



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.

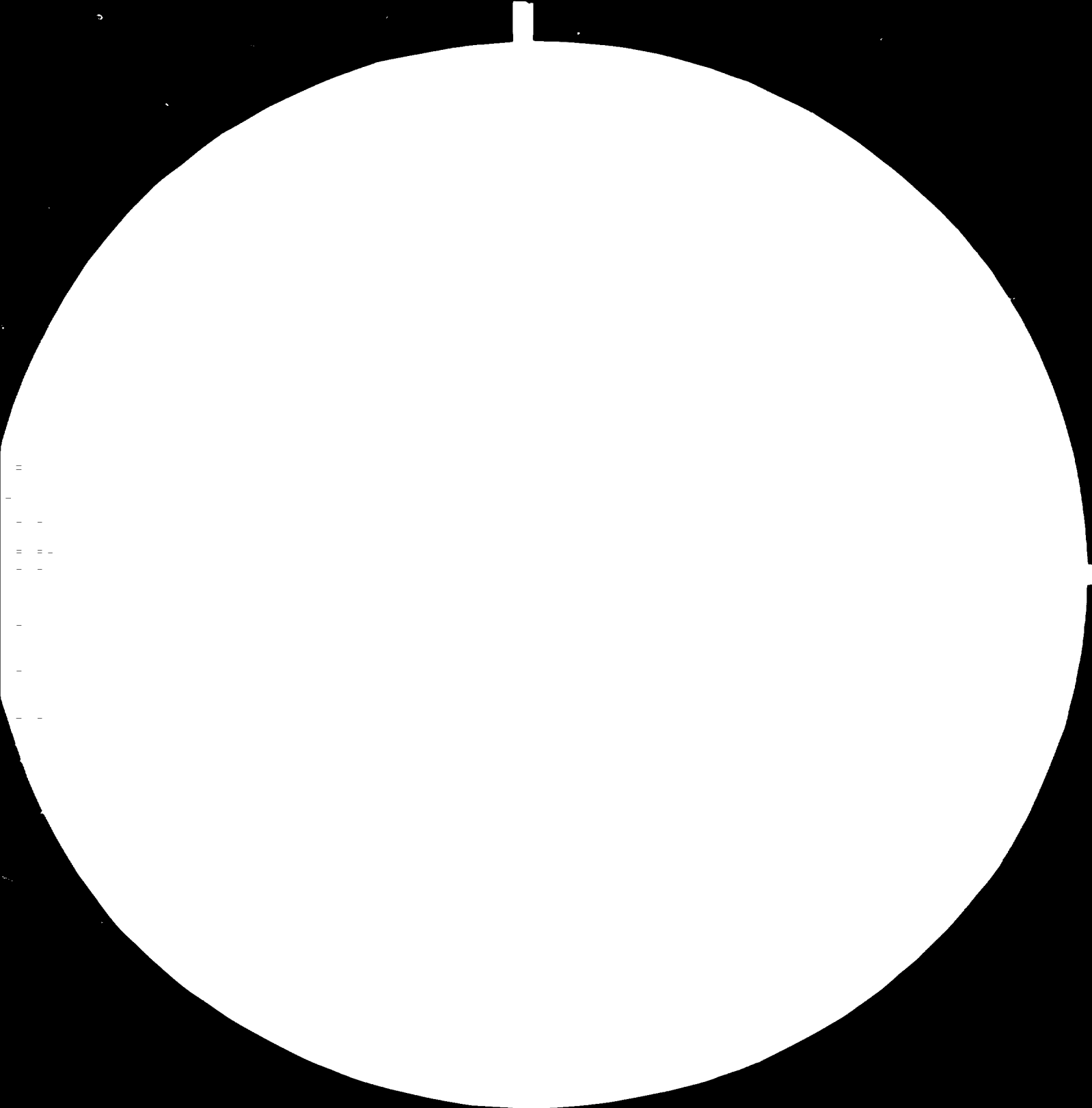
FAIR USE POLICY

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





3.2

4.5

6.3



Model name: P4041107, 11.1" x 14.1" x 1.1"

Resolution: 1280 x 800 pixels, 16.7 million colors

Model name: P4041107, 11.1" x 14.1" x 1.1"



ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL
VIENNE

Projet No. SI/COI/79/805

ETUDE DE PREFAISABILITE
SUR
L'ETABLISSEMENT D'UNE USINE DE CIMENT
EN
REPUBLIQUE FEDERALE ISLAMIQUE DES COMORES

POLYTECHNA - KERAMOPROJEKT
TCHECOSLOVAQUIE
Février 1981

S O M M A I R E

1	Aide - Mémoire récapitulatif	3
2	Contexte et historique du projet	14
3	Capacité du marché et de l'usine	18
4	Matériaux utilisés	30
5	Lieu d'implantation	70
6	Dossier technique du projet	71
7	Organisation de l'usine et frais généraux . . .	91
8	Main d'oeuvre	94
9	Calendrier de mise en oeuvre	96
10	Evaluation financière et économique	99
11	Bibliographie	125
12	Annexes 1 - 9	126

I A I D E M E M O I R E R E C A P I T U L A T I F

1.1 Promoteur du projet

Le Gouvernement de la République Fédérale Islamique
des Comores

1.2 Contexte et historique du projet

Orientation du projet

Le Gouvernement des Comores souhaite développer et accélérer la construction des logements urbains et des autres bâtiments et infrastructures nécessaires dans les trois îles afin de répondre aux besoins de la population en général et des administrations en particulier. Le prix élevé du ciment est un obstacle à la réalisation de cette politique et, conjugué avec le manque de devises, freine la demande de ciment. Il s'agit donc d'obtenir une source locale d'approvisionnement en ciment, se substituant aux importations, et non soumise aux restrictions de change et aux incertitudes du marché international du ciment.

Donc, conformément aux termes de référence, l'objectif du projet est de préparer une étude de préféabilité quant à l'établissement d'une usine de ciment.

La production du ciment doit assurer, premièrement, la consommation de celui-ci aux Comores. Toutefois, il se peut que le ciment, produit avec une addition de la pouzzolane locale, puisse avoir des propriétés (résistance aux eaux de mer par exemple) qui faciliteraient, éventuellement, son exportation en certaine quantité.

Au début de leur activité, les experts ont constaté l'absence totale du calcaire à l'Archipel des Comores, sauf le récif corallien frangeant, inexploitable dans des mesures industrielles. Le calcaire étant un composant de base pour la production du ciment, son absence aggrave les conditions de cette production aux Comores.

En cherchant une porte de sortie dans ces circonstances, les experts ont porté attention aux seules sources locales, susceptibles d'être utilisées, comme additifs, pour la production du ciment pouzzolanique:

- aux scories volcaniques de projection qui pourraient avoir des propriétés pouzzolaniques.

Tout bien considéré, ils ont proposé, comme une seule possibilité dans cette situation, la production du ciment sur le principe de l'importation du clinker, du gypse et de l'utilisation d'un des pouzzolanes locales comme additif.

L'activité des experts a été répartie:

- en travaux sur le champ en R.F.I. des Comores,
- en travaux du backstopping en C.S.S.R.

Sur le champ, les experts ont

- étudié le matériel géologique disponible,
- effectué la reconnaissance des localités probablement convenables des scories volcaniques, y compris le prélèvement des échantillons,
- examiné et rassemblé les informations sur l'énergie, les prix, les salaires, l'économie etc.,
- visité la localité prévue possible du chantier de l'usine.

Dans le cadre du backstopping, il a été réalisé:

- les analyses chimico-physiques et les essais technologiques des échantillons prélevés,
- la proposition complète de la production du ciment correspondant aux conditions de la R.F.I. des Comores.

1.3 Capacité du marché et de l'usine

La consommation du ciment aux pays en voie de développement aussi bien qu'à l'échelle mondiale va s'accroître. La demande est souvent limitée par les possibilités de l'importation tant dans le domaine de l'organisation que dans celui des devises.

L'importation du ciment qui, à la fois, exprime en R.F.I. des Comores la consommation de celui-ci, y a été évaluée pour la période 1968 à 1978. La quantité de ciment importé montrait, dans cette période, des variations considérables entre 7.769 t/an et 27.023 t/an.

Pendant l'existence de la R.F.I. des Comores indique l'importation du ciment un accroissement continu:

en 1976 -	9.175 t/an
1977 -	10.860 t/an
1978 -	14.582 t/an

A l'avenir, le développement du bâtiment y compris l'accroissement de la population donne la supposition d'une demande élevée.

Durant le séjour des experts, on a réalisé une recherche du marché et l'évaluation finale a été consultée avec des représentants du M.P.D.I. et du PNUD Moroni. Résultant de ces consultations, la consommation du ciment a été estimée à 30.000 t/an, à partir de 1985.

Dans cette quantité est comprise la possibilité de la production (et de la consommation, bien sûr) de plusieurs types (marques) du ciment, résultant de la demande et de la qualité des matières initiales.

La capacité de la production a été déterminée à 35.000 t/an et comprend la possibilité de l'exportation d'une certaine quantité de ciment, y compris une réserve de la capacité.

Un broyeur d'une capacité de 9 t/h a été choisi comme l'unité de base de production. On calcule avec une marche par équipes (à deux postes), à l'emploi du temps de 15 h/jour ce qui signifie 135 t/jour de ciment produit.

1.4 Matériaux et autres facteurs de la production

Les échantillons des roches pouzzolaniques une fois dans le cadre du backstopping évalués, la consommation moyenne des matériaux de base et auxiliaires a été déterminée comme suit:

Matières premières

Clinker	21.000 t/an
Pouzzolane	12.250 t/an
Gypse	1.750 t/an

Au total 35.000 t/an

Observation:

Le gypse est un additif indispensable qui règle la vitesse de la prise du ciment.

Matériaux auxiliaires

La consommation des sacs en papier pour l'expédition du ciment à 50 kg 8/5.000 pcs

La consommation de la charge du broyeur en boulets 2.500 kg/an

Fournitures d'atelier

La consommation supposée fait approximativement 0,15 kg/t de ciment; à la production annuelle ci-dessus indiquée, cette consommation est de 5.250 kg/an approx.

Services publics

L'énergie électrique est assurée par propre source - une groupe électrogène d'une puissance de 860 kVA.

La consommation du fuel pour la marche du central électrique et des camions est de 580.000 l/an approximat.

La consommation de l'eau industriel est supposée en quantité de 11.000 m³/an. Cette quantité relativement basse est facilitée par l'installation d'un circuit de refroidissement et représente une arrivée de 0,35 l/s d'eau (cela fait 211 m³/semaine).

1.5 Localisation et emplacement

La superficie de l'emplacement prenant 100 x 200 m approximativement, la localisation de l'usine aux alentours de la ville de Moroni n'apportera pas de difficultés particulières. Seulement, il faudra choisir un emplacement correspondant aux conditions de transport entre le gisement de Haboho et du port de Moroni. Cette distance fait 15 km. Par exemple, il serait possible de situer l'usine juste à côté de l'aérodrome ancien (très proche le port) ou bien à proximité d'un terrain de jeux, là, où se trouvait une station ancienne de concassage.

1.6 Aspects techniques du projet

La disposition technique du projet résulte des fonctions de base de la marche: stockage des composants (clinker, pouzzolane, gypse), broyage, stockage, emballage et expédition du ciment.

A ces sections de base sont ajoutées celles d'aide: ateliers, magasins, bâtiment administratif et installations sanitaires.

On a choisi des alternatives diverses, un système du broyage comprenant le transport mécanique (de la farine de ciment) qui n'est pas influencé par des conditions tropicales (l'humidité par ex.). Un des points importants

de la technologie, c'est l'installation de la centrale électrique dont le groupe électrogène produit l'énergie électrique pour l'usine entière.

La partie de construction est conçue pour des sections

- stockage du clinker,
- station de concassage,
- station debroyage,
- silos à ciment,
- centrale électrique,

comme constructions en béton armé.

Les bâtiments d'aide, tels que

- administration,
- laboratoire,
- ateliers,
- magasins,

sont prévus comme des constructions légères montées.

Les conditions pour les soubassements sont bonnes aux alentours de la ville de Moroni.

1.7 Organisation de l'usine et frais généraux

L'organisation de l'administration, de la production et de la vente est assez simple pour cette usine relativement petite. Elle est répartie en sections de base comme suit:

direction de l'usine	- directeur
gestion de la production	- ingénieur-chimiste (technologue) en chef
machines, entretien, marche	- mécanicien en chef
installations électriques	- électromécanicien en chef
achat et vente	- économiste

Excepté les frais de production de base qui sont présentés dans le chapitre 10, on prévoit:

- frais généraux de l'usine...	
... 5 % de frais de production	160.000 g/an
- frais généraux de l'administration et de la vente...	
... 5 % de frais de salaires	18.000 g/an

1.8 Main - d ' o e u v r e

Nombre supposé de personnel:

a) Directeur de l'usine	1
b) Ingénieurs - techniciens (diplomés)	4
c) Techniciens (d'enseignement secondaire)	7
d) Administration	4
e) Ouvriers de profession	35
f) Ouvriers sans profession	9
<hr/>	
Au total	60

Une aide technique est supposée dans les sections:

- gestion de la production
- chimie, technologie
- centrale électrique, réseau
- ingénieur-électricien
- et installations électriques
- machines, marche et entretien
- ingénieur-mécanicien

1.9. Calendrier de mise en oeuvre

Durée de la construction et de l'installation de l'usine.

On prévoit 3.5 ans pour la réalisation complète du projet comme suit:

A. Travaux préparatoires	1 an
B. Construction de l'usine - travaux de construction	2,5 ans
C. Travaux de montage (1an après le démarrage des travaux de construction)	1,5 ans
D. Mise en marche d'essai - après	3,5 ans
E. Pleine marche de l'usine - après	4,0 ans

Durée de la période de mise en marche et de rodage de la production

Le démarrage de mise en marche d'essai est prévu:

3,5 ans après le début des travaux préparatoires

2,5 ans après le début des travaux de construction

Le procédé technologique de la production du ciment, au principe de broyage du mélange du clinker importé et de la pouzzolane locale, est comparativement simple.

L'agrégat du broyage choisi à transport mécanique du ciment est simple. Il n'y aura pas de problèmes concernant la mise en marche et le rodage;

Pour cette raison, on prévoit la durée de la période de rodage de 6 mois.

On peut prévoir la puissance du broyeur à boulets de 100 % après le rodage de 6 mois.

1.10 Evaluation financière et économique

Coût total d'investissements

Bâtiments et travaux de génie civil	1,700 000	§
Installation et machines	1,715 000	§
Documentation du projet, frais de transport, direction du montage et réserve	854 500	§
Dépenses de premier établissements	598 000	§
Capital de l'opération	960 000	

Total des coûts d'investissement 5,827 500 §

Change présumé 210 CFA = 1 US §

Financement du projet

Le financement plein de l'affaire, en bénéficiant des ressources extérieures, est prévu par emprunt de
5,827.500 §

L'étude prévoit une période du remboursement de l'emprunt de 10 ans au intérêt de 9 %.

Les conditions du financement ont été négocié avec le M.P.D.I.

