrement du port qui rend cette solution moins satisfaisante que les précédentes.

III.2.5.3- Equipement pour la neutralisation de l'ammoniac (Schéma N. 7)

Suivant le procédé utilisé, l'installation comprendrait une ou plusieurs cuves de réaction.

Le débit de l'ammoniac, refoulé sous pression du réservoir de production est contrôlé par un débitmètre magnétique et ajusté en fonction des conditions de marche (en moyenne $6,6 \text{ m}^3/\text{heure}$). Il est détenu avant d'être introduit dans le réacteur par des tubes plongeants.

L'acide phosphorique repris des bacs de production par des pompes, est envoyé vers un bac de circulation. Ce bac alimente au moyen de pompes la tour de lavage des buées d'une part et le réacteur d'autre part. Le débit de l'acide de production (en moyenne $4,1 \text{ m}^3/\text{heure}$) est contrôlé par un débitmètre magnétique ou une roue à écopes.

L'acide sulfurique nécessaire à la fabrication de certaines formules est repris par des pompes du réservoir de production pour être introduit dans le réacteur sans précaution spéciale. Son débit (en moyenne $5,4 \text{ m}^3/\text{heure}$) est contrôlé par un rotamètre magnétique ou une roue à

.../...

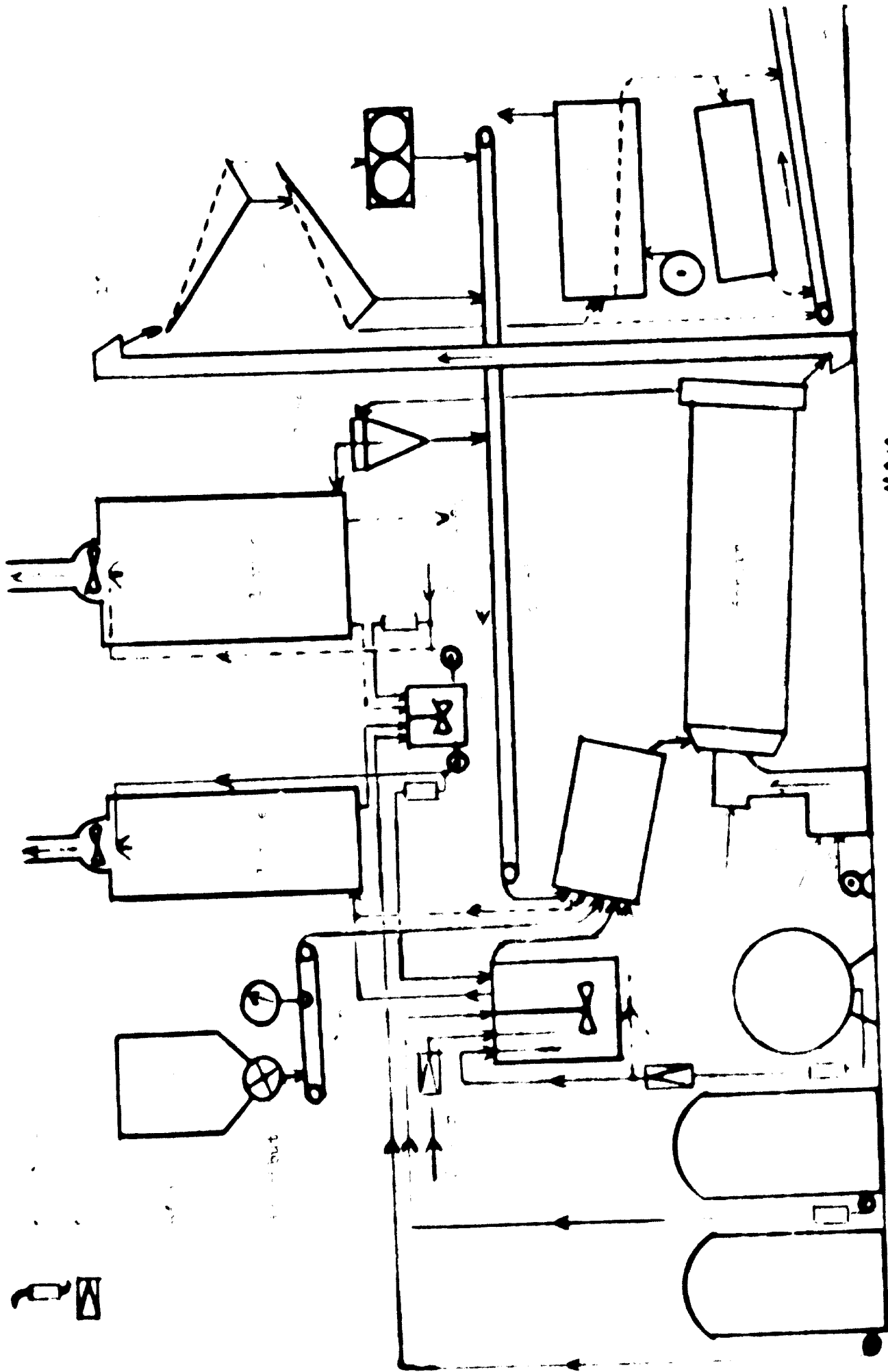


Schéma n° 7 - FABRICATION DES ENGRAIS NPK.

M

écoups .

L'eau de procédé est utilisée pour diluer l'acide phosphorique , solubiliser les sels formés au cours de la réaction (sulfo-phosphates d'ammoniac) et obtenir une bouillie fluide dans le réacteur . Son débit est ajusté au moyen d'un rotamètre . Il faut aussi prévoir une injection de vapeur , provenant d'une chaudière auxiliaire , pour pouvoir réchauffer le réacteur au démarrage , régler la température de réaction , sans atteindre l'ébullition .

La combinaison chimique formée par les matières introduites dans le réacteur est fortement agitée pour assurer son homogénéité . Les bûches qui se dégagent sont aspirées par un ventilateur à travers une tour de lavage , où circule l'acide phosphorique utilisé pour la production, afin de neutraliser l'ammoniac gazeux qui n'a pas réagi et de le ramener dans le circuit de fabrication .

En raison des risques de corrosion , tout cet équipement en contact avec les réactifs doit être en matières inoxydables . Les parois du réacteur sont protégées par du plomb , des briques de carbone ou des matières plastiques .

La bouillie sortant du réacteur est constamment analysée pour vérifier que le rapport $\frac{\text{Azote}}{\text{P}_2\text{O}_5}$ est conforme aux consignes de marche .

III.2.5.4- Equipement pour l'alimentation des sels de potasse

Le chlorure de potasse , repris du hangar de stockage par une pelle chargeuse , est déversé sur un convoyeur à bande qui le transporte vers les tréennes alimentant les deux unités , équipées d'indicateurs de niveau . Le débit moyen du chlorure de potasse étant théoriquement de 8,750 T.M. par heure de marche pour les deux unités . il faut prévoir une capacité de 20 T.M./heure pour avoir une marge suffisante dans la fabrication des formules riches en K_2O .

Le chlorure de potasse est repris de la tréenne intermédiaire par un distributeur (sans) dont la vitesse de rotation permet de régler le débit (en moyenne 4,4 T.M./heure) . Le produit est déversé sur une bande peseuse (rotamètre) qui permet d'ajuster le titre en K_2O de la formule fabriquée .

.../...

III.2.5.5- Equipement pour la granulation des engrais NPK

La bouillie provenant du réacteur et le chlorure de potasse soutiré de la trémie intermédiaire sont introduits dans un granulateur (ou un malaxeur) en même temps que les fines de recyclage et les poussières du circuit d'assainissement . Dans certains procédés , une partie de l'ammoniac est ajoutée à ce stade pour ajuster le titre en azote du produit final et les buées provenant de sa neutralisation sont envoyées vers la tour de lavage pour récupérer l'ammoniac en excès .

L'enrobage des fines recyclées par la solution saturée en sels d'ammoniac et de potasse donne un produit homogène qui est déversé dans un séchoir rotatif sous forme de boulettes pâteuses de dimensions diverses .

La durée de séjour dans le séchoir , le débit et la température de l'air de séchage sont calculés en fonction de la cadence de production pour évaporer l'excès d'eau utilisé pour la dilution de la bouillie . Une chambre à combustion , équipée d'un brûleur à fuel (débit moyen estimé à 300 litres/heure) apporte les calories nécessaires au séchage du produit . Un ventilateur évacue les buées et les poussières formées dans le séchoir .

Le circuit d'air comprend des cyclones pour récupérer ces poussières qui sont recyclées et une tour de lavage à l'eau qui permet de purifier les gaz rejetés à l'atmosphère . Cette eau de lavage est envoyée à l'égout . A noter qu'il y a toujours une légère perte d'ammoniac qui se dégage dans le séchoir et qu'il est possible de récupérer, pour améliorer le rendement de fabrication , en faisant circuler de l'acide phosphorique dans la tour de lavage , à la place de l'eau .

À la sortie du séchoir , les granules de toutes dimensions sont repris en général par un élévateur à godets qui les distribue sur deux batteries de tamis successives :

- les tamis " gros/moyens " ~~écarteront~~ les granules dont les dimensions sont supérieures aux normes de fabrication et les envoient vers des broyeurs qui les réduisent en poudre avant de les recycler vers le granulateur .
- les tamis " moyens/fins " laissent passer les granules dont les dimensions sont inférieures aux normes et les poussières formées dans le séchoir qui n'ont pas été entraînées par la ventilation ; l'ensemble est également recyclé vers le granulateur .

.../...

Les batteries de tamis et de broyeurs comportent en général le même nombre d'appareils disposés en lignes parallèles et calculés largement pour pouvoir arrêter une ligne et la nettoyer sans interrompre la production de l'unité . Ces appareils , ainsi que la bande de recyclage doivent être reliés à un circuit d'assainissement pour éviter de polluer l'atmosphère de l'atelier .

Les granulés moyens , dont les dimensions sont intermédiaires entre les mailles des deux séries de tamis , constituent l'engrais NPK . Celui-ci traverse en général un refroidisseur , constitué par un tambour rotatif ou un caisson à lit fluidisé , dans lequel un ventilateur fait circuler de l'air frais .

Avant d'être envoyé au stock , le produit traverse un enrobeur (tambour rotatif) utilisé en cas de besoin pour ajouter les produits annexes : anti-mottant , matières inertes , oligo-éléments ou insecticides qui sont préparés dans des cuves ou des trémies auxiliaires . Ils sont introduits dans l'enrobeur avec un débit contrôlé .

Le produit marchand est envoyé au stockage par un convoyeur à bande . Les divers procédés de granulation des engrais sont caractérisés par le taux de recyclage qui peut varier de ~~un~~ à six fois le volume de la production de l'unité .

III.2.5.6- Stockage et expédition des engrais NPK .