Coût total de production ou de fabrication

Le niveau de coût de fabrication dépend du prix d'importation du clinker et du volume annuelle de la production du ciment. En présumant le prix d'importation du clinker de 80 §/t et la production de 35.000 t de ciment, les coûts de production sont:

	Années après:		
	5	10	14
démarrage de l'affaire	1	6	10
mise en marche			
Coût de fabrication	3365	3365	3237
Frais généraux de l'administration et des ventes	18	18	18
Coûts financiers	438	262	52
Total des coûts de production	3821	3645	3307
Coûts de production/l tonne ciment (\$)	109,17	104,14	94,48

Evaluation financière

Valeur actualisée nette
(taux d'actualisation 15 %)

- en cas d'un projet ne
bénéficiant pas de finan-
cement extérieur 457.000 \$

- en cas d'un projet bénéficiant
d'un emprunt en pleine extension 1,766.000 \$

Ratio de rentabilité interne 18,85 %

Période de remboursement, calculée
depuis le démarrage de l'affaire entre 7. - 8. an

Période de remboursement, calculée
depuis le démarrage de la mise
en marche entre 4. - 5. an

Patio de rentabilité simple

- à 1^{ère} année de la marche pleine 11 %

- à 6^{ème} année de la marche pleine 14 %

- à 10^{ème} année de la marche pleine 20 %

Seuil de rentabilité se trouve
à l'alternative de base (prix du clinker
80 \$ et prix de vente du ciment 128 \$)

- à 1^{ère} année de la production pleine au niveau de 65 %
de capacité totale

- aux années suivantes à peu près au niveau de 50 %
de capacité totale

Analyse de sensibilité

Influences principales sur l'économie de l'usine:

- prix de vente du ciment
- prix du clinker importé
- exploitation de la capacité de production

Le rapport de ces points influence le seuil de rentabilité.

Ci-dessous on présente un tableau informatif de la sensibilité du seuil de rentabilité, déterminant l'exploitation de la capacité de production en %:

Prix du ciment	120 \$/t	128 \$/t	135 \$/t	Seuil de rentabilité en exploitation de 100 % et prix minimal du ciment
Prix du clinker				
80 \$/t	72 %	63 %	55 %	106 \$/t
90 \$/t	82 %	68 %	61 %	112 \$/t
100 \$/t	96 %	79 %	68 %	118 \$/t

Les valeurs en % indiquent l'exploitation de la capacité de production au seuil de rentabilité, où le résultat économique (la différence entre produit des ventes et coûts) est nul. Le tableau a été élaboré à la base des coûts de production annuels moyens pour 10 ans de la marche de l'usine (voir chap. 10 - 4).

Evaluation économique nationale

Le financement du projet serait assuré, conformément à l'accord du M.P.D.I., par un emprunt complet de l'étranger. Même avec ce mode de financement, une protection effective des devises est bien possible, ressortant de la production même du ciment à l'avenir.

<u>Evaluation avantages - coûts: +)</u>		mille US\$
Recettes	35.000 X 128 . . .	4.480
Coûts d'exploitation (voir tabl. nos. 10-3/1.2 et 10 - 12)	. . .	-3.303
		<hr/>
		1.177
Amortissement		- 342
		<hr/>
		835
Taux de rentabilité	$\frac{835}{5.827,5} \times 100 =$	<u>14 %</u>

Diversification industrielle économique

La construction de l'usine de ciment facilite celle des autres établissements industriels.

Estimation des créations d'emplois:

$$\frac{5.827,5}{60} = \underline{97,125 \text{ US\$}} \text{ par emploi}$$

<u>Estimation des économies de devises:</u>		mille US\$
Remplacement de l'importation		4.480
Exportation	--	
Amortissement	342	
Intérêts	262	
Importations courantes (clinker, gypse, fuel, pièces détachées, sacs en papier)	2.386	-2.990
		<hr/>
		<u>1.490</u>

1.11 Recommendations

- 1) Négocier l'importation du clinker du point de vue économique et d'organisation y compris la contre-valeur de la pouzzolane exportée.
- 2) Préciser la prospection géologique des matières premières pouzzolaniques.
- 3) Examiner les conditions de l'alimentation en énergie électrique.
- 4) Examiner les conditions de l'alimentation en eau.
- 5) Examiner les conditions du déchargement du clinker et du gypse au port Moroni, évent. réaliser les adaptations techniques du port.
- 6) Examiner les conditions du chantier choisi.

+) N.B. Coûts moyens dans la 6^{-ème} année de la production.

2. CONTEXTE ET HISTORIQUE DU PROJET

2.1 Promoteur du projet

Le Gouvernement de la R.F.I. des Comores

2.2 Historique du projet

Conformément à la demande de la R.F.I. des Comores (Ministère de la Production et du Développement Industriel - M.P.D.I.) l'O.N.U.D.I. à Vienne a mis au concours la réalisation d'une étude, appelée:

"Etude de pré faisabilité sur l'établissement d'une usine de ciment en R.F.I. des Comores".

C'était l'entreprise du commerce extérieur Polytechna, Praha (CSSR) qui, en collaboration avec Keramoprojekt, l'Institut de Projection, Brno, a été chargé de la réalisation de cette étude.

Avant de projeter une cimenterie, c'est toujours la question des matières premières qui est primordiale, précédée indispensablement de recherches géologiques détaillées. Voilà-pourquoi, les experts MM. Köppl et Zak l'ont ouverte par correspondance avant le briefing et l'ont soulignée encore une fois au cours de celui-ci.

Juste avant le départ des experts pour Moroni, ceux-ci ont reçu les premières informations, très utiles, sur le caractère géologique des Comores (la lettre de l'O.N.U.D.I., Vienne, du 15/4/1980, soussignée par M. Behrens). Il en a résulté qu'il serait, peut-être, nécessaire de trouver une solution de remplacement, en considération de l'origine volcanique de l'île de Grande-Comore et, par conséquence, de l'absence probable du calcaire dans le terrain géologique insulaire.

MM. Köppl et Zak sont arrivés à Moroni le 26 avril 1980. A l'aéroport, c'était M. ABDOU Antoy, directeur du Développement Industriel au Ministère de la Production et du Développement Industriel (M.P.D.I.) à Moroni, qui les a attendus et amenés, après une présentation mutuelle, à l'hotel Le Coelacanthe.

Au Ministère - même, une pièce leur avait été réservée, à côté du bureau de M. ABDOU. Ainsi, une collaboration entre la Direction du Développement et les consultants était assurée.

Il en était de même, quant à la collaboration avec M. DEBASS Gabriel, expert du P.N.U.D., qui depuis leur arrivée travaillait avec les consultants sans interruption pendant leur séjour entier. Il les a présentés, successivement, au M. Belliard, représentant résident du P.N.U.D., à son adjoint et à M. Mukoko, chef de l'administration du P.N.U.D.

Au cours de leur séjour à la Grande Comore, les experts ont été accueillis, en présence de MM. ABDOU et DEBASS, par M. le ministre de la P.D.I. Ils lui ont expliqué les principes de leur travail, donné des renseignements sur des possibilités de l'exploitation des roches volcaniques comoriennes pour les buts de construction et ont discuté avec lui quelques questions techniques, concernant la production du ciment aux Comores et la formation des cadres techniques bien indispensable.

Pour apprécier la situation géologique, les experts ont prêté attention au rapport final de l'I.R.A.T., élaboré par l'Expédition Agronomique Française en 1975, et se trouvant (y compris les cartes) au M.P.D.I.

Ce rapport contient les indications de base sur le caractère géologique et celles complètes sur le climat de la Grande Comore. Hors de ce Rapport on a découvert un autre rapport géologique (écrit par J. de Saint Ours en 1960) qui se trouve au Musée moderne ouvert avant peu de temps à Moroni, et qui traite en outre tout l'Archipel des Comores.

Une autre documentation géologique plus détaillée et récente n'était pas disponible.

Toutefois, la documentation présentée a été assez suffisante pour en ressortir clairement le suivant:

- en R.F.I. des Comores, aucunes recherches géologiques, concernant les matières premières pour la production du ciment ou bien d'autres matériaux de construction, n'ont été jamais réalisées;
- l'absence totale du calcaire à la Grande Comore, sauf le récif corallien frangeant, inexploitable dans des mesures industrielles;
- possibilité d'exploiter des sources locales des pouzzolanes comme additif pour la fabrication du ciment.

Par cette constatation nous sommes allés à faire la proposition de fabriquer le ciment aux Comores à la base du clinker importé sous addition d'une roche volcanique (pouzzolanique) convenable.

Les données géologiques examinées ont confirmé, d'une part, les informations préalables (comprises dans la lettre du 15/4/80 ci-dessus mentionnée) et la nécessité de trouver une solution de rechange; d'autre part, elles ont permis de prélever des échantillons de reconnaissance:

-c'étaient les matières premières susceptibles d'être utilisées comme additifs pouzzolaniques pour ciment.

On a prélevé 14 échantillons des matières premières en quantité de 110 kg env. qui ont été envoyés en Tchécoslovaquie où dans le cadre du backstopping - on a fait des essais chimiques, physiques et technologiques.++)

Une attention élevée a été prêtée au prélèvement des échantillons de types divers des roches volcaniques parce que:

- seulement de certaines roches volcaniques sont convenables comme additifs pour la production du ciment;
- il est indispensable de confirmer leurs propriétés pouzzolaniques par essais chimico-technologiques, allant assez au détail.

Simultanément, il a été examiné:

- marché, demande et consommation du ciment,
- données statistiques,
- énergie, conditions locales,
- conditions d'investissement et de financement,
- salaires,
- conditions économiques,
- emplacement de l'usine.

Les experts ont terminé leur séjour à Moroni le 24 mai 1980. Quelques jours avant le départ, on a fait enregistrer à l'Air Comores comme cargo les caisses contenant les échantillons de roches volcaniques prélevés, avec la destination pour la Tchécoslovaquie.

Avec les représentants du PNUD et du M.P.D.I. on a discuté, avant départ, les résultats de la mission en présentant la proposition préalable de la production du ciment en R.F.I. des Comores, contenant:

- proposition de la technologie et de la capacité de la production,
- proposition de l'emplacement, de la consommation énerge-

++) N.B. Par l'évaluation des types des pouzzolanes convenables, il a été confirmé que, du point de vue technologique, la réalisation de la solution de rechange est possible.

D'après les résultats des essais et des analyses il s'avère que l'additif le plus convenable est de la pouzzolane se trouvant à la localité HABOHO.

tique,

- conclusions de financement.

En Tchécoslovaquie, après le retour, les experts réalisaient successivement:

- proposition complète de l'usine d'après les termes de référence,
- essais chimico-physiques et technologiques des échantillons prélevés,
- l'évaluation de la matière première pouzzolanique la plus convenable.

2.3 Coût des études et/ou des recherches déjà effectuées

Aucune autre étude, concernant la production du ciment, éventuellement celle d'autres matériaux de construction, n'avait été réalisée avant cette présente étude de pré-faisabilité.

3. CAPACITE DU MARCHE ET DE L'USINE

3.1 Demande et marché

La production du ciment en R.F.I. des Comores n'existe pas. L'absence totale du calcaire (sauf celui du récif corallien, inexploitable) exclut pratiquement une production industrielle des matériaux de construction sur la base de la calcite (CaCO_3).

Toutefois, en cherchant une solution de rechange (l'utilisation, si possible, des pouzzolanes locales), les experts ont lancé une enquête, en coopération avec des représentants du M.P.D.I. et de l'O.N.U.D.I. à Moroni, concernant l'importation antérieure du ciment ainsi que sa consommation estimative à l'avenir. Dans ce sens, on a mené, notamment, les consultations avec des sociétés importantes:

- Compagnie Comorienne de Construction,
- Société des Grands Travaux de l'Etat,
- Etablissement EEICC,
- Direction des Travaux Publics.

Les résultats de cette enquête, avec des données statistiques, sont devenus une base pour l'estimation de la consommation à l'avenir du ciment. Pour avoir de grandes vues sur l'importation du ciment en R.F.I. des Comores, on présente dans le tableau ci-dessous un aperçu de cette importation.

PRECIS SUR IMPORTATION DU CIMENT

année	t/an	MILLE CFA
1968	7.769	46.337
1969	8.862	59.205
1970	9.823	72.585
1971	10.083	81.281
1972	12.317	109.088
1973	7.747	63.747
1974	27.023	268.280
1975	19.089	251.276
1976	9.175	131.125
1977	10.850	160.321
1978	14.582	222.253

Cette importation, égale pratiquement à la consommation du ciment, indique des variations considérables en décennie de 1968 à 1978. Au cours de l'existence de la R.F.I. des Comores, on constate un accroissement continu de l'importation:

1976 - 9.175 t/an
 1977 - 10.860 t/an
 1978 - 14.582 t/an

Il résulte de ces valeurs que, en 1976 et 1977 (en deux ans), l'accroissement de la consommation (importation) du ciment fait 59 % et en 1978 (en un an) fait cet accroissement 34 % approx. Les données statistiques suivant 1979 et 1980 n'étaient pas, pendant le séjour des experts, encore disponibles.

Il faut souligner que les valeurs ci-dessus indiquées ne comprennent pas celles de l'île de Mayotte.

Cet accroissement et les possibilités du développement de la consommation du ciment une fois discutés avec les représentants des maisons ci-dessus mentionnées et avec ceux du M.P.D.I. et de l'O.N.U.D.I., la consommation du ciment en 1985 a été estimée à 30.000 t/an.

Cette consommation présente un accroissement moyen de 15 % par an. Celui-ci a été jugé comme réel et acceptable dans la conclusion des consultations avec le M.P.D.I. et l'O.N.U.D.I.

Ainsi, cette estimation pour 1985 peut être acceptée comme une base pour la détermination de la capacité de production de l'usine proposée sans danger qu'elle soit exagérée.

Pour la détermination de cette capacité, deux facteurs sont encore importants:

- la réserve de capacité sans nécessité d'intervenir dans l'équipement de production,
- la possibilité de l'exportation. x)

A partir de la base de 30.000 t/an et en considération de deux facteurs ci-dessus indiqués, la capacité de production de l'usine proposée a été déterminée à 35.000 t de ciment/an.

x) N.B. Il est connu que les ciments pouzzolaniques résistent à l'eau de mer. C'est le cas de la production, proposée aux Comores. Ainsi, il serait possible d'envisager l'exportation d'un certain volume de ciment pouzzolanique comorien.

Parce qu'il s'agit, en général, de premières notions de la consommation du ciment en R.F.I des Comores, on recommande de compléter éventuellement, dans l'Etude de faisabilité, toutes ces informations par celles de 1979 à 1981, et par celles de l'île de Mayotte.

L'usine proposée est conçue avec une certaine flexibilité dans la capacité de production: il est possible de produire une quantité de ciment considérablement moindre que celle proposée (avec un effet économique pire, bien sûr), mais aussi est-il possible de produire une quantité élevée de ciment, avec un fond de temps élevé de la station de broyage.

Quant au prix du ciment importé, il se voit bien élevé en temps dernier, notamment à l'égard du fait que la fabrication du ciment consomme une quantité importante de combustible et d'énergie électrique. Aussi, les conditions assez aggravées par climat tropique influencent ce prix. Par expérience on peut constater que les pertes du ciment se portent jusqu'à 30 % en raison de l'humidité, de la saison des pluies, de la ruptures des sacs, des conditions aggravées du déchargement et du transport.

Les valeurs en mille CFA, données sur le tableau "Précis sur importation" et concernant les années 1968 à 1978, présentent le prix de base de l'importation et ne comprennent pas de majoration du prix du ciment provoquée par déchargement, transport, pertes et par frais généraux. Les prix précis de vente de la période de 1968 à 1978 n'étaient pas disponibles.

M. Abdou du M.P.D.I. a transmis aux experts une donnée relativement précise qui exprime le prix courant de vente pour 1980 seulement, c'est 31.000 CFA/t de ciment.

En partant du fait, que la question du prix du ciment est un régulateur important de la production et de la consommation de celui-ci, on calcule, dans l'évaluation économique de ce présent rapport, avec le prix de

26.880 CFA/t de ciment pouzzolanique comorien
(128 US\$/t approx.)

Ce prix a été calculé à partir:

- du prix informatif du clinker importé
- des frais complets de production.

Pour la même analyse économique de la production envisagée, le prix informatif du clinker importé a été déterminé à 16.800 CFA/t (80 US \$/t approx.)

Ce prix est ressorti d'une estimation professionnelle, résultant des prix mondiaux du clinker, en tenant compte des conditions de transport en R.F.I. des Comores. Lors du court séjour des consultants aux Comores, après l'investigation des matières premières, on a passé, par l'intermédiaire de l'ONUDI à Moroni, un télégramme à la cimenterie Bamburi-Mombassa à Kenya, demandant les renseignements sur la possibilité d'importer d'ici le clinker et d'indiquer le prix du clinker; jusqu'à la fin du séjour des consultants aux Comores nulle réponse est venue.

Quant au rôle de la production industrielle proposée dans l'économie politique du pays, elle faciliterait, entre autres, même le développement de la production des éléments divers de construction sur la base du ciment. Dans ces éléments (agglomérés, blocs creux), il est possible d'incorporer la même scorie pouzzolanique, proposée pour la production du ciment (scorie de Haboho). Donc, le mélange initial pour ces blocs se composerait de ciment pouzzolanique et de scorie naturelle granulaire, triée à une granulométrie convenable. Les agglomérés ou blocs ainsi produits pourraient favoriser, à prix de faveur, l'accroissement des constructions des maisons uni-familiales par exemple.

En tout cas, l'importation du clinker devient une question décisive (même si la quantité de pouzzolane est suffisante), non seulement du point de vue économique, mais aussi de celui du transport:

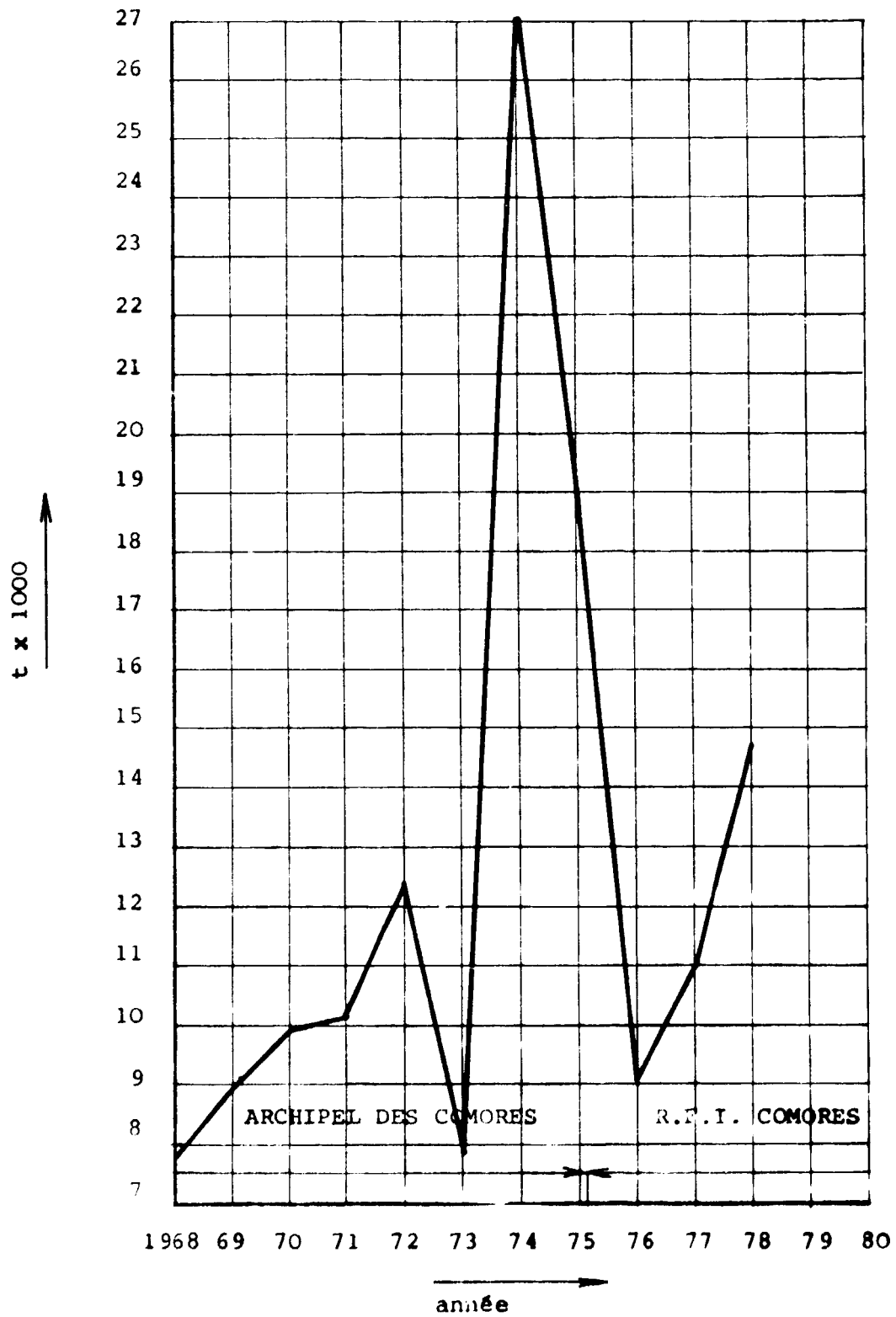
- le port à Moroni n'a pas de conditions favorables pour le déchargement du clinker, importé en vrac. Donc, c'est le point technique qui devra être résolu.

Il faudra passer un contrat avec une cimenterie (ou avec quelques cimenteries), comprenant, outre l'importation du clinker, éventuellement l'exportation de la pouzzolane comme une contre-valeur.

Cette exportation pourrait être favorable pour l'économie politique du pays.

Pendant le séjour bref des experts aux Comores, il n'était pas possible de résoudre cette question, s'agissant, évidemment, des relations commerciales internationales. Il sera nécessaire, peut-être, de résoudre le problème du port et les conditions de l'importation sous forme d'une étude spéciale qui devrait, par exemple, constituer une partie de l'étude de faisabilité.

On ajoute, à ce chapitre, les tableaux illustrant l'importation du ciment

Développement de l'importation du ciment

3.2 Pr é v i s i o n d e s v e n t e s e t c o m m e r c i a l i s a t i o n

Actuellement, la R.F.I. des Comores importe tous les matériaux de construction. En ce qui concerne les matières premières minérales locales, on les utilise, sur une étroite échelle seulement, pour les constructions de petites maisons de campagne. Ce sont p. ex.:

- scorie volcanique pour isoler des planchers,
- pierre de construction d'origine volcanique (basaltes), utilisée sous forme concassée pour la construction des routes,
- chaux vive, maigre, dont la matière initiale sont des fragments du récif corallien.

Cette chaux-ci n'est pas de qualité, cuite dans des meules primitives, à petit feu par bois, dont la consommation est excessive. Le gouvernement s'oppose à cette production et la défend, parce qu'on détruit, en ramassant les débris coralliens, non seulement le récif, lui-même, mais encore la faune et la flore dans cette zone littorale. La consommation excessive de bois mène directement au gaspillage de celui-ci dans la zone forestière limitée de l'île Grande Comore. Voilà pourquoi, la chaux, elle-aussi, est importée, et son prix est élevé.

Mais la chaux ne peut jamais remplacer le ciment ce qui est bien connu. Le ciment serait donc le seul des matériaux de construction, produit sur l'île dans l'échelle industrielle. Quant à son prix, il est possible de l'échelonner d'après le type (la marque) du ciment produit: la marque plus basse (= la classe plus basse de la résistance) contenant une quantité plus élevée de pouzzolane, serait à meilleur marché. Une telle marque pourrait, du point de vue technologique, remplacer la chaux importée (mais non dans le blanchiment).

On suppose d'exporter une certaine quantité de ciment pouzzolanique. Cela dépend de sa qualité et des contrats commerciaux avec les cimenteries, livrant le clinker.

La localisation du marché et le programme de vente résulte du caractère géographique de l'île de Grande-Comore. Supposé que l'usine soit située en proximité de la Capitale de Moroni, la vente serait concentrée, en partie prédominante, directement dans cette ville, où la concentration des habitants est maximale. Puis, le ciment sera transporté par camions

vers des petits villages, 40 km approximativement de Moroni à Mitsamiouli (au Nord de l'île), éventuellement à travers de l'île en direction de Kaimbani et plus loin encore vers Nord (60 km approximativement), et enfin vers Sud en direction de Fomboni. La route sur la partie sud-est de l'île est, actuellement, en construction. La vente comprendra, ainsi, relativement aisément l'île entier.

En ce qui concerne les autres îles de l'Archipel, aussi sera-t-il nécessaire d'y faire des embarcadères afin d'y pouvoir décharger le ciment. L'organisation de la vente et du transport du ciment sur ces petits îles n'apportera pas de difficultés particulières.

A titre d'information on trouve ci-après une liste:

- des cimenteries africaines qui produisent le ciment à partir du clinker importé,
- des cimenteries africaines qui produisent et le clinker et le ciment.

La fabrication du ciment à partir du clinker importé est un procédé courant de production dans les pays industriels ainsi que dans ceux du développement. D'après les données qui étaient à acquérir, on fabrique le ciment dans l'Afrique à la base du clinker importé dans plusieurs états (installations du broyage de ciment).

L'importation et le stockage du clinker sont avantageux, car le clinker n'est pas tellement influencé par l'humidité comme le ciment; quelquefois on peut stocker le clinker sous le ciel (au stock libre), et c'est pour cela que la création de plus grandes réserves en clinker et le broyage du ciment selon besoin permettent de régler les travaux de construction.

A P E R Ç U

de la fabrication du ciment à partir du clinker importé
en Afrique

état	\$/an	lieu
1. ALGERIE	20.000	Bedjala
2. BENIN	200.000	Cotonon
3. GABON	270.000 100.000	Libreville-Owendo, Estuaire Franeville Hant Ogoové
4. GHANA	200.000	Tema - Nauli, Acera
5. GUINEE	250.000	Conacry
6. HAUTE VOLTA	100.000	Qua - Gadongon
7. AFRIQUE DU SUD	-	Durban-Bellaire Natal
8. CAMEROUN	300.000	Banaberi, Bassa Donala
9. LIBERIA	91.000	Bushrod-Monrovia Montserrado
10. NIGERIA	60.000	Apapa
11. CÔTE D'IVOIRE	600.000 100.000	Abidjan, Sud-Ouest SanPedro, Sud-Ouest
12. REUNION	200.000	Saint Renis
13. REP. CENT. AFRICAIN	30.000	Bangul-Ombella M'Poko
14. SVASILAND	70.000	MATSAPA
15. TOGO	100.000	Lomé
16. ZAIRE	14.000 60.000	Jadotville, Kakontwe Catanga Oriental Katana, Lakekivu, Kivu Central

Les données au-dessus ne sont qu'indiquées au titre informatif, toutefois elles peuvent être différentes de la situation existante.

A F R I Q U E

Nombre des cimenteries d' après les états

état	usines en opération	usines en construc- tion plani- fiée	installations du broyage
Algérie	7	9	1
Angolai	2	1	
Benin	1		1
Burundi			1
Tchad		1	
Egypte	4	8	
Ethiopie	3	2	
Gabon		2	1
Ghana			2
Guinée		4	1
Haute Volta		2	1
Afrique du Sud	19		1
Cameroun	1	2	1
Kenya	2		
Congo	1		
Libérie			1
Yamahiriya Arabe Libyenne	3	4	
Madagascar	1	2	
Malawi	1		
Mali	1		
Maroc	6	5	
Mauritanie		1	
Mosambique	3		
Nigéria	9	1	1
Niger	1	1	
Côte d'Ivoire			3
Réunion			1
Zimbabwe	3		
Rwanda	1		
Sénégal	1		
Sierra Leone	1		

.../...

état	usines en opération	construction planifiée	installations du broyage
Somalie	1		
Empire de l'Afrique du Midi		1	
Soudan	3	3	
Svasiland			1
Tansanie	1	3	
Togo		1	1
Tunisie	3	4	
Ouganda	2		
Zaire	4		2
Zambie	2	1	
Afrique au total	87	61	20

Les données au-dessus ne sont que d'orientation et peuvent se différer de la situation actuelle.

3.3 Programme de production

Le programme de production résulte de la qualité du clinker importé et suppose la production de plusieurs types (marques) du ciment conformément à la quantité de pouzzolane ajoutée. Dans ce sens sera-t-il nécessaire de réaliser encore une série des essais technologiques (dans le cadre d'une étude suivante), auxquels le présent rapport donne la base (voir le chapitre 4). On devra faire ces essais avec le clinker qui, à l'avenir, sera importé.

Ici, il convient de rappeler, que les résultats des essais, présentés dans le chapitre 4, ne confirment que, du point de vue chimico-physique, la scorie y indiquée possède des propriétés pouzzolaniques; autrement dit, qu'il est possible de l'ajouter au clinker, grâce à ces propriétés.

La cimenterie ne produira pas d'autres produits et la production même sera sans déchets.

Les marques (classes) de production peuvent être échelonnées, soit selon les normes françaises AFNOR, soit le Gouvernement des Comores peut créer les normes comoriennes, d'après les normes françaises. Le programme de production doit en tout cas respecter la norme déterminée, l'acheteur ayant le droit de faire contrôler le ciment lui livré.

3.4 Détermination de la capacité de l'usine

La capacité normale possible de l'usine est donnée par la puissance de l'unité principale de production - broyeur à ciment, et par le nombre des heures de travail.

Il a été choisi un type de broyeur couramment produit, satisfaisant des conditions tropicales, d'une puissance de

$$9,0 \text{ t/h}$$

Supposant 15 heures de travail par jour (à deux postes), la production soit de

$$9 \times 15 = 135 \text{ t de ciment par jour.}$$

Etant donné 260 jours de travail par an, la cimenterie produira

$$135 \times 260 = 35.000 \text{ t de ciment par an.}$$

Le choix d'une marche à deux postes de la station de broyage résulte des raisons suivantes:

- dans des conditions courantes, chaque cimenterie (produisant même le clinker) se trouve dans la marche ininterrompue pendant 24 h/jour (310 jours/an approx.), vu le procédé thermique de la production du clinker, (dans des fours rotatifs par exemple);
- parce que la cimenterie proposée en R.F.I. des Comores ne produit pas de clinker, mais l'importe et broie, la marche ininterrompue n'est pas nécessaire; il ne s'agit pas de procédé technique continu;
- la marche à deux postes est avantageuse, du point de vue productif et économique: le deuxième poste est occupé par un nombre minimal de travailleurs. Ceux-ci sont dirigés par un contre-maître. La cimenterie complète, y compris le programme de production, est dirigée pendant le premier poste; les responsables transmettent des ordres au contre-maître du poste deuxième.