La capacité de stockage doit être prévue en fonction des variations de consommation d'engrais en cours d'année . En effet , si la production est répartie à peu près également sur 12 mois (excepté la période d'em-tretien annuel) la fertilisation des terres est saisonnière . Les possi-bilités de stockage chez les utilisateurs sont en général limitées et l'a-chat des engrais s'effectue le plus souvent au moment de l'épandage . Il faut donc pouvoir disposer de stocks de dimensions suffisantes . Sous ré-serve d'une étude plus poussée sur le marché des engrais , une capacité de 100.000 T.M. de produits en vrac et 30.000 T.M. de produits en sacs , correspondant à environ 4 mois de production , peut être admise .

Le stock de produits en vrac serait constitué par deux hangars , de 15.000 m² de surface couverte chacun correspondant aux deux unités de

.../...

production . Les transporteurs de mise en stock des deux unités seraient disposés de manière à pouvoir alimenter séparément l'un ou l'autre hangar . Ceux-ci seraient d'autre part équipés de séparations pour isoler les différentes formules fabriquées dont le nombre et le tonnage seraient déterminés par l'étude de marché .

Les produits repris par un moyen mécanique (gratteur) ou par une pelle-chargeuse seraient transportés par un convoyeur à bande vers une trémie qui alimenterait :

- soit des camions pour l'expédition en vrac
- soit une ensacheuse pour l'expédition en sacs

Le stockage des sacs serait constitué par un hangar de 10.000 m² environ de surface couverte avec un quai de chargement pour les camions . Les sacs seraient transportés et mis en stock au moyen de palettes et de chariots élévateurs . Une bande transporteuse située à la sortie de l'ensacheuse permettrait le chargement direct des camions en cas de besoin .

III.2.5.7- Services généraux et divers

Les installations décrites précédemment ne concernent que les stocks et l'atelier de fabrication proprement dit . Il faut également prévoir la fourniture d'énergie électrique , le laboratoire de contrôle , l'atelier d'entretien , le magasin de fournitures et pièces de rechange , les bureaux de l'administration , le service manutention et transport et le service de sécurité .

- L'énergie électrique peut être fournie par un simple branchement sur le réseau national . Compte tenu des installations prévues les besoins sont estimés à 25 kWh par tonne de produit fabriqué , y compris les services généraux de l'usine . Ce qui correspond à une consommation moyenne de 1.250 kWh par heure de marche .

Il serait nécessaire de prévoir un générateur de secours de 250 kW pour maintenir en marche les appareils prioritaires ou vider les circuits de fabrication pour éviter la prise en masse en cas de panne de courant .

Au cas où le réseau national , déjà très chargé , ne pourrait pas alimenter l'usine dans des conditions satisfaisantes , une centrale auxiliaire devrait être installée avec une marge suffisante pour absorber les

.../...

puissances de pointe . Trois générateurs de 750 kW , dont un de réserve , seraient à prévoir .

- Le laboratoire doit être installé à proximité immédiate des lignes de production qu'il est chargé de contrôler en cours de marche . Il doit également analyser les matières premières et les produits finis mis en stock . Il peut d'autre part être équipé pour effectuer les analyses de terres à la demande des clients . Un bâtiment spécialement équipé de 300 m² de surface devrait probablement suffire .

- L'atelier d'entretien est chargé de la surveillance du matériel mécanique et électrique , du remplacement des pièces usées et des réparations courantes . Un bâtiment de 1.000 m² est à prévoir avec des machines-outils d'usage courant .

Pour les gros travaux , notamment pour les révisions annuelles , l'assistance technique de spécialistes et l'appoint de personnels extérieurs seraient sans doute nécessaires .

- Le magasin général doit maintenir en stock les produits indispensables à la fabrication autres que les matières premières : produits chimiques , sacs , matières consommables telles que huiles , graisses... , les pièces de rechange utilisées par le service entretien , les fournitures de bureau et de laboratoire ...

Un bâtiment de 1.000 m² , équivalent à la surface de l'atelier d'entretien serait nécessaire pour cet usage .

- Le bâtiment administratif comprend la Direction générale de la Société , la Direction technique , les Services du personnel , la Comptabilité , les Approvisionnements , le Service commercial , les Services sociaux , les divers secrétariats , les archives ...

Une surface de 600 m² conviendrait probablement pour l'ensemble de ces bureaux avec leurs dépendances , salles de réunion et dégagements . Si l'usine se trouvait trop éloignée de la ville , une partie de ces activités pourrait s'exercer dans un immeuble urbain , notamment la Direction générale et le Service commercial .

Les installations sociales , vestiaires , infirmerie , cantine ... sont à prévoir également pour une surface équivalente de 600 m² .

.../...

- Le service manutention et transport disposerait de tous les véhicules et engins de levage utilisés dans l'usine et il les fournirait aux autres services en fonction de leurs besoins . Son importance dépendrait du nombre de camions qu'il aurait à gérer et de la localisation de l'usine par rapport au port .

Une station service , comprenant un petit atelier d'entretien spécialisé doit être également prévue .

- Le service sécurité gère le matériel de lutte contre l'incendie et de premier secours en cas d'accident . Il doit veiller à l'application des consignes de sécurité et d'hygiène . Dans ce but , il doit avoir en stock les vêtements de travail et de protection et les distribuer pour la manipulation des produits chimiques dangereux ou nocifs .
- Remarque : Les équipements annexes sont seulement cités ci-dessus à titre indicatif car il est nécessaire de rappeler leur existence dans tout projet industriel .

III.2.6 - Investissements

Pour pouvoir chiffrer le coût des installations , les unités de fabrication seront supposées construites à courte distance du port avec des liaisons par tuyauteries pour le transport des matières de base liquides . Il est admis d'autre part que le chlorure de potasse serait acheminé par camions entre le quai de débarquement et le hall de stockage , en faisant appel à des entreprises de transport extérieures .

Cette solution intermédiaire , plus coûteuse que si l'usine était située à proximité immédiate du port , permet de chiffrer les investissements et d'établir un compte prévisionnel d'exploitation .

Dans le cas où l'usine serait éloignée de plusieurs kilomètres du port , il suffirait de remplacer les pompes et tuyauteries de manutention des liquides par des camions citernes en nombre suffisant .

Les investissements à prévoir comprennent donc :

- l'achat des terrains
- les stockages des matières de base
- les deux unités de production avec les pièces de rechange pour la première année d'exploitation

.../...

- les stockages de produits finis
- les installations et bâtiments annexes

Les prix indiqués pour les équipements sont calculés d'après des informations concernant des installations analogues situées dans des pays peu industrialisés . En raison des augmentations constantes dues à l'inflation mondiale , il est évident que des estimations pour une usine qui démarrerait au plus tôt au début de l'année 1977 doivent être considérées avec prudence . Elles sont données sous toutes réserves pour pouvoir calculer les prix de revient des engrais fabriqués .

Les importations sont supposées exonérées des droits de douane . Les frais de transport et de montage sont compris dans les montants indiqués pour les équipements .

III.2.6.1- Achat des terrains

Une évaluation sommaire des surfaces qui seraient occupées par les installations de stockage de produits liquides à proximité du quai de débarquement correspond à un total de 10.000 m² , sans tenir compte des voies d'accès .

La forme juridique sous laquelle ce terrain serait mis à la disposition de la Société d'exploitation ne peut être étudiée dans ce rapport et les conditions de cession devraient être négociées avec les autorités locales .

En ce qui concerne l'usine comprenant les installations de production , les stockages de matières de base et de produits finis , les équipements et bâtiments annexes , la surface totale est estimée à 70.000 m² y compris les voies de circulation .

Pour pouvoir chiffrer le montant des investissements le prix du mètre carré sera fixé à 10 RD\$ ce qui correspond à un total de 800.000 RD\$ pour l'ensemble des terrains concédés à la Société . Ce montant intervient dans le capital (à investir) sans les frais financiers . Il a une importance secondaire sur les prix de revient du fait qu'il n'entre pas dans le calcul des amortissements .

Au cas où l'usine serait située à proximité immédiate du port , l'ensemble des surfaces indiquées formerait un seul lot .

.../...

III.2.6.2- Coût du stockage des matières de base

Les équipements à prévoir sont récapitulés ci-dessous :

- Au port :
 - pour l'ammoniac : 3 réservoirs de 4.000 T.M. (5.000 m³)
 - pour l'acide phosphorique : 4 bacs de 2.400 T.M. (1.500 m³)
 - pour l'acide sulfurique : 2 bacs de 5.400 T.M. (3.000 m³)

Il faut ajouter l'installation de réfrigération d'ammoniac, les pompes et tuyauteries pour le transfert des liquides, le matériel pour nettoyer les bacs d'acide phosphorique, les branchements d'eau et d'électricité, la clôture du terrain

Le total est estimé globalement à 2.700.000 RD\$

- A l'usine :
 - pour l'ammoniac : 1 réservoir de 1.600 T.M. (2.000 m³)
 - pour l'acide phosphorique : 2 bacs de 2.400 T.M. (1.500 m³)
 - pour l'acide sulfurique : 1 bac de 5.400 T.M. (3.000 m³)
 - pour le chlorure de potasse : 1 hangar de 13.000 T.M. (3.000 m²)

En ajoutant le matériel de reprise, pompes, pelles chargeuses, transporteur à bandes et installations annexes, le total est estimé globalement à : 1.700.000 RD\$

III.2.6.3- Coût des unités de fabrication

Deux unités sont prévues dans ce projet avec une capacité horaire moyenne de 25 T.M. soit 200.000 T.M. par an et par unité pour une marche effective de 8.000 heures. En admettant que le procédé choisi correspondrait à un taux de recyclage égal à trois fois la capacité de production, les caractéristiques des équipements nécessaires sont indiquées ci-dessous pour chaque unité :

- Un réacteur pour la neutralisation de l'ammoniac (volume de 25 m³ couronnes) avec les installations annexes pour l'alimentation de l'ammoniac, de l'acide sulfurique et l'acide phosphorique, chaudière auxiliaire pour l'injection de vapeur, tuyauteries et pompes, agitateur, évacuation des bûes ...
- Une tour avec ventilateur et bac de circulation avec les pompes pour le lavage des bûes du réacteur et du granulateur (débit de gaz 20.000 m³/h)

.../...

- Une trémie équipée d'un distributeur et d'un dosomètre pour alimenter le granulateur en chlorure de potasse (capacité d'environ 20 T.M.)
- Un granulateur calculé pour un débit de 100 T.M./heure y compris le recyclage du produit fin
- Un échoir rotatif avec chambre de combustion alimentée au fuel , son réservoir et son ventilateur à air
- Un circuit de dépoussiérage avec cyclones et tour de lavage (à l'eau) équipée de son ventilateur (débit d'air environ $60.000 \text{ m}^3/\text{h}$) . En cas de lavage à l'acide phosphorique , le bac de circulation serait commun avec la tour de lavage des buées du réacteur et il faudrait une pompe supplémentaire .
- Un élévateur à godets pour un débit moyen de 100 T.M./heure y compris le recyclage du produit .
- Une batterie de trois tamis gros/moyens d'une capacité unitaire moyennant de 50 T.M./heure
- Une batterie de trois tamis moyens/fins analogues aux précédents , mais équipés de mailles plus fines pour un débit variant de 30 à 40 T.M./heure
- Une batterie de trois broyeurs pour le produit gros à un débit unitaire variable de 10 à 20 T.M./heure environ
- Une bande de recyclage des produits fins vers le granulateur pour un débit moyen de 75 T.M./heure
- Un refroidisseur à lit fluidisé pour un débit moyen de 25 T.M./heure avec un ventilateur de $20.000 \text{ m}^3/\text{h}$ d'air environ
- Un enrobeur pour un débit moyen de 25 T.M./heure et accessoires (cuves , trémie , appareils de dosage)
- Une bande de mise en stock pour un débit moyen de 25 T.M./heure
- Un circuit d'assainissement de l'ensemble de l'installation comprenant un ventilateur de $20.000 \text{ m}^3/\text{h}$ et des filtres à poussières .

L'unité de fabrication " batterie limite " y compris le montage , les pièces de rechange pour une année d'exploitation , le bâtiment , la salle de contrôle avec ses appareils , les bureaux et annexes est estimée globalement , en ordre de marche à

4.700.000 RD\$

Pour deux unités construites en même temps :

9.400.000 RD\$

compte tenu des installations communes et des frais de construction réduits pour la seconde unité .

.../...

III.2.6.4- Coût du stockage des produits finis

Pour une capacité de stockage couvrant quatre mois de production ,
il faudrait construire :

- Deux hangars pour 50 000 T.M. chacun de produits en vrac avec leurs équipements de reprise .
- Un hangar de 30.000 T.M. de produits en sacs y compris l'installation d'ensachage pour 50 T.M./heure et les moyens de manutention

L'ensemble des bâtiments de stockage avec leurs annexes est estimé globalement pour deux unités de fabrication à 4.500.000 RD\$

III.2.6.5- Coût des services généraux et divers

Les bâtiments et installations annexes nécessaires au fonctionnement de l'usine sont récapitulés ci-dessous :

- Clôture du terrain et voies de circulation
- Branchement électrique sur le réseau national
- Raccordement d'eau
- Installation du laboratoire avec son équipement
- Atelier d'entretien avec son outillage
- Magasin général pour les pièces de rechange avec ses réserves de matières consommables pour une année d'exploitation
- Bureaux pour les services généraux et bâtiments sociaux
- Installations diverses pour les services de manutention et de sécurité

L'ensemble est estimé à 1.600.000 RD\$

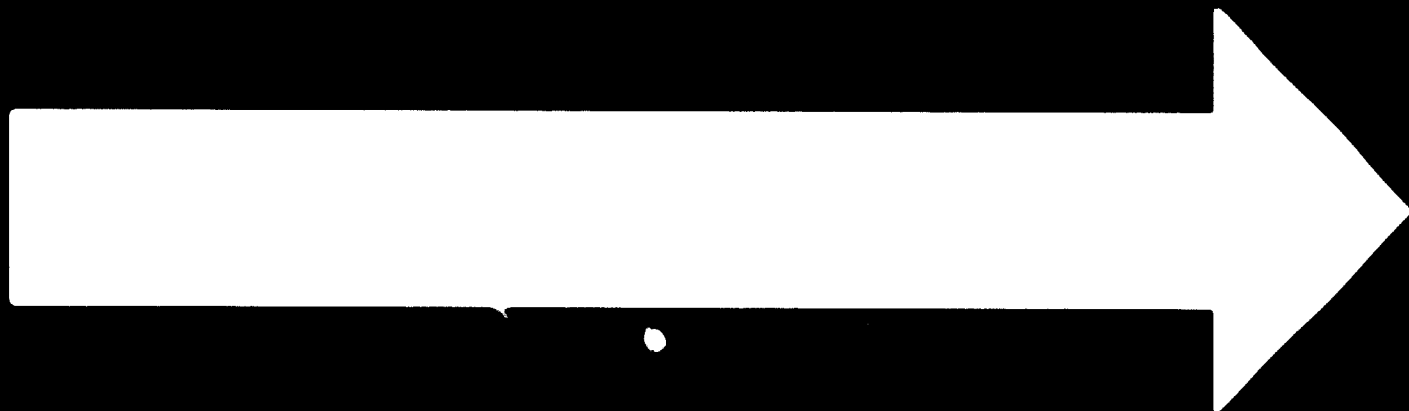
III.2.6.6- Récapitulation des investissements

En reprenant les estimations précédentes le montant total des équipements à investir pour une production de 400.000 T.M. par an (non compris le terrain) s'élèverait à :

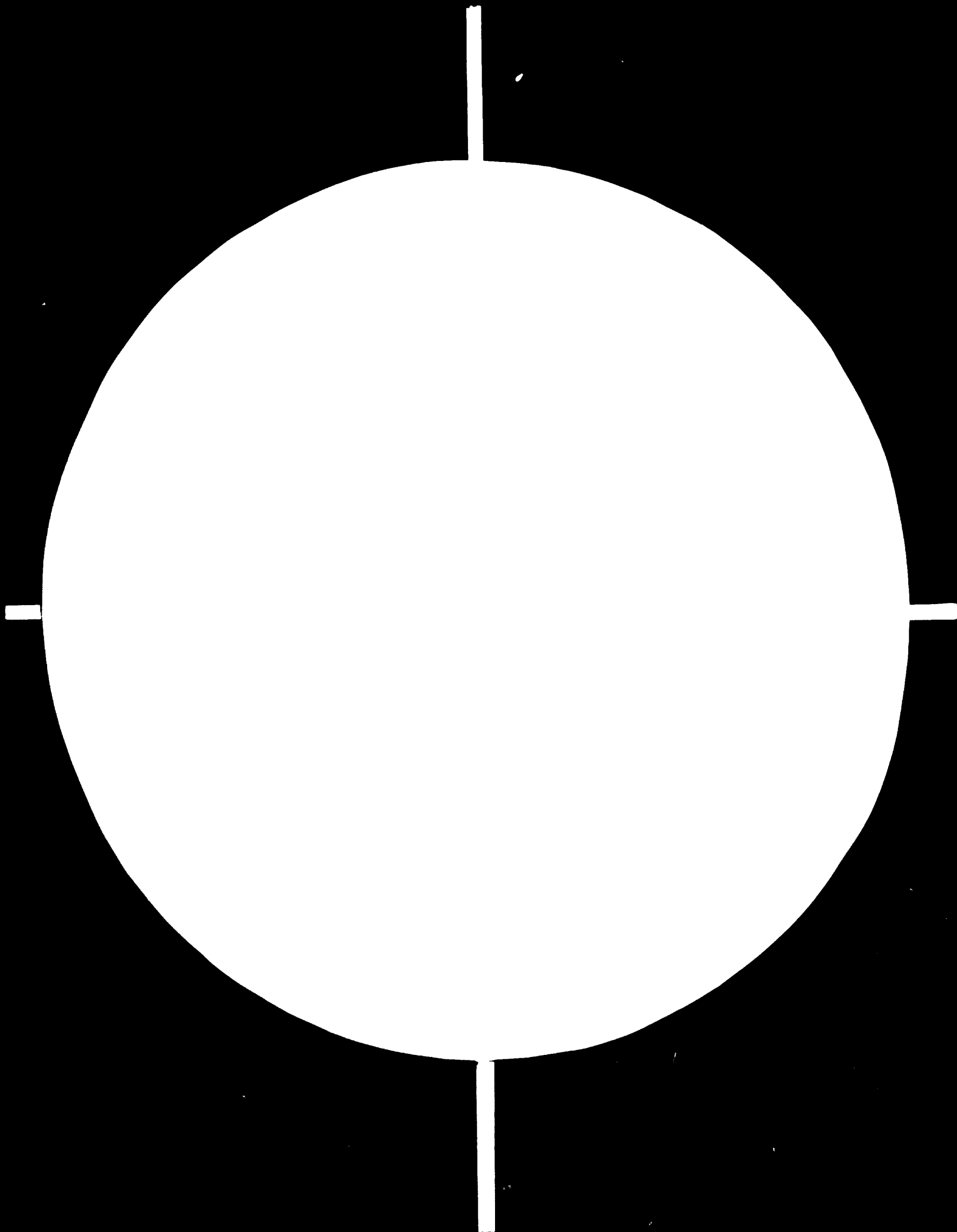
	en RD\$
- Réception et stockage des matières de base au port :	2.700.000
- Stockage et manutention des matières de base à l'usine :	1.700.000
- Deux unités de production , limite de batterie :	9.000.000
- Stockage et expédition des produits finis :	4.500.000
- Services généraux , manutentions , sécurité , divers :	1.600.000
- Imprévus (environ 10%) :	<u>2.000.000</u>
Total général	21.500.000

.../...

C-346

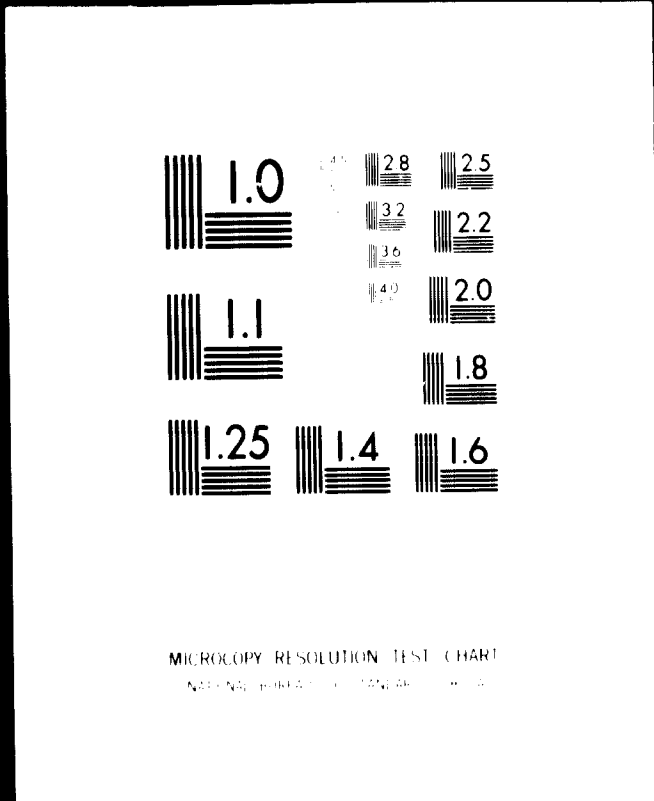


77. 10. 07



2 OF 2

07539



24x

A

Dans le cas où une seule unité serait installée, la construction d'un bac de stockage d'acide phosphorique et de la moitié des stocks de produits finis pourrait être différée, tandis que les installations des services généraux et annexes seraient moins importantes. Le montant global pour une unité est estimé à 13.500.000 RD\$

Si l'usine ne pouvait se brancher sur le réseau national de distribution d'électricité, le coût supplémentaire pour l'achat et le montage de trois alternateurs de 750 kW serait de l'ordre de 300.000 RD\$ pour deux unités NPK. Pour une seule unité, il faudrait deux alternateurs, dont un de réserve, pour environ 200.000 RD\$.