Cette conception est respectée même dans des autres pays en état de développement.

Le type de broyeur proposé est ainsi exploité durant 3.900 h/an; cela fait 45 % de fond de temps d'une année.

Ce type a des réserves en puissance comme suit:

- dans une exploitation élevée du temps productif,
- dans son propre travail de broyage.

Pour préciser la propre puissance du broyeur, le producteur demanderait les essais de broyage avec les matières initiales données (clinker, scorie, gypse).

Quant aux relations quantitatives entre la vente, la capacité de l'usine et des matériaux utilisés, le produit contient sans reste toutes les matières initiales conformément au pourcentage (en poids) moyen de celles-ci (60 % de clinker, 35 % de scorie pouzzolanique, 5 % de gypse). Le produit broyé (le ciment) est stocké dans les silos et puis vendu en sacs en papier à 50 kg.

Au cas où la quantité totale produite ne serait pas vendue, la marche de la cimenterie s'arrête au moment, où les silos à ciment sont pleins, ceux-ci comprenant au total 3.000 t de ciment, c'.-à-d. une production de 22 jours.

4. Matériaux utilisés

4.1. Matières premières

Avant de s'occuper de matières premières mêmes, on considère comme utile de décrire brièvement le caractère géologique de l'île de Grande Comore, notamment en relation aux matières premières, susceptible d'être utilisées comme pouzzolanes.

Quant au caractère géographique de l'île, il se trouve, décrit en détail, dans le rapport final de l'I.R.A.T. (1975), disponible au M.P.D.I. à Moroni.

CONSTRUCTION GEOLOGIQUE de l'île de GRANDE COMORE

(J. de Saint Ours, R. Battistini; D.F. Strong; I.R.A.T. 1975)
(Voir carte géologique ci-jointe)

En principe, l'île de Grande Comore est formée de deux volcans coalescents (STRONG, I.R.A.T.):

- Au Nord, le massif de la Grille, de 15 km de diamètre environ, marqué surtout par le volcanisme stromboliens, présente un sommet (Saoudzou 1087 m) en forme de dôme surbaissé, couronné de 120 cônes de lapilli bulleux (pouzzollane), jallonnant un réseau dense des fissures sub-meridiennes. Bien que formé par des éruptions fissurales répétées et centrées sur le massif, aucun conduit central n'a pu être mis en évidence. Les pentes du massif n'excèdent pas 7° (12 %). Aucune activité n'a marqué ce volcan depuis un siècle.
- Au Sud, le Kartala qui culmine à 2361 mètres. Ce volcan de forme grossière circulaire (diamètre: 24 km) contraste nettement avec celui de La Grille. Bien développé, il est un exemple de volcan à conduit central, terminé par une caldéira sommitale complexe, de grandes dimensions de 3.500 m du Nord au Sud et de 2.750 m d'Est en Ouest. La caldéira ne résulte pas d'une explosion, mais d'effondrements successifs emboîtés dans l'axe de la colonne de magma, comme cela est classique dans la plupart des volcans hawaïens. Le Kartala entre donc dans la catégorie des grands volcans à laves très fluides où la pression hydrostatique du magma se manifeste par des ruptures latérales d'où sortent les "coulées" (R. BATTISTINI). Les pentes du volcan atteignent $10 - 15^{\circ}$ (18 - 27 %). De nombreux cônes stromboliens adventices et de petites dimensions parsèment ses pentes.

Pétrographiquement, des contrastes existent entre les deux volcans (STRONG):

- Les laves du Kartala contiennent en moyenne 3,7 % de néphéline et peuvent se classer comme suit, en fonction du pourcentage d'olivine et de la présence ou non d'augite:

- . basalte alcalin
- . basalte alcalin à olivine
- . océanite
- . ankaramite
- . basalte feldspathique.

- Les laves du massif de la Grille contiennent en moyenne 11,5 % de néphéline et se répartissent entre:

- . basanite
- . basalte à néphéline.

Le coalescence entre les deux volcans se fait par un ensellement dont le point le plus bas se trouve à 510 m environ au-dessus du niveau de la mer. Il correspond à la région dite "Plateau de Diboini". Le volcanisme affleurant y est très récent.

L'appendice que constitue le massif de Badjini au Sud-Est de l'île apparaît avoir été construit entièrement par des éruptions fissurales ayant affecté le flanc Sud-Est du Kartala.

L'édification de l'île s'est effectuée en plusieurs phases (J. TRICART), dont la phase ancienne peut être située au Miocène inférieure et la phase moyenne au Pliocène.

Ce qui pourrait être intéressant du point de vue des matériaux de construction (pouzzolanes par exemple), c'est la phase récente qui, n'ayant peut-être que quelques dizaines de millénaires, se poursuit encore (éruption du Kartala de 1977).

En effet, c'est là où on situe des éruptions de "lapilli bulleux" pouzzolaniques, des projections des scories légères, des formations des cônes des cinerites, des coulées de lave scoriacées etc.

Le volcanisme de la phase récente a été particulièrement étudié par Battistini à l'occasion de l'éruption du Kartala en 1965.

Il convient de rappeler quelques types intéressants des formes de construction:

- Les cônes volcaniques à lapilli-bulleux - dominent surtout dans le massif de la Grille où ils témoignent d'une activité volcanique de type strombolien intense comme on peut en juger par la masse des cônes. On en trouve également dans le Badjini et plus rarement sur les flancs du Kartala où ils sont plus dispersés sauf sur le flanc Nord. Ces éruptions ont saupoudré les alentours, jusqu'à la mer parfois, les lapilli étant un matériel particulièrement léger.
- Les cônes de scories de projection - sont peut-être aussi fréquents que les précédents, mais plus petits, plus isolés sauf sur l'ensellement La Grille - le Kartala (voir l'échantillon n° 2 du point coté 603 de Haboho). Ils sont souvent situés sur les fissures qui donnent naissance aux émissions stromboliennes de coulées de lave. A la différence de lapilli bulleux, les scories restent localisées uniquement aux cônes eux-mêmes: ils ne saupoudrent pas d'alentours.

Un exemple-type de ces cônes est celui situé à 1,5 km au Sud d'Oussivo. (L'échantillon no. 2 représente la même scorie).

Il arrive que les cônes de scories soient saupoudrés d'un léger recouvrement de lapilli-bulleux ("pouzzolane") émis par une bouche d'émission voisine qui empêche de savoir, si le cône est à scories ou à lapilli. Seuls des sondages profonds le permettraient.

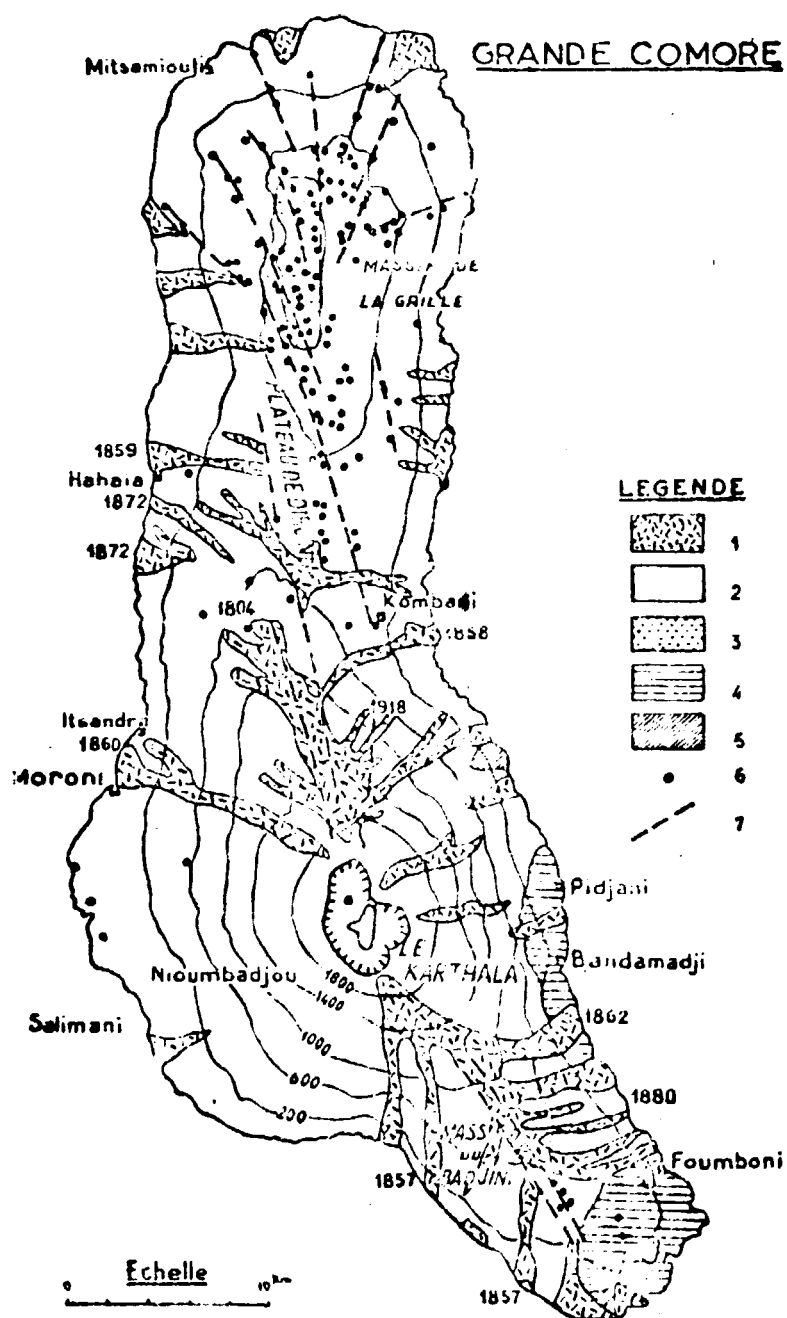
Eventuellement, certains cônes présentent des passées de scories et de lapilli-bulleux. C'est le cas du cône de Haboho, au sommet duquel est installée l'antenne de l'ORTF.+

Les cônes de cinérite sont très rares. Entre 0 et 1000 m d'altitude sont seulement deux: le N'Gouni et le Moindzaza au Sud de Moroni. Leur mise en place s'est accompagnée d'un saupoudrage de faible épaisseur des alentours entre M'Vouni et Nioumbadjou et la côte Ouest.

Les cônes comportent, pour la plupart, un ou plusieurs cratères bien visibles et fréquemment éguelés. L'éguèlement résulte de l'écoulement de la coulée qui empêche l'accumulation des scories à cet endroit; la coulée cherchant à s'écouler selon la plus grande pente, l'éguèlement est en général orienté dans le sens de la pente.

+) N.B.

Il en ressort qu'une prospection géologique détaillée indispensable avant l'ouverture définitive du gisement répondra aux questions importantes concernant l'exploitation de celui-ci, bien dirigée du point de vue tant technique que économique.



1. Coulées trichitiques reconnaissables sur les photographies aériennes verticales.
2. Coulées de la phase récente.
3. Pouzzolanes (projectifs stromboliennes) dominantes.
4. Laves à faciès basaltique de la phase ancienne.
5. Laves porphyriques melanocrates ankaramites, ankaramites, basaltites) de la phase ancienne.
6. Principaux édifices stromboliens de 1857.
7. Lignes de fracturation.

Mais la plus grande partie de l'île est couverte de coulées de lave, principalement sur les flancs du Kartala et sur l'ensellement la Grille-le Kartala. Ces coulées de lave qui ne sont pas intéressantes pour l'exploitation en tant que matériaux de construction (peut-être seulement sous forme de gravillon concassé pour la construction des routes), sont de trois types:

- coulées de lave scoriacées,
- coulées de lave à dalles,
- coulées intermédiaires.

Une description plus détaillée de ces types voir le rapport de l'IRAT 1975.

L'émission des coulées de lave se fait le plus souvent à partir de fissures situées sur les flancs du Kartala, du Badjni et de la Grille. Elles ne sont pas toujours accompagnées d'émissions de projection, si ce n'est de petits cônes de quelques mètres de haut. On est alors en présence d'éruptions hawaïennes: c'est le cas de la coulée scoriacée de Hawaia classée comme telle par BATTISTINI. Dans le cas d'éruptions stromboliennes elles sont accompagnées de projections qui donnent naissance à un cône: c'est le cas de la coulée à 1,5 km au Sud d'Oussivo, c'est également le cas de l'éruption du Kartala en 1972.

Toutes ces formes de construction sont en fait des formes adventices sans aucune commune mesure avec le volcan Kartaia proprement dit qui est le seul véritable volcan actuel (cf. BATTISTINI).

DESCRIPTION des MATIERES PREMIERES UTILISABLES

Il ressort de la description ci-dessus donnée que, dans les formations géologiques volcaniques jeunes, il n'existe pas de calcaire, indispensable pour la production du ciment, à l'intérieur de l'île. Ce fait avait déjà une fois constaté, en 1956, J. de SAINT OURS qui parle de non-existence des calcaires au-dessus du niveau de la mer.

Le récif corallien frangeant dont le composant principal, soit pur soit plus ou moins dolomitisé, est la calcite, bordant irrégulièrement l'île de Grande-Comore, ne peut pas être exploité pour des raisons non seulement technico-économiques, mais aussi pour celles d'une dévastation totale de l'environnement (des plates-formes littorales).

Ainsi, si l'on pense à la production du ciment sur la Grande-Comore, il ne reste rien d'autre que de chercher des matières pouzzolaniques qui, une fois mélangées avec du clinker importé, pourraient être transformées par broyage simple au ciment pouzzolanique.

Dans ce sens, il faut concentrer l'attention sur les formations (cônes) volcaniques, contenant des produits pyroclastiques, lapilli, cendres volcaniques, scories légères de projection, tufs, cinérites.

Ces matières premières pourraient contenir la silice en état amorphe, métastable, actif et posséder ainsi une activité pouzzolanique.

Principe de l'activité pouzzolanique

Le terme "pouzzolane" désigne toutes les matières premières siliceuses en poudre qui, elles-mêmes, n'ont pas de propriétés d'un liant hydraulique. Mais, une fois mélangées, en présence d'eau, avec l'hydroxide de calcium (chaux éteinte) ou bien avec le ciment portland, elles arrivent à ces propriétés, même à la température normale. Ce phénomène caractéristique s'appelle soit "l'activité" soit "l'activité hydraulique" des pouzzolanes.

Une des principales raisons de cette activité, valable pour tous les types de pouzzolanes, c'est la dispersion colloïdale du II^{ème} degré, apparente ou dissimulée, de leur composant de base. Celui-ci s'y trouve sous forme soit d'un gel plus ou moins déshydraté soit d'une phase vitrifiée et relativement dense.+

Il résulte, des essais sur une gamme de matières siliceuses diverses (JAMBOR 1961) que ce sont deux caractéristiques qui déterminent l'activité d'une pouzzolane:

- la capacité absolue de la pouzzolane de lier CaO en dépendance de la teneur en SiO₂ (ou Al₂O₃) actif;
- la cinétique réactive avec Ca(OH)₂ en dépendance de l'état de SiO₂ actif, évent. du caractère de la dispersion de celui-ci.