Si l'usine était éloignée du port, il faudrait remplacer les tuyauteries et pompes de transfert des liquides par des camions citernes dont le nombre et la valeur ne peuvent être déterminés au stade actuel.

III.2.7 - Compte d'exploitation prévisionnel

De même que pour les investissements, en raison de la situation actuelle, toute prévision concernant les frais d'exploitation d'une usine destinée à fonctionner dans un délai minimum de deux ans comporte une grande marge d'incertitude. Cependant il est nécessaire d'avoir une idée, même approximative, de sa rentabilité en calculant la valeur ajoutée aux produits importés qui permettrait d'équilibrer le bilan de la Société. Les prix proposés ci-dessous sont basés sur la situation connue actuellement pour les matières de base et frais de personnel, majorés de 20%.

III.2.7.1- Matières de base et utilités

Les prix suivants ont été estimés pour les produits supposés rendus en stock à l'usine pour approvisionner deux unités :

- Ammoniac anhydre NH_3 réfrigéré à -33°C :
84.000 T.M. à 225 RD\$/T.M. = 18.900.000 RD\$/an
- Acide phosphorique H_3PO_4 en solution à 52% de P_2O_5 :
105.000 T.M. à 160 RD\$/T.M. = 16.800.000 RD\$/an
- Acide sulfurique à 97% de H_2SO_4 :
154.000 T.M. à 50 RD\$/T.M. = 7.700.000 RD\$/an

.../...

- Chlorure de potasse à 60% de K_2O :
70.000 T.M. à 75 RD\$/T.M. = 5.250.000 RD\$/an.
- Energie électrique pour 25 kWh par T.M. produite :
25 x 400.000 x 0,06 RD\$/kWh = 600.000 RD\$/an
- Fuel-oil pour 12 litres par T.M. produite :
12 x 400.000 x 0,075 RD\$/l. = 360.000 RD\$/an
Pour une unité de 200.000 T.M. par an , ces dépenses seraient réduites de moitié .

III.2.7.2- Frais de personnel

En prenant comme référence des usines existantes le personnel nécessaire à la nouvelle installation comprendrait :

- les Cadres de supervision et Ingénieurs (I C)
- les Chofs de service (C S)
- les Chofs d'Equipe ou de Bureau (C E - C B)
- les Ouvriers Qualifiés , Agents Techniques , Opérateurs et Employés Supérieurs (C.P - E S)
- les Ouvriers et Employés Ordinaires (O S - E O)
- les Agents Divers , Huissiers , Gardiens , Manoeuvres (A D - M O)

Pour une usine travaillant 24 heures par jour pendant toute l'année , le personnel de production doit comporter 4 équipes travaillant par roulement . A part une équipe de dépannage , les surveillants et gardiens qui assurent la sécurité de l'installation , également postés , le reste du personnel ne travaillerait pas la nuit ni les jours fériés .

L'effectif global pour deux unités NPK a été estimé à 276 agents . L'ensemble des salaires versés à ce personnel serai de : 1.300.000 RD\$/an ce qui , avec les charges sociales et indemnités diverses devrait être majoré d'environ 30% soit au total : 1.700.000 RD\$/an

Pour une unité , l'effectif se réduirait à environ 200 agents et la dépense globale , charges comprises serai de : 1.300.000 RD\$/an.

Le tableau suivant , prévu pour deux unités , donne une idée approximative de la répartition des effectifs estimés nécessaires au bon fonctionnement de l'installation :

.../...

Répartition du Personnel	I C	C S	C B	O P	O S	A D	Total
	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
- Supervision	2	-	-	4	-	-	6
- Réception-Matières	-	-	4	6	6	6	22
- Production	1	1	4	16	28	20	70
- Ensachage , Expéditions	-	-	2	6	8	8	24
- Entretien	-	1	8	16	16	16	57
- Laboratoire	-	1	2	2	-	6	11
- Administration	-	3	4	10	12	10	39
- Manutentions , Sécurité	-	1	4	8	8	12	33
- Commercial	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>14</u>
Total	4	8	31	71	81	81	276

III.2.7.3- Fournitures d'entretien

Les dépenses concernant le personnel d'entretien sont comprises dans les frais de personnel indiqués ci-dessus . Mais il faut ajouter le coût des pièces de rechange approvisionnées en cours d'année pour renouveler le stock et de l'assistance technique des Sociétés extérieures . En admettant que cela correspond à 4% de la valeur des équipements de fabrication et 2% du montant des installations diverses , il faut prévoir :

- 600.000 RD\$ par an pour deux unités NPK
- 400.000 RD\$ par an pour une unité NPK

III.2.7.4- Frais divers d'exploitation

Les dépenses concernant les matières consommables (huiles , graisses , papeterie , vêtements de travail et de protection ...) , les assurances , les frais de courrier et en général tout ce qui n'est pas déjà comptabilisé ailleurs sont estimées globalement par an à :

- 300.000 RD\$ pour deux unités NPK
- 200.000 RD\$ pour une unité NPK

III.2.7.5- Amortissement des installations

En admettant une période d'amortissement de 10 ans pour les équipements de fabrication et de 20 ans pour les autres investissements , il

.../...

faut prévoir au total :

- 1.570.000 RD\$ par an pour deux unités NPK
- 950.000 RD\$ par an pour une unité NPK

III.2.7.6- Récapitulation des dépenses d'exploitation

Le tableau ci-dessous résume les dépenses prévues pour une année d'exploitation :

<u>Montant en 1000 RD\$</u>	<u>2 unités</u>	<u>1 unité</u>
- Ammoniac	18.900	9.450
- Acide phosphorique	16.800	8.400
- Acide sulfurique	7.700	3.850
- Chlorure de potasse	5.250	2.625
- Energie électrique	600	300
- <u>Fuel-oil</u>	<u>360</u>	<u>180</u>
Frais variables	49.610	24.805
- Frais de personnel	1.700	1.300
- Fournitures d'entretien	600	400
- Frais divers	300	200
- <u>Amortissements</u>	<u>1.570</u>	<u>950</u>
Frais fixes	<u>4.170</u>	<u>2.850</u>
Total	53.780	27.655

III.2.8 - Rentabilité de l'installation de production d'engrais NPK

Pour pouvoir établir son budget, la future Société doit tenir compte du coût de l'ensachage des produits fabriqués, des frais financiers et des impôts qui seront déboursés chaque année. En ajoutant ces charges au compte d'exploitation prévisionnel, il est possible d'estimer le chiffre d'affaires minimum qui permet d'équilibrer le bilan.

III.2.8.1- Frais d'ensachage

Le personnel nécessaire à l'ensachage est déjà prévu dans les effectifs de l'usine et les équipements font partie des investissements. Il

.../...

faut ajouter le prix des sacs et des manutentions estimé forfaitairement à 8 RD\$ par tonne métrique soit :

8 x 400.000 = 3.200.000 RD\$ par an pour deux unités NPK

8 x 200.000 = 1.600.000 RD\$ par an pour une unité NPK

III.2.8.2- Frais financiers

Dans le cas extrême où la totalité du financement du projet serait couvert par un emprunt, garanti par le gouvernement par exemple, les frais annuels d'exploitation seraient majorés des intérêts et de la quote-part des remboursements. Compte tenu du fonds de roulement supposé égal à deux mois d'exploitation, l'investissement total s'élèverait à :

<u>- Montant en 1.000 RD\$</u>	<u>2 unités</u>	<u>1 unité</u>
- Achat des terrains	800	800
- Investissements fixes (équipements, bâtiments)	21.500	13.500
- Fonds de roulement (2 mois d'exploitation)	<u>8.963</u>	<u>4.609</u>
Total investi	31.263	18.909

Pour un taux d'intérêts de 8% par an et une période de remboursement établie sur 10 ans, la charge annuelle serait de 14,4% environ, soit : 4.500.000 RD\$ par an pour deux unités NPK (arrondi)

2.720.000 RD\$ par an pour une unité NPK

III.2.8.3- Chiffre d'affaires minimum

En admettant 20% d'impôts sur le revenu, le chiffre d'affaires minimum qui permettrait à la Société d'équilibrer son bilan (sans faire de bénéfice) peut se chiffrer comme suit :

<u>- Montant en 1.000 RD\$</u>	<u>2 unités</u>	<u>1 unité</u>
- Dépenses d'exploitation	53.780	27.655
- Frais d'ensachage	3.200	1.600
- Frais financiers	4.500	2.720
- Impôts sur le revenu (20%)	<u>15.370</u>	<u>7.995</u>
Total	76.850	39.970

Pour pouvoir dégager un bénéfice, il faut que le montant de la vente des engrais commercialisés dépasse le chiffre d'affaires indiqué ci-dessus.

.../...

III.2.9 - Prix de revient des éléments fertilisants

En raison de la grande diversité des formules qui seraient fabriquées dans la nouvelle installation, le prix de revient moyen de la tonne d'engrais n'a pas de signification pratique. Il est cependant possible de calculer la valeur ajoutée aux éléments fertilisants au cours de leur transformation en engrais NPK.

Dans les dépenses annuelles d'exploitation, les importations de matières de base, contenant les éléments fertilisants, ont été chiffrées comme suit pour deux unités :

$$18.900.000 + 16.800.000 + 5.250.000 = 40.950.000 \text{ RD\$}$$

La valeur ajoutée par la fabrication des formules NPK serait :

$$76.850.000 - 40.950.000 = 35.900.000 \text{ RD\$}$$

ce qui correspond à 87,67% du montant des importations.

Le même calcul donnerait pour une unité NPK :

$$39.970.000 - 20.475.000 = 19.455.000 \text{ RD\$}$$

soit environ 95,02% du montant des importations.

III.2.9.1- Prix de revient de l'Azote dans les formules NPK

La quantité d'azote qui serait incorporée dans les formules NPK fabriquées dans la nouvelle installation a été estimée à 70% des besoins prévus pour 1980 soit :

$$90.000 \times 0,7 = 63.000 \text{ tonnes métriques dont le prix d'importation serait : } \frac{18.900.000}{63.000} = 300 \text{ RD\$ par tonne métrique}$$

Compte tenu de la valeur ajoutée, ce prix deviendrait :

$$300 \times 1,8767 = 563 \text{ RD\$ par tonne métrique pour deux unités NPK}$$

$$300 \times 1,9502 = 585 \text{ RD\$ par tonne métrique pour une unité NPK}$$

III.2.9.2- Prix de revient du P_2O_5 dans les formules NPK

La quantité de P_2O_5 qui serait incorporée dans les formules NPK fabriquées dans la nouvelle installation correspondrait à :

$$75.000 \times 0,7 = 52.500 \text{ tonnes métriques dont le prix d'importation serait : } \frac{16.800.000}{52.500} = 320 \text{ RD\$ par tonne métrique}$$

Compte tenu de la valeur ajoutée, ce prix deviendrait :

$$320 \times 1,8767 = 600 \text{ RD\$ par tonne métrique pour deux unités NPK}$$

$$320 \times 1,9502 = 624 \text{ RD\$ par tonne métrique pour une unité NPK}$$

.../...

III.2.9.3- Prix de revient du K_2O dans les formules NPK

La quantité de K_2O transformée en formules NPK dans les deux unités correspondrait à : $60.000 \times 0,7 = 42.000$ T.M. de K_2O dont le prix d'importation serait : $\frac{5.250.000}{42.000} = 125$ RD\$ par tonne métrique

Compte tenu de la valeur ajoutée, ce prix deviendrait :

$125 \times 1,8767 = 235$ RD\$ par tonne métrique pour deux unités

$125 \times 1,9502 = 244$ RD\$ par tonne métrique pour une unité

III.2.9.4- Marge bénéficiaire

Il est intéressant de comparer les prix de revient estimés précédemment pour l'année 1977 aux prix de vente officiels des éléments fertilisants commercialisés en septembre 1974 :

- Azote : 563 ou 585 au lieu de 787 RD\$ par tonne métrique
- P_2O_5 : 600 ou 624 au lieu de 923 RD\$ par tonne métrique
- K_2O : 235 ou 244 au lieu de 257 RD\$ par tonne métrique

En supposant que le prix actuel des éléments fertilisants serait maintenu pour la première année d'exploitation, le chiffre d'affaires de la Société serait de :

$63.000 \times 787 + 52.500 \times 923 + 42.000 \times 257 = 108.832.500$ RD\$

soit une marge bénéficiaire par rapport au bilan équilibré de :

$108.832.500 - 76.850.000 = 31.982.500$ RD\$ (41,5%) pour deux unités

$54.416.250 - 39.970.000 = 14.446.250$ RD\$ (36,2%) pour une unité

Ces résultats supposent que les unités fonctionnent à pleine capacité. Mais il est possible de calculer la marge bénéficiaire en fonction de la production. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

Montant en 1000 RD\$	2 unités				1 unité	
	400.000	300.000	200.000	100.000	200.000	100.000
Production annuelle	400.000	300.000	200.000	100.000	200.000	100.000
- Dépenses variables	49.610	37.208	24.805	12.403	24.805	12.403
- Dépenses fixes	4.170	4.170	4.170	4.170	2.850	2.850
- Frais d'exploitation	53.780	41.378	28.975	16.573	27.655	15.253
- Ensachage	3.200	2.400	1.600	800	1.600	800
- Frais financiers	4.500	4.500	4.500	4.500	2.720	2.720
- Impôts (20%)	15.370	12.069	8.768	5.468	7.995	4.693
Total	76.850	60.349	43.843	27.341	39.970	23.466
- Chiffre d'affaires	108.832	81.624	54.416	27.208	54.416	27.208
- Marge bénéficiaire	31.982	21.275	10.575	- 133	14.446	3.742

.../...

A l'exception d'un déficit de 133.000 RD\$ pour un niveau de production de 100.000 T.M. par an avec deux unités, toutes les autres productions envisagées avec une ou deux unités permettent de dégager une marge bénéficiaire.

Sous réserve de confirmation des hypothèses de prix retenues dans les calculs précédents, il apparaît donc que la Société pourrait dégager un bénéfice :

- à partir d'un niveau de production légèrement supérieur à 100.000 T.M. par an pour deux unités soit 25% de la capacité installée
- à partir d'environ 80.000 T.M. par an pour une unité soit 40% de la capacité installée

Puisque la consommation Dominicaine a été de 163.000 T.M. en 1973 (179.603 T.C.) de formules NPK, il existe une marge suffisante pour assurer la rentabilité du projet, même en construisant deux unités.

III.3 - COMPLEXE INDUSTRIEL POUR LA FABRICATION DES ENGRAIS NPK

Ce projet consisterait à construire, en plus de l'installation de production d'engrais NPK décrite précédemment, les unités d'acide phosphorique et d'acide sulfurique nécessaires à son approvisionnement. Cela présenterait des avantages et des inconvénients :

Parmi les avantages, il faut citer :

- l'économie de devises sur les matières premières
- la suppression du transport des acides entre le port et l'usine
- la réduction des installations de stockage portuaires
- le maintien de la valeur ajoutée des produits dans le revenu national
- l'augmentation du nombre d'emplois créés pour le personnel
- l'indépendance de l'approvisionnement par rapport aux sociétés productrices de ces acides

Parmi les inconvénients, il faut citer :

- l'augmentation du prix de revient des engrais
- les investissements et risques financiers accrus

Les estimations concernant le projet de construction d'un ensemble industriel à partir de matières premières importées (phosphate et soufre) sont données à titre indicatif pour apprécier l'intérêt de cette réalisation.

.../...

III.3.1 - Fabrication de l'acide phosphorique

Pour un pays comme la République Dominicaine qui ne dispose pas de gisements de phosphate et où l'énergie électrique est coûteuse, le procédé qui consiste à fabriquer du phosphore au four électrique pour le transformer en acide phosphorique ne peut être envisagé. Il est préférable d'avoir recours à l'attaque chimique du phosphate par l'acide sulfurique (procédé humide) qui est le plus répandu.

La réaction s'écrit :



Selon les conditions opératoires, le sulfate de calcium précipite sous la forme de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), d'hémihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) ou d'anhydrite (CaSO_4). Les procédés qui permettent d'obtenir du sulfate de calcium anhydre ou peu hydraté sont préférés lorsque ce produit est utilisé pour fabriquer du plâtre.

La fabrication de l'acide phosphorique par voie humide comprend quatre opérations différentes :

- Réception et broyage du phosphate tricalcique
- Attaque du phosphate par l'acide sulfurique
- Séparation du sulfate de calcium et de l'acide phosphorique
- Concentration de l'acide phosphorique

Compte tenu des rendements de fabrication, la capacité de l'installation destinée à alimenter l'atelier d'engrais serait de :

- 54.600 T.M. de P_2O_5 par an pour deux unités NPK, soit en moyenne, 6,8 T.M./heure pour 8.000 heures de marche par an
- 27.300 T.M. de P_2O_5 par an pour une unité NPK, soit 3,4 T.M./heure dans les mêmes conditions

Les besoins en matières premières sont estimées comme suit pour deux unités NPK :

- Phosphate à 75% de tricalcique : 3,2 tonnes par tonne de P_2O_5 produite soit environ 175.000 T.M. par an
- Acide sulfurique monohydrate H_2SO_4 : 2,7 tonnes par tonne de P_2O_5 produite soit environ 148.000 T. M. par an.

Pour une unité NPK ces besoins seraient réduits de moitié, ce qui correspond à 87.500 T.M. de phosphate et 74.000 T.M. d'acide sulfurique par an.

.../...

III.3.2 - Fabrication de l'acide sulfurique

Pour la République Dominicaine qui ne dispose pas de gisements miniers contenant du soufre, cette matière première devrait être importée pour pouvoir utiliser le procédé de contact déjà décrit dans la première partie de ce rapport à propos de l'installation existante. Mais, au lieu d'une production de 3.500 T.M. par an, la capacité de fabrication nécessaire pour les engrais NPK serait de 154.000 T.M. à ajouter aux 148.000 T.M. calculés pour l'acide phosphorique soit au total 302.000 T.M. par an de H_2SO_4 monohydrate, pour deux unités NPK; ce qui correspond à environ 38 T.M./heure pour 8.000 heures de marche par an.

La quantité de soufre nécessaire pour cette production, en comptant 350 kg de consommation par tonne produite serait d'environ 106.000 T.M. par an.

Pour une unité NPK, ces quantités seraient réduites de moitié, soit 151.000 T.M./an d'acide sulfurique (19 T.M./heure) et 53.000 T.M. de soufre par an.

III.3.3 - Investissements pour le Complexe industriel

Il faut considérer que les unités d'acide sulfurique et d'acide phosphorique, prévues pour alimenter la fabrication d'engrais NPK, constitueraient une extension de l'usine déjà décrite.

III.3.3.1- Achat des terrains

Les stockages destinés à la réception au port des acides sulfurique et phosphorique importés seraient supprimés et la surface occupée par le stockage de l'ammoniac serait seulement de 3.000 m² environ.

La surface nécessaire aux nouvelles unités, y compris les stocks de phosphate et de soufre, l'extension des services généraux et annexes et les voies de circulation est estimée globalement à 20.000 m².

Les terrains à acheter représentent donc :

- Stockage d'ammoniac au port	3.000 m ²
- Installations NPK	70.000 m ²
- Extension de l'usine	20.000 m ²
Total	93.000 m ²

..../...

Le coût total du terrain , au prix forfaitaire de 10 RD\$ le m² s'éleverait donc à 930 000 RD\$ pour le complexe industriel .

3.3.2- Equipement pour la fabrication de l'acide phosphorique

La capacité de stockage nécessaire pour recevoir des navires de 10.000 T.M. de phosphate avec deux semaines de réserve doit être de :

$$\frac{175.000}{26} + 10.000 = 17.000 \text{ T.M. minimum}$$

Le coût de cette installation , y compris les moyens de réception et de manutention est estimé à 800.000 RD\$.

Le phosphate serait transporté par camion entre le port et l'usine , comme le chlorure de potasse, toutes les trois semaines .

L'unité d'acide phosphorique destinée à alimenter deux unités NPK comprendrait sommairement :

- Une installation de broyage de phosphate avec transporteurs , élévateurs , cyclones et ventilateurs pour une capacité moyenne de 22 T.M./heure .
- Un réacteur pour l'attaque du phosphate par l'acide sulfurique avec ses accessoires : alimentation en phosphate et en acide sulfurique avec leurs appareils de contrôle , agitateurs , pompe de soutirage de la bouillie , ventilateurs de refroidissement et d'évacuation des buées ... pour une capacité de 6,8 T.M./heure de P₂O₅ .
- Un filtre pour la séparation de l'acide phosphorique et du sulfate de calcium avec ses accessoires : séparateurs , pompes de circulation des acides et d'envoi au stock , pompes à vide ...
- Deux bacs de stockage pour l'acide dilué d'une capacité de 1.500 m³ avec un décanteur pour clarifier l'acide provenant de la filtration ...
- Une installation de concentration de l'acide phosphorique pour une capacité de 6,8 T.M. de P₂O₅ par heure . Cette installation fonctionnerait avec la vapeur provenant de l'atelier d'acide sulfurique .
- Le génie civil , les bâtiments , la salle de contrôle avec ses équipements , les locaux pour le personnel de fabrication ...
- Le branchement électrique et les utilités
- Les pièces de rechange pour une année d'exploitation .