+ N.B. Il n'est pas possible de supposer, pour des pouzzolanes, une formation des composants typiques hydrauliques (comme par.ex. beta-C₂S- dicalcium-silicate) qui sont des porteurs mêmes des propriétés hydrauliques des laitiers basiques de haut fourneau, utilisés dans la production des ciments de laitier.

Les pouzzolanes qui ne contiennent que SiO_2 amorphe ou Al_2O_3 (sans additifs inertes) et dont les composants actifs indiquent une dispersion élevée du I^{er} degré et, simultanément, une dispersion du II^{eme} degré (colloïdale), se caractérisent par une activité élevée et initiale et totale.

Avec la teneur s'abaissant en SiO_2 et Al_2O_3 actifs, l'activité totale d'une pouzzolane diminue. Pareillement, l'activité initiale diminue avec le degré s'abaissant de la dispersion (surtout avec le II^{eme} degré), où la cinétique réactive diminue, elle-aussi.

Les additifs inertes présentent toujours une raison de l'activité plus basse. Par exemple, dans un kaolin actif la teneur en additifs inertes fait approximativement 10 %, tandis que dans un tuf basaltique atteint 40 à 50%.

L'utilisation large des pouzzolanes actives dans la production des liants hydrauliques, des mortiers et des bétons, présente un procédé efficace et économique non seulement pour l'augmentation de cette production, mais aussi pour l'obtention des liants aux propriétés spéciales.

Les ciments pouzzolaniques se manifestent par:

- chaleur d'hydratation basse, bonne stabilité volumique, résistance aux eaux agressives, bonne influence sur l'ouvrabilité des mélanges de béton et sur l'étanchéité du béton.

Pour ces propriétés, ces ciments sont convenables pour des constructions massives et hydrauliques.

Prélèvement des échantillons

(voir la carte ci-jointe)

Conformément à ce que les experts ont constaté précédemment sur les matières premières pouzzolaniques, ils ont prélevé les échantillons des matières suivant:

- éch. n^o 1

Localité: carrière de Haboho, sous l'antenne de radio.
Matière première: lapilli bulleux, provenant des projection volcaniques stromboliennes, de dimensions du gravier, de couleur noir, irisés, de l'aspect scoriacé rappelant le machefer, très légers, mais ne flottant pas dans l'eau.

- éch. n° 2A, 2B

Localité: point coté 603 m, à côté de la route, 2 km de Haboho en direction de Koimbani (carrière abandonnée?)

Matière première: scorie de projection, de couleur rouge-brun foncé (2A) à gris-rouge foncé (2B); poreuse, légère, mais un peu plus lourde que les lapilli.

- éch. n° 3, 4

Localité: Goulaïvoini, presque île rocheuse au Nord, à cote d'Ivoini, p.c. 66 m

Matière première: tufs, provenant du volcanisme ancien, de couleur gris-brun, parsémés irrégulièrement de grains blancs (calcitiques, dolomitique, siliceux). L'aspect macroscopique du tuf est "compact" avec la surface granuleuse.

- éch. n° 5

Localité: Ifoundihé Chadjou, point coté 230 m, au Sud.

Matière première: lapilli bulleux, semblable à ceux de Haboho, mais partiellement désagrégés.

- éch. n° 6

Localité: Daradjani (Nord), carrière abandonnée, à coté de la route à gauche, p.c. 172 m, en direction de Hadjam-bou à Chezani.

Matières premières: scories de projection légères, lapilli; hétérogènes; couleur jaunâtre, beige foncé, rougeâtre.

- éch. n° 7

Localité: cône volcanique Ouémani, à 4 km à l'Est de Mitsamiouli, à coté de la route

Matière première: lapilli, à surface désagrégée, de couleur de rouille, très légers.

- éch. n° 8A, 8B

Localité: M'Lima Hahaïa, grande carrière en face de l'aéroport;

Matières premières: couches superposées de scories de projection (8A) de couleur rouge, et du lapilli (8B) de couleur jaune - rougeâtre jusqu' à gris-jaune.

- éch. n° 9, 10

Localité: Cratères N'Gouni (9), Moindzaza (10), à quelques km au Sud de Moroni.

Matière première: cinérite, cendre volcanique, formant de grands blocs, solidifiés, désagrégés sur la surface, très poreux, de couleur gris-jaune à brunâtre.

- éch. n° 11

Localité: Singani-Hetsa (Sud), coulée de lave provenant de 1977

Matière première: scorie lourde de coulée de lave scoriacée, poreuse, de couleur gris-brun foncé.

- éch. n° 12

Localité: Chindini (Sud), point coté 41 m, carrière ouverte dans un cratère, à coté de village de Chindini.

Matières premières: scories hétérogènes de coulées de lave, de projection, de couleur très variée (rougeâtre, grisâtre, brunâtre).

Les échantillons n°^{OS} 1, 2A, 2B, 3, 4 et 5 considérés comme ceux de base ont été prélevés en quantités de 15 à 20 kg approximativement.

Les échantillons prélevés ont été répartis, mis en trois caisses et envoyés par avion en Tchécoslovaquie où ont été soumis aux analyses physico-chimique de base, à la détermination de l'activité pouzzolanique et enfin aux essais technologiques.

Observation: le prélèvement entier ne peut être considéré que comme préalable et de reconnaissance. Seulement un prélèvement détaillé, à partir d'une prospection géologique de la localité choisie, convenable pour les buts envisagés, donne une réponse définitive sur la qualité de la matière première concernée.

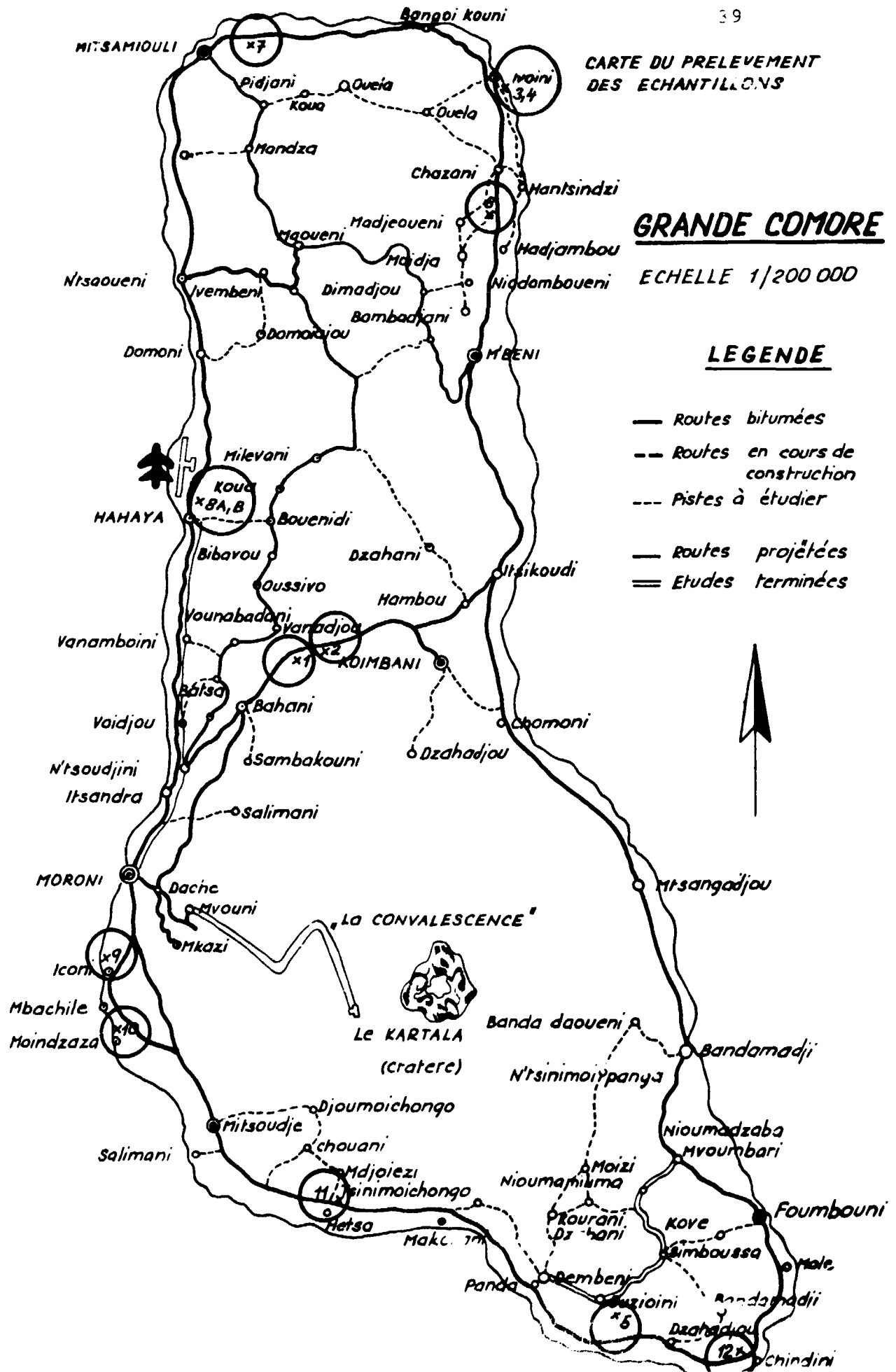
CARTE DU PRELEVEMENT
DES ECHANTILLONS

GRANDE COMORE

ECHELLE 1/200 000

LEGENDE

- Routes bitumées
- - Routes en cours de construction
- - - Pistes à étudier
- Routes projetées
- == Etudes terminées



Traitement des échantillons pour les essais

Par traitement unique de chaque échantillon (concassage, quartage et broyage succesifs) on a obtenu une quantité suffisante (de 200 g environ) de matière fine et homogène qui a été répartie en portions pour les analyses chimique, spectrale, thermique, par R. X. et pour la détermination de l'activité.

Par ce traitement on a parvenu au fait que tous les résultats sont mutuellement bien comparable.

Pour les essais technologiques on a pris les échantillons concassés qui ont été ensuite broyés d'une manière unique. Les observations microscopiques ont été réalisées sur les fragments choisis de chaque échantillon, d'après l'aspect macroscopique.

Une certaine quantité de chaque échantillon (original et broyé) a été mise à part, comme échantillon-témoin.

Renseignements sur les appareils de l'ATD et de RX

- analyse thermique différentielle (ATD):

appareil MOM Budapest "Derivatograph"

= pesée d'échantillon	500 mg
= étendue de TG	200 mg
= sensibilité de TGD	1/10
= sensibilité d'ATD	1/5
= programme	10° C/min

- analyse par R.X.

appareil tchécosl. GON 3 "Mikrometa" à diffractographe

= radiation: Cu	voltage: 30 kV
= filtre : Ni	intensité: 18 mA
= temps le sortie moyen:	5'
= temps d'entrée moyen:	5'
= vitesse de l'avancement de l'ordinateur Geiger-Müller = 1°/min	
= constante de temps - 3	

Résultats des analyses chimico-physiques de base

(par I.M.P.M. à Kutna Hora)

Composition chimique

(voir le tableau ci-joint)

Il s'agit de silicates, plus ou moins variables en élément de base (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO), parfois très proches en teneur en ceux-ci (n° 1, 2A, 2B; 3, 4; 8A, 8B;) dans lesquels uniquement les teneurs différentes en Fe_2O_3 et FeO distinguent l'un échantillon de l'autre (n° 2A, 3B). Ces derniers influencent la couleur des échantillons.

Une conclusion importante résulte de ces analyses:

- aucune de ces roches volcaniques ne pourrait être utilisée pour la production du clinker portland (et du ciment bien sur) comme matière brute silico-alumineuse en mélange avec le calcaire, même si celui-ci existait aux Comores;
- elles ne satisfont pas des valeurs habituelles des modules silicique ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (+FeO), alumino-ferrique ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ (+FeO)), variant respectivement entre 2,2 - 2,5 et 1,8 - 2,4;
- elles ont une teneur en MgO élevée à trop élevée (7 à 17 %) et celle en alcalis (K_2O et Na_2O) aussi.

Seulement ces roches, dont l'activité pouzzolanique est prouvée (voir le chapitre ci-après), peuvent être utilisée comme additif au clinker, produit par une autre cimenterie, pour la production du ciment pouzzolanique.

Composition chimique

Composant	Echantillon n°									
	1	2A	2B	3	4	5	6	7	8A	8B
Perte au feu	0,19	0,43	0,33	7,24	6,50	0,80	2,59	6,46	0,27	0,35
SiO ₂	47,26	46,99	46,90	44,93	43,88	46,11	40,38	42,42	44,45	45,24
TiO ₂	2,47	2,39	2,35	1,92	1,91	1,74	1,61	1,94	2,11	2,06
Al ₂ O ₃	14,79	14,29	13,71	11,98	12,51	15,98	10,99	12,26	13,31	13,11
Fe ₂ O ₃	2,26	6,33	11,30	7,09	6,83	9,00	13,77	9,29	11,86	10,88
FeO	9,31	5,22	0,85	3,78	4,13	5,19	2,84	4,86	0,48	1,33
MgO	7,07	7,76	8,03	11,47	11,84	10,53	16,98	17,17	11,92	11,62
CaO	11,40	11,30	11,43	8,78	9,23	6,66	8,34	4,28	11,67	11,18
Na ₂ O	3,01	2,87	2,87	1,08	1,18	2,05	1,15	0,39	2,65	2,88
K ₂ O	1,31	1,34	1,33	0,74	0,94	0,86	0,42	0,33	1,07	1,15
SO ₃	0,10	0,12	0,03	0,07	0,05	0,09	0,03	0,03	0,09	0,09
Total	99,17	99,04	99,13	99,08	99,00	99,01	99,10	99,43	99,88	99,89

Composition chimique

Composant	Echantillon n°			
	9	10	11	12
Perte au feu	4,50	5,74	0,85	0,44
SiO ₂	45,93	43,69	45,88	46,68
TiO ₂	2,22	2,03	1,98	2,44
Al ₂ O ₃	12,81	11,92	11,86	14,51
Fe ₂ O ₃	7,07	6,99	4,14	10,63
FeO	5,64	5,88	7,71	1,49
MgO	11,15	13,90	13,26	8,59
CaO	8,67	8,18	10,56	10,63
Na ₂ O	1,06	0,70	2,16	2,90
K ₂ O	0,78	0,56	1,00	1,23
SO ₃	0,10	0,09	0,09	0,09

Analyses thermiques différentielles (ATD)

(voir thermogrammes, annexes N^{OS} 1 à 7)

Conformément aux résultats caractéristiques de ces analyses, il est possible de diviser les échantillons éprouvés à deux groupes:

- groupe I - n^{OS} 1, 5; 2A, 2B; 8A, 8B; 11, 12;
- groupe II - n^{OS} 3, 4; 6, 7; 9, 10.

Les thermogrammes sont rangés de même façon. Le premier groupe comprend les types de roches originelles, non désagrégées, tandis que dans le deuxième groupe se trouvent les types plus ou moins métamorphisés par désagrégation.

Les échantillons du premier groupe ne montrent aucun abaissement de la courbe de TG (cf. perte au feu-composition chimique), plutôt on observe un accroissement léger de celle-ci.