Il faut noter que les installations de stockage de l'acide concentré sont déjà prévues avec l'équipement des unités NPK .

.../...

Le coût total de cette unité d'acide phosphorique , "limite de batterie" , est estimé à 7.000.000 RD\$, pour 6,8 T.M./heure de P_2O_5 .

Pour une unité de 3,4 T.M./heure de capacité, correspondant à une seule unité NPK , le coût serait de 4.500.000 RD\$.

III.3.3.3- Equipement pour la fabrication de l'acide sulfurique

La capacité de stockage du soufre , avec deux semaines de réserve , doit être de : $\frac{106.000}{26} + 10.000 = 14.000$ T.M. minimum

Le coût de cette installation , y compris les moyens de manutention et de reprise , est estimé à 600.000 RD\$.

Le soufre serait transporté par camions entre le port et l'usine environ toutes les cinq semaines .

L'unité d'acide sulfurique prévue pour alimenter l'installation d'acide phosphorique et les deux unités NPK comprendrait :

- Une installation de filtration et de fusion du soufre de 13 T.M. par heure de capacité moyenne , avec une réserve de soufre fondu d'environ 1000 T.M. (3 jours de production) . Ces appareils seraient équipés d'un circuit de vapeur pour le réchauffage .
- Une tour de séchage de l'air de procédé avec ses accessoires pour la circulation et le refroidissement de l'acide sulfurique
- Une turbo-soufflante pour l'alimentation de l'air de combustion du soufre . Elle fonctionnerait avec la vapeur provenant de la chaudière de récupération des calories de grillage du soufre . Après détente dans la turbine , la vapeur serait utilisée pour les besoins de l'usine , notamment la concentration de l'acide phosphorique , la fusion du soufre et le réchauffage des solutions d'engrais .
- Un four de grillage du soufre avec un brûleur auxiliaire à gas-oil pour le démarrage .
- Une chaudière à vapeur pour le refroidissement des gaz de grillage du soufre avec son alimentation en eau traitée .
- Des filtres à gaz pour retenir les poussières de grillage .
- Un convertisseur pour transformer l'anhydride sulfureux SO_2 en SO_3 .
- Un échangeur pour refroidir l'anhydride sulfurique SO_3
- Une tour d'absorption de l'anhydride sulfurique SO_3 avec ses accessoires pour la circulation et le refroidissement de l'acide sulfurique .

.../...

- Le génie civil , les bâtiments , la salle de contrôle avec ses équipements , les locaux pour le personnel de fabrication ...
- Le branchement électrique et les utilités
- Les pièces de rechange pour une année d'exploitation

Il est déjà prévu un bac de stockage de 5.400 T.M. (3.000 m³) pour alimenter les lignes d'engrais NPK . Il serait nécessaire d'en prévoir un second de même capacité pour alimenter l'unité d'acide phosphorique .

Le coût total de cette unité d'acide sulfurique , "limite de batterie" , est estimé à 8.000.000 RD\$ pour 38 T.M./heure de H₂SO₄ .

Pour une unité de 19 T.M./heure de capacité , correspondant à une seule unité NPK , le coût serait de 5.000.000 RD\$.

III.3.3.4- Extension des services généraux et divers

Selon les normes généralement admises pour ce genre d'installation , la consommation d'énergie électrique serait d'environ 1.850 kWh par heure de marche qui s'ajouteraient aux 1.250 kWh prévus pour l'atelier NPK et les services généraux , soit au total 3.100 kWh .

Au cas où le réseau national ne pourrait pas fournir cette énergie , il faudrait installer deux chaudières à vapeur (dont une de réserve) avec trois turbo-alternateurs de 2.000 kW (dont un de réserve) pour assurer la continuité de marche . Les chaudières à vapeur seraient interconnectées avec celle de l'atelier sulfurique pour régulariser les débits .

A part le bâtiment administratif , dont l'extension serait seulement de 50% pour loger les effectifs supplémentaires , tous les autres services devraient pratiquement doubler leur capacité , notamment :

- le laboratoire de contrôle
- l'atelier d'entretien
- le magasin général
- les bâtiments et services sociaux
- l'atelier de manutention et de réparation des véhicules
- le service de sécurité

Le coût global avec extension des services généraux correspondant à deux unités NPK est estimé à 2.900.000 RD\$, centrale électrique exclue .

Pour une seule unité NPK , il se réduirait à 2.200.000 RD\$.

.../...

III.3.3.5- Récapitulation des investissements

En dehors du terrain , et en tenant compte de la suppression des stockages prévus précédemment pour la réception au port des acides phosphoriques et sulfuriques , l'ensemble des bâtiments et équipements pour le complexe industriel peut se résumer comme suit :

	<u>RD\$</u>
- Réception et stockage de l'ammoniac au port	800.000
- Stockage des matières premières à l'usine	3.100.000
- 2 Unités de fabrication de NPK (400.000 T.M./an)	9.000.000
- 1 Unité d'acide phosphorique (54.600 T.M./an de P_2O_5)	7.000.000
- 1 Unité d'acide sulfurique (302.000 T.M./an de H_2SO_4)	8.000.000
- Stockage et expédition des produits finis (ensachage)	4.500.000
- Services Services généraux , manutentions et divers	2.900.000
- Imprévus (environ 10%)	<u>3.700.000</u>
Total général	<u>39.000.000</u>

Au cas où une seule unité NPK serait construite, certaines installations de stockage d'acide phosphorique ou de produits finis auraient leurs capacités réduites et les services généraux seraient moins importants . Le montant global se réduirait à 24.500.000 RD\$.

Il faut cependant signaler , dans ces conditions , que la construction ultérieure d'une deuxième unité d'acide phosphorique et d'acide sulfurique coûterait sensiblement plus cher que la construction des unités de capacité double envisagées ci-dessus .

Le coût supplémentaire pour la construction d'une centrale autonome n'a pas été pris en compte dans les calculs d'investissements . Il faudrait prévoir un supplément de :

- 700.000 RD\$ pour deux chaudières et trois turbo-alternateurs dans le cas de deux unités NPK et de l'ensemble industriel
- 500.000 RD\$ pour une chaudière et deux turbo- alternateurs dans le cas d'une seule unité NPK et de l'ensemble industriel de demi capacité .

III.3.4 - Compte d'exploitation provisionnel pour le Complexe Industriel

Les estimations de prix des divers éléments qui permettent de calculer les frais d'exploitation du complexe industriel comportent les mêmes réserves que celles qui concernent l'installation d'engrais NPK .

III.3.4.1- Matières premières et utilités

En plus de l'ammoniac , du chlorure de potasse et du fuel-oil , dont l'approvisionnement reste inchangé , il faut prévoir pour deux unités NPK :

- du phosphate tricalcique (supposé à 75% BPL)

175.000 tonnes métriques à 90 RD\$/T.M.	15.750.000 RD\$/an
---	--------------------
- du soufre à 99,8% de pureté

106.000 tonnes métriques à 60 RD\$/T.M.	6.360.000 RD\$/an
---	-------------------

En supposant que l'énergie électrique serait fournie par le réseau national , la dépense annuelle serait modifiée comme suit pour 8.000 heures de marche :

$$8.000 (1.250 + 185) \times 0,06 \text{ RD\$} = 1.488.000 \text{ RD\$} .$$

Compte tenu du courant électrique consommé pendant les périodes de démarrage de l'unité d'acide sulfurique , la dépense annuelle peut être estimée à 1.500.000 RD\$.

III.3.4.2- Frais de personnel

L'augmentation des effectifs pour les nouvelles unités d'acides sulfurique et phosphorique , les services généraux et annexes est estimée à environ 140 agents pour une dépense globale de 800.000 RD\$. Ce qui porte le total pour deux lignes NPK à : 2.500.000 RD\$/an

Les nouveaux besoins de personnel seraient seulement diminués de 10 % pour des lignes de fabrication de capacités plus faibles d'acides sulfurique et phosphorique ce qui , pour une seule unité NPK correspond à une dépense totale de 2.020.000 RD\$/an

Il faut noter à ce sujet que , si la construction de la deuxième unité NPK était retardée , il faudrait prévoir du personnel supplémentaire pour faire fonctionner les deux unités supplémentaires d'acides sulfurique et phosphorique qu'il serait nécessaire de construire . Ce qui augmenterait sensiblement les frais d'exploitation (environ 720.000 RD\$/an) .

III.3.4.3- Fournitures d'entretien

Compte tenu des nouvelles installations , le coût des pièces de rechange consommée au cours d'une année d'exploitation passerait à :

.../...

- 1.300.000 RD\$ pour deux lignes de fabrication
- 800.000 RD\$ pour une ligne de fabrication

Les frais de personnel sont déjà comptabilisés ailleurs.

III.3.4.4- Frais divers d'exploitation

Ils sont estimés forfaitairement à :

- 600.000 RD\$ pour deux lignes de fabrication
- 400.000 RD\$ pour une ligne de fabrication

III.3.4.5- Amortissement du complexe industriel

Calculés sur la base de 10 ans pour les équipements de fabrication et 20 ans pour les bâtiments et autres installations, ils s'élèveront à :

- 3.250.000 RD\$ pour deux lignes de fabrication
- 2.010.000 RD\$ pour une ligne de fabrication

III.3.4.6- Récapitulation des dépenses d'exploitation.

Le tableau suivant résume les dépenses d'exploitation prévues pour une année de marche du complexe industriel :

<u>Montant en 1.000 RD\$</u>	<u>2 unités NPK</u>	<u>1 unité NPK</u>
- Ammoniac	18.900	9.450
- Phosphate	15.750	7.875
- Soufre	6.360	3.180
- Chlorure de potasse	5.250	2.625
- Energie électrique	1.500	750
- Fuel-oil	360	180
Frais variables	48.120	21.060
- Frais de personnel	2.500	2.020
- Fournitures d'entretien	1.300	800
- Frais divers	600	400
- Amortissements	3.250	2.010
Frais fixes	7.650	5.230
Total	55.770	29.290

.../...

III.3.5 - Rentabilité du Complexe industriel

Les frais d'ensachage étant les mêmes que précédemment, il faut recalculer les frais financiers et le montant des impôts pour équilibrer le bilan.

III.3.5.1- Frais financiers

La charge annuelle pour le remboursement de l'emprunt serait modifiée comme suit :

<u>- Montant en 1.000 RD\$</u>	<u>2 unités NPK</u>	<u>1 unité NPK</u>
- Achat des terrains	930	930
- Investissements fixes (équipements, bâtiments)	39.000	24.500
- Fonds de roulement (2 mois d'exploitation)	<u>9.295</u>	<u>4.882</u>
Total investi	49.225	30.312
- Charge annuelle (14,4%)	7.085	4.365

III.3.5.2- Chiffre d'affaires minimum

Le revenu annuel permettant à la Société d'équilibrer son bilan serait modifié comme suit :

<u>- Montant en 1.000 RD\$</u>	<u>2 unités NPK</u>	<u>1 unité NPK</u>
- Dépenses d'exploitation	55.770	29.290
- Frais d'ensachage	3.200	1.600
- Frais financiers	7.085	4.365
- Impôts sur le revenu (20%)	<u>16.515</u>	<u>8.815</u>
Total	82.570	44.070

III.3.6 - Nouveau prix de revient des éléments fertilisants

Il faut tenir compte des augmentations de prix de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique fabriqués dans le complexe industriel alors que l'ammoniac et le chlorure de potasse continueraient à être importés.