Ceci témoigne une recristallisation successive avec la température s'élevant. D'après la courbe d'ATD même, cette recristallisation atteint le maximum (pic endothermique) entre 800 et 900° C (éch. n^o 1 et 5); éventuellement à une température plus élevée.

Un petit effet endothermique (éch. n^o 2B) à 120° C est provoqué par fuite de l'humidité adsorbée sur l'échantillon.

Les échantillons du deuxième groupe diffèrent de ceux du groupe précédant justement par cet abaissement de la courbe de TG qui atteint le maximum dans l'éch. n^{OS} 3 et 4. A cet abaissement correspond le caractère de la courbe dérivée de TGD. Les courbes d'ATD - mêmes montrent pratiquement dans tous les échantillons un pic endothermique autour de 100° C, indiquant la fuite de l'eau adsorbée. Ce pic-ci est suivi (éch. n^o 3 et 4) d'un petit autre (à 500° C), indiquant une déshydroxylation (libération des ions OH chimico-physiquement liés) jusqu' à la température de 750° C. Cet effet montre la présence (pas trop forte) de la montmorillonite dans l'échantillon. A partir de 750° C, la courbe de TG ne s'abaisse plus et celle d'ATD monte rapidement. Ce phénomène révèle une transformation par recristallisation de la montmorillonite, après sa déshydroxylation, en autre minéral (cf. analyses par R.X.).

Approximativement, il en est de même dans les autres échantillons de ce groupe. Conformément à leur degré de la désagrégation, les courbes de TG et d'ATD diffèrent l'une de l'autre, en soulignant soit une quantité différente de l'eau adsorbée (à 100°), soit une déshydroxylation (à 500°, éch. N^{os} 6, 7) d'un minéral argileux (illite ?). De plus, dans les échantillons N^{os} 9 et 10, une oxydation faible à 350° C (pic large exothermique) signifie la présence des matières organiques. L'élévation parfois brusque des courbes d'ATD, à partir de 800° C approximativement, exprime une recristallisation rapide des minéraux originels.

Analyse par R.X.

(voir diffractogrammes, annexes N^{OS} 6 et 7)

Les diffractogrammes sont regroupés de la même façon que les-hermogrammes précédents pour faciliter la comparaison des phases cristallines de tous les deux groupes d'échantillons.

Remarque aux diagrammes:

- les lettres individuelles signifient:

A = augite	D = diopside
F = feldspath	H = hématite
O = olivine	M = montmorillonite

R E S U L T A T S

- l'échantillon No. 1 contient, en prédominance, une masse amorphe et sa phase cristalline représentée en principe par l'augite, est basse;
- l'échantillon No. 5 contient des phases cristallines plus développées, représentées par diopside, olivine, hématite:
il y a donc une différence remarquable du point de vue minéralogique entre ces deux échantillons (1, 5) d'un aspect macroscopique semblable. La quantité de la phase cristalline est dans No. 5 plus élevée. En effet, son activité pouzzolanique est plus basse que celle de No. 1;
- quant aux autres échantillons du premier groupe (2A, 2B; 8A, 8B; 11, 12) leurs phases cristallines bien prononcées suppriment celles amorphes et diminuent ainsi leur activité pouzzolanique.

On peut remarquer des phases montmorilonitiques dans les échantillons des roches partiellement métamorphisées par désagrégation (Nos. 3, 4, 7, 9 et 10). Conformément au développement bas à moyen de leurs autres phases cristallines présentant: olivine, diopside, feldspath, hématite, ces roches pourraient posséder une activité pouzzolanique, la phase amorphe étant ici prédominante.

Observations microscopiques

Pour compléter les résultats des analyses précédentes, on a soumis quelques échantillons aux essais microscopiques. Il s'agit de n^{os}. 1, 2A, 3, 6 et 10.

Echantillon n^o 1 (lapilli volcaniques)

- composition minérale:

- = minéraux principaux - verre fondu hétérogène gris-brun
- = minéraux secondaires - pyroxènes (augite, diopside) Fe-oxides, olivine;
- = minéraux accessoires - plagioclases (andésite - labradorite) mélilite;
- la roche est fortement poreuse, les métamorphoses secondaires sont minimales; la distribution des minéraux cristallins est irrégulière;

- grosseur des minéraux

pyroxènes	0,02 - 1,2 (mm)
olivine	0,05 - 0,25
plagioclases	jusqu' à 0,15
Fe-oxides	" 0,x
mélilite	" 0,09

- teneur semi-quantitative en:

= masse amorphe vitrifiée	65 (3 vol.)
= pyroxènes	10
= olivine	7
= plagioclases	4
= mélilite	6
= Fe-oxides	3

Echantillon n^o 2A (scorie de projection):

- composition minérale:

- = minéraux principaux - verre fondu hétérogène
- = minéraux secondaires - pyroxènes (diopside-augite), olivine, Fe-oxides
- = minéraux accessoires - plagioclases (labradorite)

- la plupart des minéraux présents ont des formes des cristaux irréguliers; leur distributions n'est pas homogène; les métamorphoses secondaires ne sont pas remarquables;

- grosseur des minéraux:

pyroxènes	0,025 - 0,36 (mm)
olivine	0,06 - 2,5
plagioclases	0,07 - 0,3
Fe-oxides	0,0X - 0,X

- teneur semi-quantitative en:

= masse amorphe vitrifiée	61 (% vol.)
= pyroxènes	15
= olivine	10
= plagioclases	6
= Fe-oxides	8

Echantillon n° 3 (basalte métamorphisé exogènement, tuf?)

- composition minérale:

= minéraux principaux - produits de la métamorphose (minéraux argileux, montmorillonite et produits abondants provenant de la métamorphose de la masse vitrifiée et de celle de minéraux cristallins à grain fin;

= minéraux secondaires - pyroxènes (augit, moins de diopside) olivine;

= minéraux accessoires - fragments des plagioclases, magnétite, hématite, calcite

- la masse vitrifiée en état originel est pratiquement disparue; à sa place se trouvent des produits secondaires de la métamorphose, avec la montmorillonite verdâtre prédominante et avec une masse amorphe, dans laquelle on observe des fragments des lamelles de plagioclase. Un des produits de la métamorphose secondaire, c'est aussi la calcite. Les pousses originelles des pyroxènes et l'olivine n'ont pas subi des modifications importantes;

- grosueur des minéraux

pyroxènes	0,06	-	0,7 (mm)
olivine	jusqu' à		0,5
fragments de plagioclases	"		0,03
Fe-oxides	"		0,08

- teneur semi-quantitative en:

= produits de la métamorphose -	62 (¾ vol.)
= pyroxènes	19
= olivine	7
= calcite	3
= feldspath	4
= Fe-oxides	5

Echantillon n° 6 (lapilli volcaniques):- composition minérale:

= minéraux principaux - masse vitrifiée hétérogène de couleur brun-noir

= minéraux secondaires - fragments d'olivine, pyroxènes, minéraux argileux

= minéraux accessoires - fragments de plagioclases, magnétite, hématite

- cette roche représente un matériau typique volcanique vitrifié à des métamorphoses secondaires plus ou moins importantes, évident sur tous les minéraux, surtout sur la masse fondue; des matériaux originels, l'olivine est le mieux conservé;

- grosueur des minéraux:

olivine	0,02	-	3,0 (mm)
pyroxènes	0,06	-	0,4
fragments de plagioclases	jusqu' à		0,03
magnétite	"		0,02
hématite	"		0,02

- teneur semi-quantitative en:

masse vitrifiée et produits de la métamorphose	56 (% vol.)
olivine	21
pyroxènes	9
plagioclases	3
Fe-oxides	11

Echantillon No. 10 (roche basaltique métamorphisée):- composition minérale:

= minéraux principaux - produits de la métamorphose de la masse vitrifiée (minéraux argileux avec la montmorillonite prédominante), masse vitrifiée;

= minéraux secondaires- pyroxènes (augite, en petite quantité augit-diopside)

= minéraux accessoires- olivine, fragments des plagioclases, Fe-oxides

- une partie importante de la masse de base, en état originel formée de verre fondu et de plagioclases est transformée aux minéraux argileux avec la montmorillonite en prédominance;
- des feldspaths se trouvent dans la masse de base seulement sous forme des fragments: les pousses des pyroxènes ont seulement partiellement leur forme bien développée, essentiellement leurs cristaux ont un développement défectueux; l'olivine est présent en grains irréguliers, Fe-oxides en agrégats également de grains irréguliers;

- grosseur des minéraux:

pyroxènes	0,01 - 2,5 mm
olivine	sporadiquement jusqu' à 3 mm
plagioclases	autour de 3 mm
Fe-oxide-aggrégats	jusqu' à 0,08 mm

- teneur semi-quantitative en:

produits de la métamorphose y compris verre fondu	76 % vol.
pyroxènes	11
olivine	4
plagioclases	5
Fe-oxides	4

Observations aux analyses spectrales

Les résultats mêmes faisant beaucoup de volume, ils ne sont pas présentés ici, mais sont toujours disponibles aux archives de l'Institut à Kutna Hcra.

En principe, on n'a pas trouvé rien d'extraordinaire parmi ces résultats:

- dans la limite de 0, 0X à 0,X %, on a constaté que dans la plupart des échantillons se trouvent les éléments suivants: Ba, Cr, Mn, Ni, Sr, V et Zn. Toutefois ils ne peuvent nullement influencer dans cette quantité insignifiante, l'exploitation envisagée ou bien même la détourner dans une autre direction;
- dans la limite de 0,X à XO % on n'a trouver que les éléments déterminés précisément par les analyses chimiques.

Essais technologiques informatifs

(par l'Institut de Recherche à Brno)

Les essais technologiques ont été réalisés d'après les normes tchécoslovaques en vigueur (épreuves du ciment), étant en accord avec les normes internationales ISO.

Sous forme des ciments pouzzolaniques de laboratoire, on a soumis à ces essais les échantillons comme suit:

- n^{OS} 1 et 5, chacun séparément;
- n^{OS} (2A + 2B) unis à un échantillon en proportion 1:1
- n^{OS} (3 + 4) unis, eux aussi, en même proportion.

Simultanément, à titre de comparaison, on a soumis aux mêmes essais: un ciment de laitier et un ciment portland pur.

a) composition des mélanges:

- chaque mélange a été composé de
 - 65 % (au poids) de clinker
 - 35 % de roche volcanique (ou de laitier)
 - 5 % de gypse;
- le ciment pur a contenu: 95 % de clinker et 5 % de gypse;
- les mélanges ont été composés à partir d'un seul échantillon de clinker homogène, prélevé pour ce but directement de la production contemporaine dans la cimenterie de Malomerice - Brno;
l'échantillon de gypse a été repris dans la même cimenterie;

b) broyage de laboratoire des mélanges pouzzolaniques et des ciments comparatifs:

- chaque mélange a été broyé dans un broyeur de laboratoire à bille, de façon à obtenir une surface spécifique (une des mesures pour la finesse de broyage) s'approchant à 3000 cm²/g (d'après Blaine);
- le temps de broyage de chaque mélange a été mesuré.

Le broyage une fois fini, le ciment de laboratoire obtenu a été soumis:

- à la détermination par tamissage de la finesse de broyage,
- aux essais normalisées

c) préparation des prismes d'essais

- à partir du mortier normalisé, préparé de chaque mélange, on a confectionné des prismes d'essais; ceux-ci, après (1+2), (1+6) et (1+27) jours de durcissement (respectivement dans un milieu humide et dans l'eau) ont été soumis à la détermination de la résistance en traction sous flexion et celle en compression.

Résultats des essais:

(voir le tableau ci-joint)

- Les ciments individuels se trouvant sur le tabl. ci-joint ont été numérotés comme suit:

No.	Type de l'additif
1	Haboho (échantillon No; 1)
2	p.c. 603 (éch. No. 2A + 2B unis)
3	Goulaivoini (éch. No. 3 + 4 unis)
4	Ifoundihé Chadjo (No. 5)
5	ciment de laitier
6	ciment portland pur

- le broyage de laboratoire a vérifié, préalablement que:

= les ciments pouzzolaniques nos; 1, 2 et 4 ont eu besoin du même temps de broyage pratiquement, pour atteindre la même surface spécifique environ; leurs refus sur les tamis 02 et 009 diffèrent peu (48 - 50 min; 4,2 - 5,8 % de refus sur 009);

= les ciments comparatifs s'approchent à ces valeurs; toutefois, il semble que les ciments pouzzolaniques se broient plus facilement que ceux comparatifs;

- = il est possible d'en déduire que la facilité de broyage ("Mahlbarkeit") de ces roches et celle du clinker est approximativement la même, et que le broyage simultané en production courante de ces matériaux soit sans difficultés; il va de soi que cette constatation favorable devra être vérifiée à l'avenir à plusieurs reprises;
- = en contradiction avec cette constatation est le ciment pouzzolanique No. 4 qui - lui aussi - a atteint la surface spécifique exigée déjà après 28 min. de broyage; mais, les refus sur les tamis 02 et 009 faisaient respectivement 0,8 % et 19,4 %.

Résultats des essais technologiques

mélange No.	type de l'additif	temps du broyage min.	refus au tamis		surface spécif. cm ² /g	RESISTENCE (MPa)						x)
			02 %	009 %		à la traction en flexion			à la compression			
						3 jours	7 jours	28 jours	3 jours	7 jours	28 jours		28 jours
1	Habocho (1)	48	0,1	5,1	3023	2,43	3,30	4,83	12,2	17,0	26,2	51,3
2	P.c.603 Habocho (2a, b)	48	0,1	4,2	3191	2,82	3,67	5,11	13,5	19,0	27,9	54,6
3	Goulavoïni (3-4)	28	0,8	19,4	3068	-	-	-	-	-	-	-
4	Ifoundihé (5)	50	0,1	5,8	3112	2,70	3,45	5,06	12,8	18,3	27,3	53,4
5	laitier de haut fourneau	55	0,4	8,4	3076	2,28	3,11	5,29	10,9	25,9	30,1	58,9
6	clinker-gypse	55	0,2	5,8	3045	5,19	6,56	8,46	28,3	38,6	51,1	100

x) résistance en % de celle du clinker qui est égale à 100 %

Détermination de l'activité pouzzolanique

(Par Institut d'Industrie de Bâtiment et d'Architecture de l'Académie Slovaque des Sciences)

Dans cet Institut, en 1962 approximativement, il a été développé et vérifié à plusieurs reprises, une méthode de la détermination de l'activité pouzzolanique (voir la bibliographie).

Cette méthode permet d'évaluer l'activité pouzzolanique (d'une roche d'origine volcanique par exemple) sur la base des résultats des mesures de la cinétique du dégagement de la chaleur de dissolution du matériel, soumis à ces essais.

A partir de cette méthode, on obtient pour chaque échantillon une soixantaine de valeurs, expérimentées en J/g (cal/g), permettant:

- de calculer les constantes, caractérisant le cours du dégagement de la chaleur de dissolution;
- de calculer la proportion entre les valeurs (cal/g) des chaleurs après 5 mn et 60 mn de dissolution (x cal/g après 5 min; y cal/g après 60 min); cette proportion caractérise l'activité initiale de la pouzzolane;
- de tracer une courbe, représentant la cinétique de ce dégagement.

Une évaluation de l'activité ne serait pas possible sans une classification, ressortant des résultats numériques obtenus. On distingue 5 groupes de base des matériaux qui se différencient, l'un de l'autre par leur activité pouzzolanique initiale ou totale. Ces groupes sont indiqués sur le tableau ci-après.

Résultats des essais de l'activité pouzzolanique

Les valeurs mesurées de base étant très encombrantes (840 valeurs), on présente ici seulement un tableau en résultant qui comprend:

- résidu insoluble (après 1 h de la dissolution); (en % du poids);
- proportion des chaleurs - après 5 min : après 60 min de la dissolution;
- constante "a" caractérisant la cinétique du dégagement de la chaleur de dissolution;

- classification des échantillons d'après l'activité.

Grafiquement, la cinétique du développement de la chaleur est présentée sur les graphiques ci-joints.

Dans le groupe n° I., où se trouvent les pouzzolanes d'une activité initiale et totale élevée, il est possible de classer seulement deux échantillons:

- n° 3 et 4, provenant de la localité Goulaïvoïni.

Leur activité totale assez élevée est donnée par leur résidu insoluble relativement bas (respectivement 19,4 et 10,8 %) qui exprime approximativement la teneur en composants cristallins inertes, inactifs. Une réactivité élevée de leur composants actifs et, par conséquent, leur activité élevée initiale souligne:

- la valeur élevée (respectivement 0,87 et 0,85) de la proportion de leurs chaleurs après 5 min: 60 min de dissolution (325,7/376,0 cal/g; 326,3/385,6 cal/g; soit en J/g: 1363,6/1574,1 /n° 3 et 1366,1/1614,6/n° 4);
- la valeur très basse de la constante "a" qui fait respectivement 0,0031 et 0,0034.

Une telle activité initiale élevée est caractéristique pour des matériaux pouzzolanique à une surface spécifique extrêmement élevée, par lequel se manifestent par exemple des tufs plus ou moins désagrégés; ce fait certifie même la détermination directe de la surface spécifique de ces échantillons, qui fait, pour n° 3 - 9066 cm²/g et pour n° 4 - 8938 cm² (d'après blaine).

En comparaison avec les matériaux pouzzolaniques tchécoslovaques, on peut constater que l'activité de la pouzzolane de Goulaïvoïni est un peu plus basse que seule du tuf dacitique de Nizny Hrabovec, mais un peu plus élevée que celle de kieselguhr de Borovany.

En terminant l'évaluation de ces deux échantillons, il faut attirer l'attention sur les faits suivants:

- l'activité initiale élevée est un avantage significatif pour l'utilisation de la pouzzolane dans la production des liants mixtes hydrauliques sur la base de la chaux;
- néanmoins, elle ne l'est pas toujours en cas de l'utilisation de la même pouzzolane comme additif dans la production du ciment pouzzolanique, sur la base du clinker portland.

A cause de la surface spécifique élevée, des additifs pouzzolaniques d'activité initiale très élevée provoquent, en générale, une augmentation importante de l'eau de gâchage; avec cette augmentation, l'influence positive de l'activité initiale élevée s'élimine et, par conséquent, des propriétés résultants d'un tel ciment peuvent être pires qu'en cas de l'utilisation d'un additif d'une activité initiale plus basse.

A cause de ce phénomène, il faut utiliser des additifs pouzzolaniques d'une activité initiale élevée dans des dosages plus basses que ceux d'une activité initiale diminuée et de celle totale élevée. En ce principe, le dosage d'une telle pouzzolane - du type n° 3 ou 4 par exemple, ne devrait pas dépasser 25 % de la masse totale du ciment pouzzolanique.

Dans le groupe II. (les pouzzolanes d'une activité initiale élevée, mais de celle totale diminuée), il est possible d'incorporer l'échantillon n° 9 provenant de la localité N'Gouni. L'échantillon de Moindzaza n° 10 est semblable, mais son activité initiale est assez basse (de là son classement dans le sous-groupe IV a). Dans tous ces deux échantillons, le composant actif est représenté par des tufs plus ou moins désagrégés; ceci est confirmé par leur pertes au feu (9,03 % et 10,08 % respectivement), (voir aussi les courbes de l'ATD et de R.X.) et par les valeurs de leurs surfaces spécifiques (resp. 8618 et 7683 cm²/g d'après Blaine). Mais, ils diffèrent des échantillons n° 3 et 4, en contenant une proportion plus élevée des additions inertes qui ne participent pas à la formation d'une structure solide de la pâte durcissante du ciment.

Dans le groupe IV. (l'activité initiale diminuée, celle totale élevée) c'est l'échantillon n° 1 de Haboho qu'y appartient. La proportion entre les valeurs des chaleurs après 5 min et 60 min de dissolution, égale à 0,54 (en cal/g: 243,0/450,3; en J/g: 1017,3/1,885,5) approche cet échantillon à la limite supérieure du groupe. Voilà pourquoi l'activité initiale est plutôt "modérée" que diminuée.

Quant à l'activité totale, celle-ci, en comparaison avec tous les autres échantillons, est la plus élevée. Ce fait est encore confirmé à deux reprises:

- par le résidu insoluble faible (10 % seulement);
- par l'analyse par R.X., indiquant une teneur en composants inertes (inactifs) très faible.

Du plus, il est très remarquable que cet échantillon ne montre aucune perte au feu (voir la courbe TG et ATD) et que sa surface spécifique moyenne de $3310 \text{ cm}^2/\text{g}$ ne participe pas à sa bonne réactivité. Celle-ci résulte uniquement de l'état amorphe-métastable de cet échantillon.

Du point de vue de toutes ces propriétés ci-dessus mentionnées, la pouzzolane de Haboho se présente comme un additif bien convenable pour la production du ciment pouzzolanique, en participant, pratiquement par sa masse entière, à la formation successive des produits d'hydratation constructifs. Sa surface spécifique étant moyenne (plutôt basse), il n'est pas ici de danger d'une augmentation anormale quelconque de l'eau de gâchage qui pourrait aggraver la structure de la pâte durcie de ciment.

En principe, il est bien possible de doser cet additif jusqu'à une quantité de 40 % de masse totale du ciment pouzzolanique. (Bien entendu, en dépendance de la composition du clinker portland utilisé.) Il est possible de supposer que les ciments, produits avec l'addition convenable de cette pouzzolane, aient:

- une bonne résistance aux eaux agressives,
 - une bonne stabilité volumique
- et qu'ils se manifestent par un favorable développement à long terme des résistances en compression et en traction sous flexion.

Dans le groupe IVa (l'activités initiale et totale basses) on peut ranger (à côté de n°10) les échantillons n° 5 (Infoundihé Chadjou) et n° 7 (Quémani).

Par son caractère, l'échantillon n° 5 s'approche à celui de Haboho (n° 1), mais diffère de lui: surtout par une teneur plus basse en composants actifs, capables de réagir avec Ca(OH)_2 , et au contraire, par une teneur plus élevée en composants inertes. Tout cela confirment la constante "a" (0,0126) et la proportion de deux chaleurs de dissolution (0,52).

L'échantillon n° 7 indique un caractère différent de celui de l'Infoundihé et s'approche plutôt à n°9. A côté des phases actives, il contient une proportion élevée de composants peu actifs à inertes, mais les phases actives se font remarquer par une réactivité élevée, caractéristique pour un tuf désagregé. Ceci confirme même la surface spécifique de l'échantillon faisant $11.223 \text{ cm}^2/\text{g}$ (d'après Blaine).

Tous les autres échantillons (n^{os} 2A, 2B, 6, 8A, 8B et 11) sont en général des matériaux très peu actifs à inertes, appartenant au groupe V. Il est probable qu'au moins certains d'eux puissent être pris en considération comme composants siliceux pour la production des éléments en béton aux températures un peu élevés (130 - 150° C), par procédé en autoclaves.

EVALUATION SOMMAIRE des ESSAIS

Cette évaluation ressort pratiquement de la détermination de l'activité pouzzolanique considérée comme la plus importante parmi tous les essais réalisés.

Donc, on présente l'évaluation suivante:

a) Pour produire le ciment pouzzolanique à la base du clinker portland, on peut utiliser des matières volcaniques comme suits:

- supposant que les lapilli de Haboho soient assez homogènes en masse totale de ce gisement, ils pourraient être utilisée comme l'additif pouzzolanique en quantité jusqu'à 40% de masse du ciment. Il sera indispensable de déterminer un dosage optimal du point de vue de la composition du clinker utilisé et du celui de la qualité (marque, type) du ciment exigé. En cas de la production des ciments aux classes qualitatives plus basses, il entre en considération une addition jusqu'à 50 % de masse du ciment pouzzolanique;

- quant aux échantillons 3 et 4 (Goulaïvoini), il est possible de supposer une addition maximale de cette matière de 30 % de masse du ciment pouzzolanique;

- au cas, où il ne serait pas possible d'utiliser les matériaux n^{os} 1, 3 et 4, on peut compter avec la matière première n^{os} 7 et 9, en dosage maximale de 30 %, éventuellement avec n^o 5 jusqu'à 40 % de masse du ciment pouzzolanique.

En tout cas, la quantité des ciments, produits avec ces matières, serait plus basse que celle des ciments avec des matières précédentes.

b) Pour la production des liants "mixtes" hydrauliques sur la base de chaux, pourraient convenir:

- n^o 3 et 4 - Goulaïvoini
- n^o 9 - N'Gouni
- n^o 1 - Haboho.

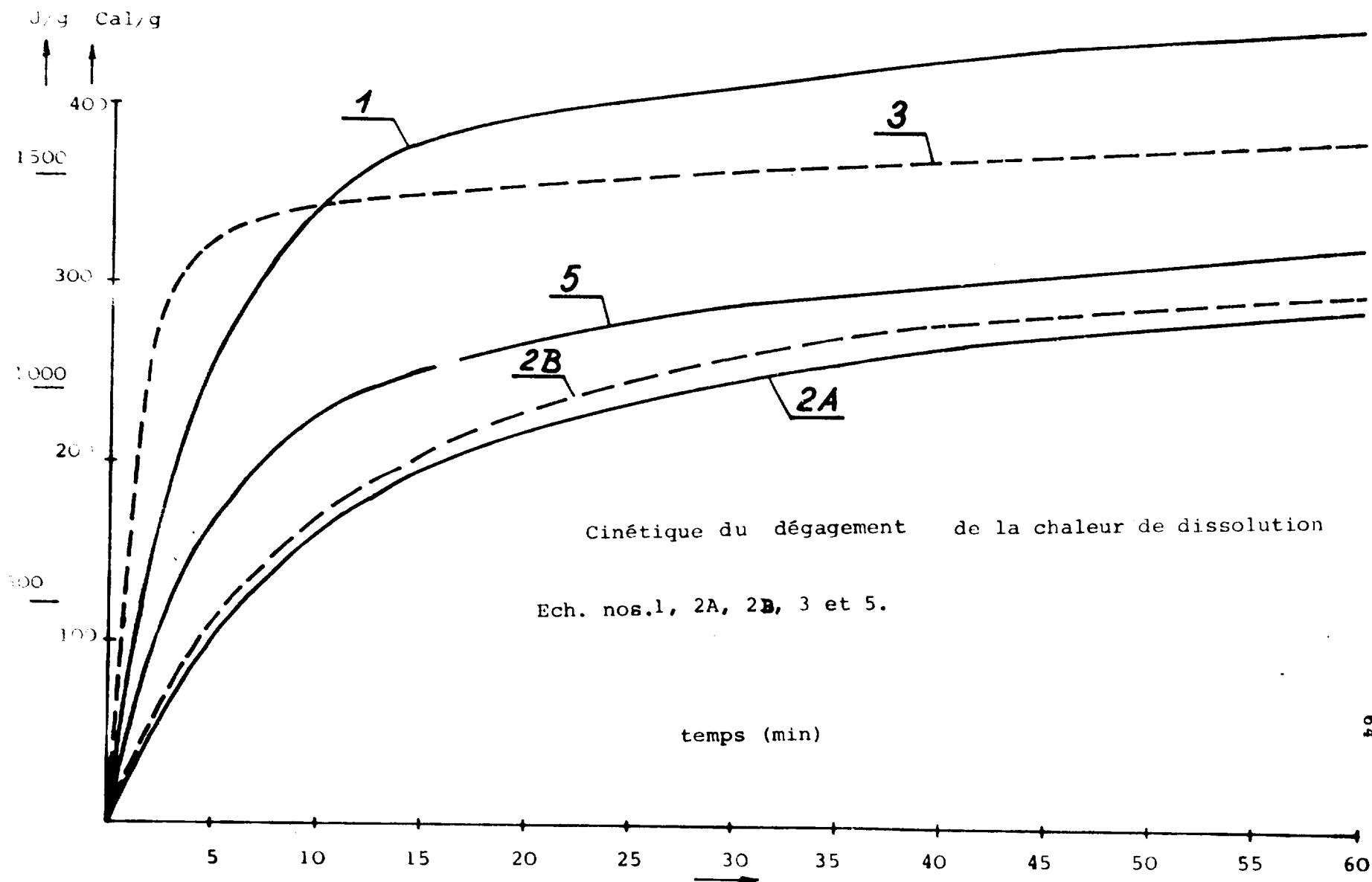
c) Pour la production des ciments utilisés par exemple dans la production des panneaux aux températures élevées (jusqu'à 100° C), il est possible d'utiliser les matières n^o 1 et 5.

Il est recommandé de continuer, à l'avenir, aux essais concernant le traitement du ciment par chaleur (jusqu'à 100° C) et celui aux autoclaves (au dessus 100° C), même avec les échantillons, évalués ici comme inertes, peu actifs.