La différence entre les chiffres d'affaires de l'usine d'engrais

.../...

NPK et le complexe industriel correspond à la valeur ajoutée au cours de la fabrication des acides phosphorique et sulfurique, soit pour deux unités :

$$82.570.000 - 76.850.000 = 5.720.000 \text{ RD\$}$$

Cette différence est à ajouter au coût du phosphate et du soufre importés pour obtenir le nouveau prix des acides fabriqués :

$$15.750.000 + 6.360.000 + 5.720.000 = 27.830.000 \text{ RD\$}$$

La différence avec le coût d'importation des acides serait de :

$$27.830.000 - 16.800.000 - 7.700.000 = 3.330.000 \text{ RD\$}$$

soit une majoration de 13,59% du coût des importations. Dans ces conditions la valeur de l'acide phosphorique deviendrait :

$$16.800.000 \times 1,1359 = 19.083.120 \text{ RD\$}$$

et le P_2O_5 pouvant être commercialisé à partir de cet acide aurait pour valeur unitaire : $\frac{19.083.120}{52.500} = 363 \text{ RD\$}$ par tonne métrique au lieu de 320 RD\$/T.M. pour le prix importé.

Pour une unité NPK, les mêmes calculs aboutiraient à une différence de 2.905.000 RD\$ soit une majoration de 23,71% du coût des matières importées. La nouvelle valeur de l'acide phosphorique serait majorée à 10.391.640 RD\$ avec un prix unitaire de 396 RD\$/T.M. de P_2O_5 .

Compte tenu de ces nouveaux prix de l'acide phosphorique, les matières de base entrant dans la fabrication des formules NPK qui contiennent les éléments fertilisants ont pour valeur globale :

$$18.900.000 + 19.083.120 + 5.250.000 = 43.233.120 \text{ RD\$}$$

La valeur ajoutée pour les transformer en engrais NPK serait :

$$82.570.000 - 43.233.120 = 39.336.880 \text{ RD\$}$$
 pour deux unités

ce qui correspond à 90,99% de la valeur des matières de base.

Le même calcul donnerait pour une unité NPK :

$$44.070.000 - 22.466.640 = 21.603.360 \text{ RD\$}$$

soit 96,16% environ de la valeur des matières de base.

III.3.6.1- Nouveau prix de l'azote dans les formules NPK

Compte tenu de la valeur ajoutée au prix de l'importation, il serait :

$$300 \times 1,9099 = 573 \text{ RD\$}$$
 par tonne métrique pour deux unités NPK

$$300 \times 1,9615 = 588 \text{ RD\$}$$
 par tonne métrique pour une unité NPK

.../...

III.3.6.2- Nouveau prix du P_2O_5 dans les formules NPK

Compte tenu du nouveau prix du P_2O_5 calculé pour l'acide phosphorique fabriqué dans le complexe industriel et de la valeur ajoutée au cours de la transformation en engrais NPK il serait :

$$363 \times 1,9099 = 698 \text{ RD\$ par tonne métrique pour deux unités NPK}$$

$$396 \times 1,9616 = 778 \text{ RD\$ par tonne métrique pour une unité NPK}$$

III.3.6.3- Nouveau prix du K_2O dans les formules NPK

Compte tenu de la valeur ajoutée au prix de l'importation :

$$125 \times 1,9099 = 239 \text{ RD\$ par tonne métrique pour deux unités NPK}$$

$$125 \times 1,9616 = 245 \text{ RD\$ par tonne métrique pour une unité NPK}$$

III.3.6.4- Nouvelle marge bénéficiaire

La comparaison des nouveaux prix de revient des éléments fertilisants contenus dans les formules NPK et les prix officiels communiqués en septembre 1974 est résumée dans le tableau suivant :

- Azote : 573 ou 588 au lieu de 787 RD\$ par tonne métrique
- P_2O_5 : 698 ou 778 au lieu de 923 RD\$ par tonne métrique
- K_2O : 239 ou 245 au lieu de 257 RD\$ par tonne métrique

Malgré une augmentation sensible du prix du P_2O_5 dû à la fabrication locale de l'acide phosphorique, il reste encore une différence importante par rapport aux prix de septembre 1974.

En supposant que le prix actuel des éléments fertilisants serait maintenu pour la première année d'exploitation, le chiffre d'affaires pour le complexe industriel fonctionnant à pleine capacité a été estimé à 108.832.500 RD\$. La marge bénéficiaire serait dans ces conditions :

$$108.832.500 - 82.570.000 = 26.262.000 \text{ RD\$ pour deux unités NPK}$$

soit 31,8% du bilan équilibré.

Pour une unité NPK, la marge bénéficiaire deviendrait à pleine capacité :

$$54.416.250 - 44.070.000 = 10.346.250 \text{ RD\$}$$

soit 23,4% du bilan équilibré.

Si le complexe industriel ne fonctionnait pas à pleine capacité,

.../...

les variations de la marge bénéficiaire en fonction de la production , s'établiraient comme suit :

Montant en 1.000 RD\$	2 unités NPK				1 unité NPK	
	400.000	300.000	200.000	100.000	200.000	100.000
<u>Production annuelle</u>	400.000	300.000	200.000	100.000	200.000	100.000
- Dépenses variables	48.120	36.090	24.060	12.030	24.060	12.030
- <u>Dépenses fixes</u>	<u>7.650</u>	<u>7.650</u>	<u>7.650</u>	<u>7.650</u>	<u>5.230</u>	<u>5.230</u>
- Frais d'exploitation	55.770	43.740	31.710	19.680	29.290	17.260
- Ensachage	3.200	2.400	1.600	800	1.600	800
- Frais financiers	7.085	7.085	7.085	7.085	4.365	4.365
- <u>Impôts (20%)</u>	<u>16.515</u>	<u>13.306</u>	<u>10.099</u>	<u>6.891</u>	<u>8.817</u>	<u>5.606</u>
Total	82.570	66.531	50.494	34.456	44.070	28.031
- <u>Chiffre d'affaires</u>	<u>108.832</u>	<u>81.624</u>	<u>54.416</u>	<u>27.208</u>	<u>54.416</u>	<u>27.208</u>
- Marge bénéficiaire	26.262	15.093	3.922	-7.248	10.346	-823

Il existe un déficit lorsque la production est limitée à 100.000 tonnes métriques pour une ou deux unités NPK . Le point d'équilibre se trouve à environ 165.000 T.M. par an pour deux unités NPK , soit 41% de la capacité théorique . Pour une unité NPK , le point d'équilibre se trouve à environ 108.000 T.M. par an soit 54% de la capacité théorique .

Il faudrait que la production soit inférieure à ces limites pour que la Société soit déficitaire et , sous réserve de confirmation des prix utilisés dans les calculs , il apparaît une marge suffisante pour assurer la rentabilité du projet puisqu'il a été commercialisé environ 163.000 T.M. de formules NPK en 1973 .

III.4 ÷ CONCLUSIONS SUR LE PROJET DE FABRICATION D'ENGRAIS NPK

En prenant pour base les prévisions de consommation d'éléments fertilisants pour l'année 1980 et en se limitant à 70% de ces besoins pour réserver une marge de sécurité , il est possible d'établir un projet rentable de fabrication d'engrais NPK en République Dominicaine .

Les 30% supplémentaires continueraient à être fabriqués par les Sociétés de mélange qui existent actuellement, de manière à limiter les frais d'exploitation pour les formules spéciales de faible tonnage , ce qui permettrait de maintenir leur activité . Elles pourraient même utiliser les formules standard de la nouvelle installation comme matières

.../...

premières pour leurs productions , dans la mesure où les prix de ces engrais seraient plus avantageux que l'importation :

III.4.1 - Du point de vue technique

Deux variantes ont été étudiées :

- la première variante consisterait à utiliser des produits semi-élaborés importés comme l'ammoniac , l'acide phosphorique , l'acide sulfurique et le chlorure de potasse pour les transformer en formules NPK dans deux unités de 25 T.M./heure de capacité pour une production totale de 400.000 T.M. par an .
- la deuxième variante consisterait à construire un complexe industriel qui comprendrait , en plus des deux unités NPK précédentes , une unité de fabrication d'acide phosphorique à partir de phosphate importé , de 54.600 T.M. de P_2O_5 de capacité annuelle ainsi qu'une unité de fabrication d'acide sulfurique à partir de soufre importé de 302.000 T.M. de capacité annuelle .

III.4.2 - Du point de vue localisation

Il y aurait intérêt à construire les nouvelles installations à proximité immédiate d'un port pouvant recevoir des navires de 10.000 T.M. de charge utile minimum . Il faut signaler à ce sujet qu' il existe un projet d'aménagement du port de Haina (12 km à l'ouest de Santo-Domingo) avec une zone industrielle qui pourrait convenir à la nouvelle usine .

Pour une installation d'engrais NPK située loin du port , il se poserait un problème de transport des produits importés , en particulier pour les matières liquides qui devraient être acheminées par pompage ou par camions citernes .

III.4.3 - Du point de vue commercial

La décision de fabriquer des engrais NPK en République Dominicaine doit tenir compte de la consommation probable des différentes formules au moment où l'usine serait en mesure de démarrer sa production . Une étude de marché permettrait de confirmer les besoins en éléments fertilisants

.../...

et les prix des produits de base , de recalculer les prix de revient pour cette époque et de les comparer aux prix de vente actualisés .

Il faudrait confirmer que le niveau de consommation de formules NPK serait suffisant pour dégager une marge bénéficiaire justifiant la construction de deux lignes d'engrais . Dans le cas contraire , il serait encore possible de ne construire qu'une unité NPK et de réduire éventuellement de moitié les capacités de production des acides phosphorique et sulfurique en attendant l'évolution des besoins locaux .

III.4.4 - Du point de vue économique

Le bilan établi d'après les estimations des investissements , des frais d'exploitation , des charges financières et des impôts , pour une production de 100.000 tonnes métriques par an, permet de dégager une marge bénéficiaire importante par rapport aux prix officiels actuels des éléments fertilisants . Le point d'équilibre se situe pour deux unités NPK :

- à 100.000 T.M./an ou 25% de la capacité pour la première variante
- à 165.000 T.M./an ou 41% de la capacité pour la deuxième variante avec fabrication des acides phosphorique et sulfurique .

Si ces estimations étaient confirmées par l'étude de marché à l'époque du démarrage de l'usine alors que la consommation prévue ne dépasserait pas 200.000 tonnes , il faudrait cependant construire deux unités NPK . Dans le cas du complexe industriel , en particulier , la construction en deux étapes , avec deux unités d'acides phosphorique et sulfurique réduites de moitié grèverait le coût des investissements et les frais d'exploitation . Ce qui engagerait la rentabilité de l'avenir .

Il faut signaler par ailleurs que le complexe industriel permet de faire des économies de devises sur l'importation des matières premières , estimées à $48.650.000 - 46.260.000 = 2.390.000$ RD\$ par an . Il permet également de faire bénéficier la République Dominicaine de la valeur ajoutée sur les acides fabriqués localement et d'augmenter le nombre d'emplois créés par la réalisation du projet .

Cependant il est nécessaire d'indiquer que le prix de revient des éléments fertilisants , notamment le P_2O_5 , serait plus élevé dans la deuxième variante . En maintenant le prix de vente des engrais au même niveau , la marge bénéficiaire serait réduite .

.../...

III.4.5 - Recommandations sur la fabrication des engrais NPK

Les prévisions de consommation des éléments fertilisants en 1980 sous forme d'engrais NPK ont été estimées à 552.000 tonnes métriques . En laissant une marge de 30% au bénéfice des Sociétés de mélange qui existent actuellement , il est recommandé de prévoir une installation d'une capacité de 400.000 T.M./an .

Le projet de construction d'une usine de fabrication d'engrais NPK a été étudié selon deux variantes :

- en se limitant au stade final de la production à partir de produits intermédiaires importés . Dans ce cas il est recommandé de construire deux unités de 25 T.M./heure de capacité moyenne pour un investissement estimé à 21.500.000 RD\$.
- en fabriquant sur place les acides phosphorique et sulfurique à partir de matières premières importées , ce qui augmenterait l'investissement à 39.000.000 RD\$, pour la même capacité d'engrais .

Le choix entre ces deux variantes dépend probablement du crédit dont disposerait le Gouvernement Dominicain pour réaliser ce projet , compte tenu d'un emprunt éventuel auprès des organisations internationales . Les deux variantes sont considérées comme rentables .

Le problème de la fabrication des engrais NPK a été résolu sur le plan technique dans de nombreux pays et il est recommandé de lancer un appel d'offres international pour connaître le coût actuel des équipements nécessaires . L'assistance technique d'un Expert de l' O.N.U.D.I. serait utile pour rédiger cet appel d'offres et aider les autorités gouvernementales à sélectionner les propositions des constructeurs .

Grâce à l'étude de marché qui permettrait de confirmer les prix des matières et les consommations d'engrais NPK , connaissant le montant exact des investissements de la nouvelle installation , le Gouvernement de la République Dominicaine aurait tous les éléments pour vérifier la rentabilité du projet et prendre une décision sur l'opportunité de sa réalisation .

- - - - -

Références des documents utilisés

- 1) Corporación de Fomento Industrial - 5 juin 1970
Lettre adressée par Ing. Ubaldo F. Roa, encargado de estudios de la CFI, au Sr. José Andrés Aybar Castellanos, Director General de la CFI - Objet: Plantas de Acidos Sulfúrico y Nitrico.
- 2) UNIDO- SIS: Project Data Sheet - CK/AD/sbg/17.10.1973
- 3) UNIDO-SIS: Job Description - IS/DOM/73/013/11-01/05, 26.02.1974
- 4) Republica Dominicana - Presidencia de la Republica - Secretariado Técnico.
Lettres ST. Nos. 1013 du 4.04.1973 et 2876 du 15.11.1973
adressées par Sr. Julio C. Estrella, Secretario Técnico de la Presidencia, au Sr. Jawdat Mufti, Représentant Résident à Santo Domingo.
- 5) Dominican Republic - Consumption and Production of Fertilizers.
Statistiques de la FAO.
- 6) Republica Dominicana - Secretaría de Estado de Agricultura,
Lettre 18.233 du 14.08.1974, adressée par Sr. Carlos E. Aquino G.,
Secretario de Estado de Agricultura, au Sr. H. Buzeta,
Représentant Résident a.i. à Santo Domingo.
- 7) Corporación de Fomento Industrial,
Copie d'une note concernant: Plantas de acido sulfurico y nitrico.
- 8) USAID - Secretaría de Estado de Agricultura, 25.3.1974
Agricultural Sector Assessment for the Dominican Republic
- 9) Secretaría de Estado de Agricultura, mai 1974
Extensión y Capacitacion Agropecuaria
- 10) Informe de Evaluación, 3.03.1972
Complejo Industrial Pedemales SA
(fabrication de carbonate de calcium pulvârisé)
Etude en supplément de la mission.

Décomposition du temps passé au cours de la mission (durée 6 mois)

- 1.09.1974 au 4.09.1974 - ONUDI, Vienne - Voyage
- 4.09.1974 au 1.11.1974 - Etude de l'usine d'acide sulfurique - Rédaction du manuscrit concernant la 1^{ère} partie de la mission - Dactylographie
- 1.11.1974 au 30.11.1974 - Enquête sur les engrais en République Dominicaine - Etude des documents recueillis à Vienne et à Santo Domingo - Rédaction du manuscrit concernant la 2^e partie de la mission.
- 1.12.1974 au 21.12.1974 - Etude du rapport COINPESA concernant la fabrication de carbonate de calcium pulvérisé - Rédaction du manuscrit et dactylographie du rapport supplémentaire (publié le 17 janvier 1975)
- 22.12.1974 au 29.1.1975 - Etude d'une installation de fabrication d'engrais NPK - Rédaction du manuscrit concernant la 3^e partie de la mission - Dactylographie 2^e et 3^e parties.
- 29.1.1974 au 22.2.1975 - Publication et expédition du rapport final - correction de quelques exemplaires.
- 23.2.1975 au 28.2.1975 - Voyage à Vienne (ONUDI)
Retour en France

Personnes rencontrées au cours de la mission

1) Office du PNUD - Santo Domingo

- Sr. E. Ezcurra - Représentant Résident, PNUD, à partir du 8.09.1974
- Sr. H. Buzeta - Représentant Résident a.i., jusqu'au 7.09.1974
- Mr. Hans Kurz - Représentant Résident adjoint
- Mr. Michel Scaillet - Senior Agricultural Adviser/FAO
- Mr. F. Scavazon - Expert, FAO - Vallée du Cibao
- Mr. Selliés - Expert pour l'hydraulique
- Mr. Le Bourgeois - Expert maritime

2) Corporación de Fomento Industrial

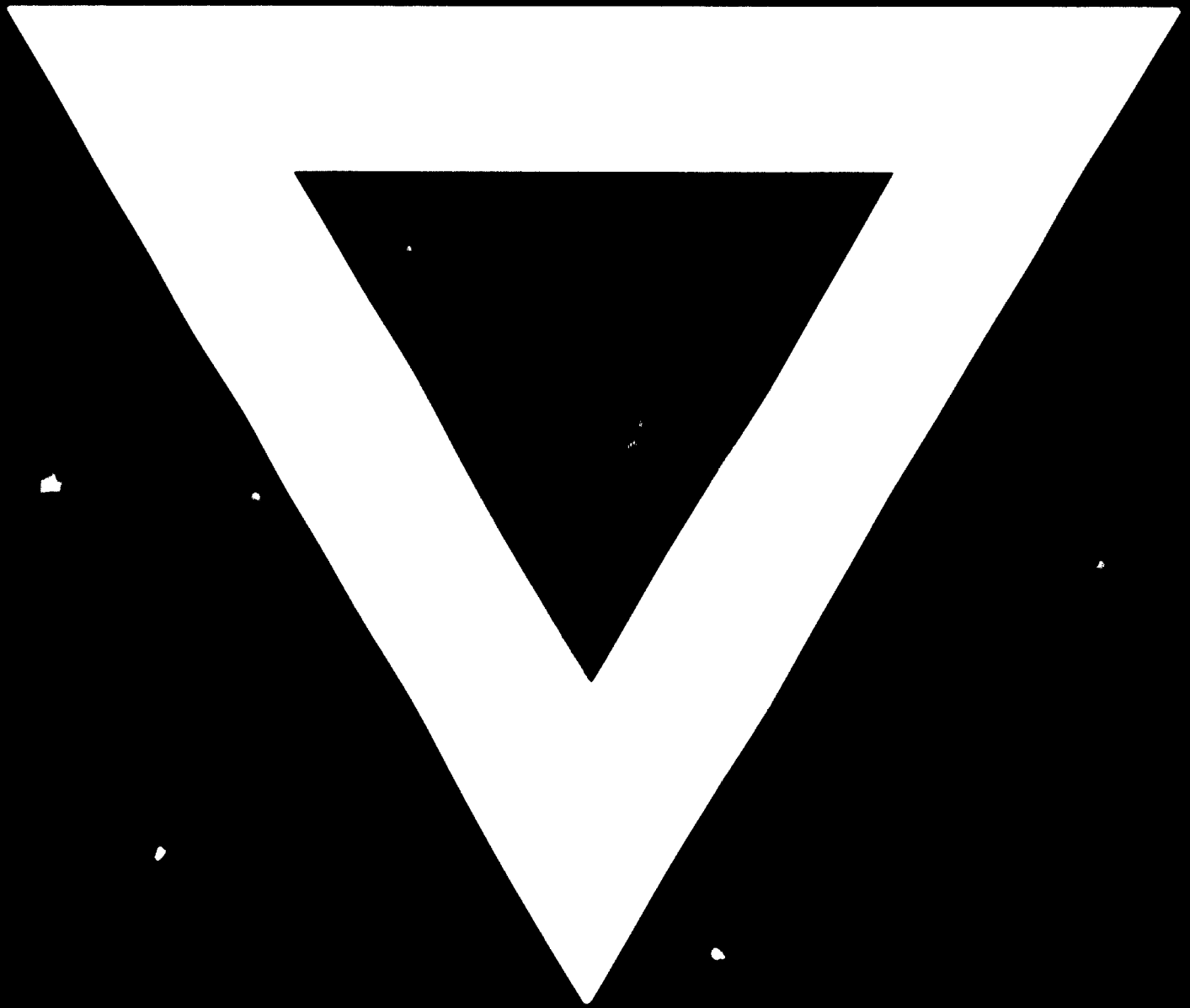
- Sr. Frederico Antun - Directeur général
- Sr. Milcia des Matos - Chef de la Division Financière
- Le. Silvestre Aybar Sanchez - Assistant du Chef de la Division Financière, chargé de la section promotion des prêts
- Ing. Caño, chargé des études de la promotion des prêts

3) Divers

- General Manuel Cuervé Gomez, commandant la zone militaire où se trouve l'usine d'acide sulfurique
- Colonel Villalones - do.
- Mr. Ojtozy - Ancien Directeur de l'usine
- Mr. Simon - Ancien Contremaître de l'usine
- Sr. Agapito Perez Luna, Sub Director de Planificación de Agricultura.



C - 346



77 . 10 . 07