L'évaluation de l'activité pouzzolanique et la classification des échantillons
de roches volcaniques comoriennes

Ech. no.	Résidu insoluble (% en p.)	Proportion des chaleurs	Constante " a "	groupe	L' activité pouzzolanique type
1.	10,3	0,54	0,0089	IV.	activité pouzzolanique initiale doucement abaissée, mais celle totale étant forte
2a.	38,6	0,36	0,0355	V.	activité pouzzolanique très faible
2b.	42,0	0,37	0,0330	V.	activité pouzzolanique très faible
3.	19,8	0,85	0,0034	I.	activité pouzzolanique initiale ainsi que totale très forte
4.	19,4	0,87	0,0031	I.	activité pouzzolanique initiale ainsi que totale très forte
5.	34,3	0,52	0,0176	IV.a	activité pouzzol; initiale et totale abaissée
6.	45,1	0,38	0,0468	V.	activité pouzzol. très faible

7.	22,8	0,67	0,0094	IV.	activité initiale et totale abaissée
8a.	34,9	0,25	0,0516	V.	activité pouzzolanique très faible
8b.	28,3	0,33	0,0344	V.	activité pouzzolanique très faible
9.	23,2	0,79	0,0049	II.	activité pouzzolanique initiale assez forte, mais celle totale abaissée
10.	26,5	0,58	0,0116	IV.a	activité initiale et totale abaissée
11.	40,0	0,30	0,0443	V.	activité pouzzolanique très faible
12.	40,9	0,45	0,0238	IV.b	activité initiale et totale faible

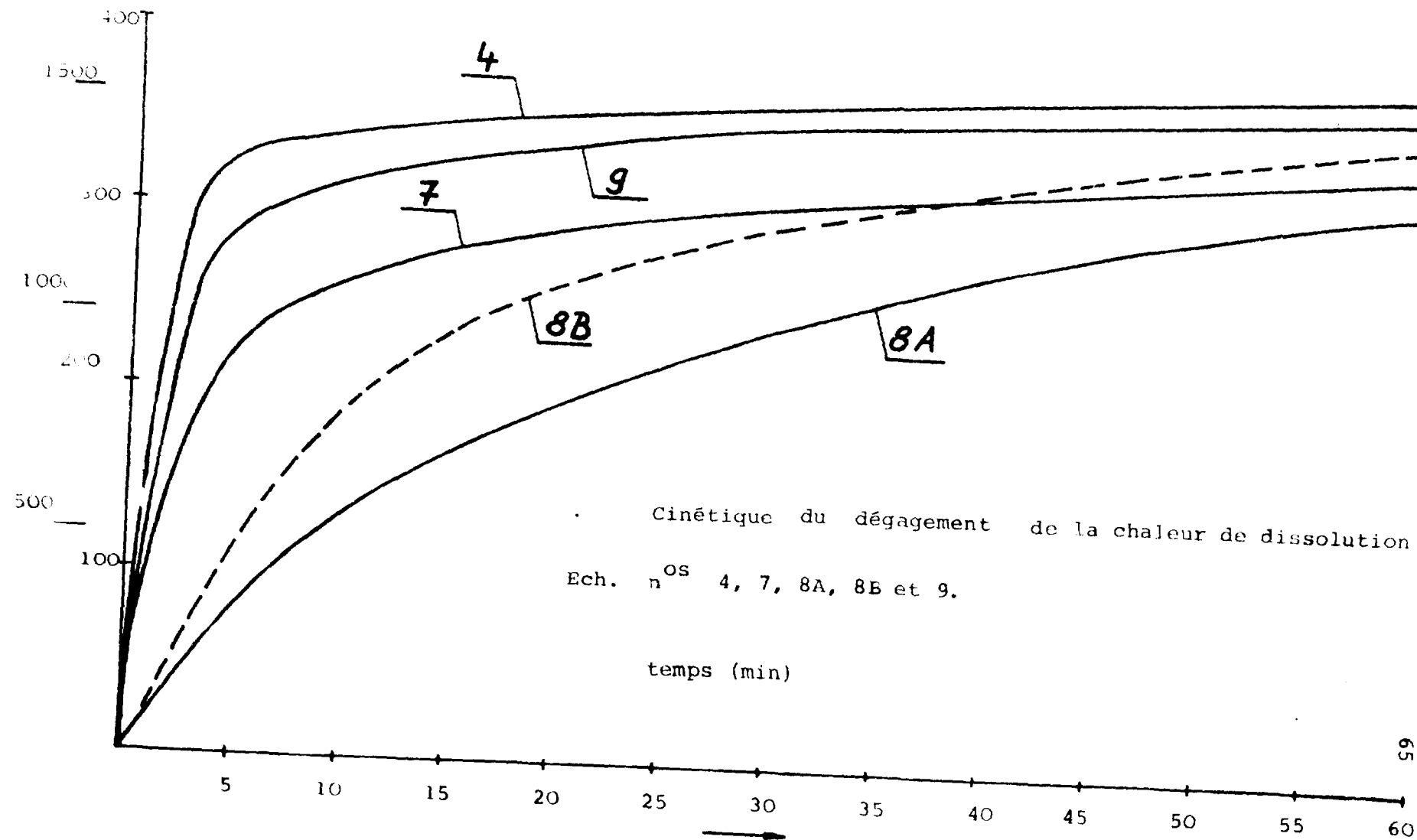


Cinétique du dégagement de la chaleur de dissolution

Ech. nos. 1, 2A, 2B, 3 et 5.

J/g Cal, g

↑ ↑



Cinétique du dégagement de la chaleur de dissolution
Ech. n^{os} 4, 7, 8A, 8B et 9.

temps (min)

65

60

Cal/g

↑

400

300

200

100

100

Cinétique du dégagement de la chaleur de dissolution

Ech. nos. 6, 10, 11, 12 et 13

temps (min)

5

10

15

20

25

30

35

40

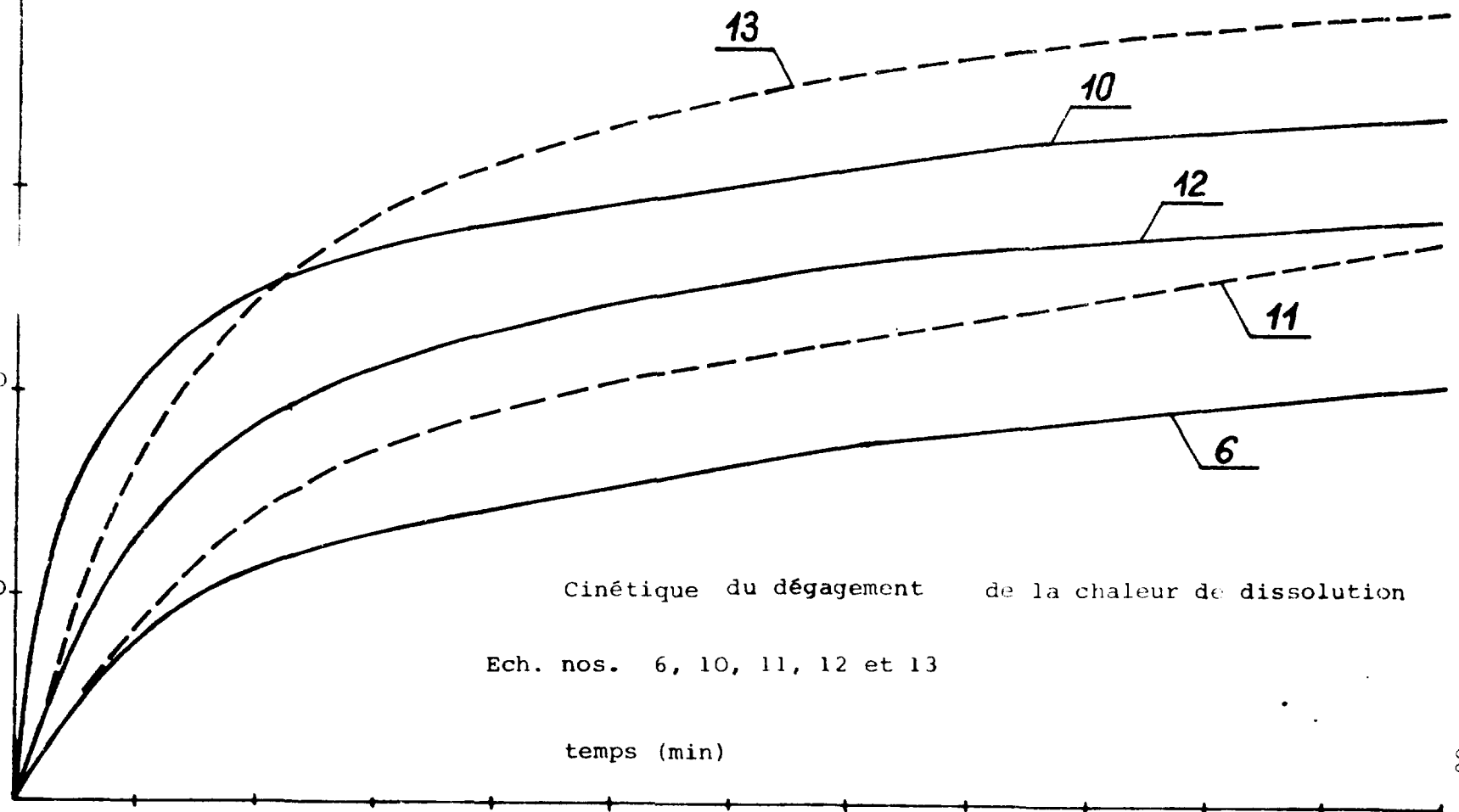
45

50

55

60

99



4.2. Matières industrielles transformées et composants

En prenant en considération l'évaluation des matières premières, on propose la composition moyenne du ciment pouzzolanique comme suit:

Clinker	60 % (p.)	21.000 t/an
Pouzzolane	35 %	12.250 t/an
Gypse	5 %	1.750 t/an

La composition moyenne du ciment peut être ajustée d'après les analyses (qualité) des matières initiales et peut varier dans les limites technologiques des marques du ciment produit.

Clinker	- sera disponible par importation au prix informatif de ... 80 US \$/t le coût annuel fera 1,680.000 US \$
Pouzzolane	- sera disponible par propre exploitation; le coût est compris dans celui total de production.
Gypse	- sera disponible par importation au prix informatif de ... 40 US \$/t le coût annuel fera 70.000 US \$

4.3. Matériaux auxiliaires

Seront utilisés des matériaux auxiliaires comme suit:

- charge en boulets et plaques de blindage du broyeur;
il est recommandé de faire usage de boulets en acier dont la consommation sur 1 t de ciment produit est diminuée; ainsi le poids de ce matériel importé s'abaisse et la manipulation avec celui-ci dans l'usine sera plus facile,

consommation approximative ... 0,1 kg/t de ciment
consommation approx. annuelle ..3.500 kg/an
coût annuel approximatif ...21.000 US \$

- sacs en papier pour emballage du ciment à 50 kg
consommation approximative ... 25 p./t de ciment
consommation approx. annuelle .. 875.000 p./an
coût annuel approximatif ... 175.000 US \$

Il est possible de diminuer la consommation des sacs au cas où le ciment serait transporté par camion-citernes.

4.4. Fournitures d'atelier

Des pièces détachées sont prévues pour une marche de 3 années, selon la spécification du fournisseur des installations technologiques et des machines, en somme de 5 % approx. des coûts d'investissement (1,715.000 US \$).

Le coût annuel fait 28.330 US \$ approx.

4.5. Energie

Consommation de l'énergie électrique

Pour assurer la puissance consommée totale de la cimenterie, on a proposé une centrale électrique à produire le courant nécessaire, conformément à la demande des représentants de la R.F.I. des Comores. D'après la liste de la puissance consommée on prévoit la puissance installée totale de 775 kW et la puissance consommée nécessaire maximale de 588 kW. Pour la fabrication de l'énergie électrique on prévoit un groupe électrogène à la puissance nominale de 860 kVA, et à la puissance active de 690 kW. Etant donné les conditions tropiques on prévoit la puissance active diminuée de 10 % soit 620 kW. La centrale proposée, indépendant du réseau publique et faisant partie composante de la cimenterie, assurera la fabrication de l'énergie électrique en pleine étendue.

Au cas où le broyeur de ciment - le consommateur principal du courant électrique (324 kW) - sera hors de service, la fabrication de l'énergie électrique par le propre groupe électrogène de 860 kW ne serait pas économique. De même, l'énergie électrique nécessaire à l'éclairage pendant la nuit, où l'usine est mise hors de marche, serait trop chère pour être fabriquée par un tel groupe électrogène.

En pareille circonstance, il est préférable d'alimenter l'usine en courant du réseau publique, n'en achetant qu'une quantité nécessaire:

- soit pour l'ensachage du ciment et pour les ateliers de service (de 100 kW env.),
- soit pour l'éclairage de nuit (une quantité minimale).

Le coût de la consommation de l'énergie électrique est compris dans le prix de la centrale électrique, du combustible et dans les salaires du personnel.

L'alimentation de l'usine en courant du réseau publique n'est considérée que comme source de réserve.

Consommation du fuel

Le fuel, consommé par la centrale électrique et par les camions fait approx. 580.000 l/an

Au prix de 0,71 US\$/l, fait le coût annuel approx. 412.000 US\$

Consommation de l'eau

Faute de l'eau en R.F.I. des Comores, sa consommation dans l'usine est prévue dans un circuit de refroidissement. Celui-ci diminue cette consommation jusqu'au minimum.

Consommation journalière approx.	. . . 42,2 m ³
Consommation par semaine approx.	. . . 211,0 m ³
Consommation annuelle approx.	. . 11000,0 m ³

Quantité de l'alimentation minimale . . 0,35 l/sec

Le prix informatif est de . . 0,95 US\$/m³ d'eau

Le coût annuel fait approx. . . 11000 US\$

Outre cela, le coût total d'investissement, concernant l'alimentation en eau de l'usine, est présenté dans le chapitre 6.

L'alimentation en eau est prévue:

- à partir de la conduite d'eau publique,
- à partir des réservoirs de l'eau de pluie,
- par importation.

5. LIEU D'IMPLANTATION

Le chantier pour la construction de la cimenterie n'a pas été encore définitivement choisi. La détermination du chantier dépendait de l'évaluation des gisements en pouzzolane convenables à la fabrication du ciment.

L'encombrement de base du chantier étant de 100 x 200 m, ce qui donne la possibilité d'implanter la cimenterie sans de grandes difficultés sur différents endroits autour de la ville Moroni.

Le chantier de la cimenterie devrait donner satisfaction:

- à la possibilité de faire importer le clinker du port et de la pouzzolane de la région Haboho;
- aux adaptations moins importantes du terrain et bonnes conditions pour faire fondations des bâtiments;
- à la possibilité de faire correspondance aux voies existantes et l'attache à l'eau et à l'énergie électrique;
- à la possibilité de faire avantageusement l'expédition du ciment et le transport des employés dans l'usine.

6. DOSSIER TECHNIQUE DU PROJET

6.1 Détermination préliminaire de la portée du projet

La fabrication du ciment est un procédé nécessitant les matières premières, l'énergie électrique, le fuel et l'eau.

En matières premières pour la fabrication du ciment peuvent servir de différentes matières naturelles, ou bien artificielles, possédant la composition chimique satisfaisant celle du ciment à produire.

De préférence il faut faire usage de plusieurs sortes de matières premières, dont la plus importante est le calcaire (CaCO_3), pour en faire le mélange initial; ce mélange contient 4 éléments de base en certaines proportions calculées à partir de la composition chimique des matières premières utilisées: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 et CaO (on appelle ces proportions "modules":

module silicique, module d'aluminium, degré de saturation en CaO).

Du point de vue technologique, les matières brutes sont tout d'abord concassées, puis broyées et composées en mélange initial qui est enfin soumis à la cuisson dans un four rotatif ou vertical à 1400°C approx, pour en obtenir clinker, c'est à dire le demi-produit indispensable pour la fabrication du ciment.

Le clinker est broyé sous petite addition du gypse, évent. d'autres ingrédients pour en obtenir ciment.

Dans les régions industrielles, il y existe la possibilité d'ajouter du laitier en quantité différée au clinker. La portion du laitier dépend tant de la qualité du laitier tant de la demande à la qualité et sorte du ciment.

Au lieu du laitier il est possible d'ajouter au clinker quelques additifs naturels dont la caractéristique se prête bien à la fabrication du ciment. Ces additifs naturels donnent au ciment un caractère spécial comme par exemple la régulation de sa prise, l'amélioration de sa résistance contre l'agressivité des produits chimiques, de l'eau de mer, etc.

C'est la pouzzolane par exemple qui peut être considérée comme un des additifs convenables.

C'est cette réalité à laquelle l'étude présentée a été orientée parce que, comme déjà accentué dans les chapitres précédents, il y a une absence totale du calcaire en F.I.R. des Comores.

Il résulte des analyses et des essais technologiques, que la roche volcanique la plus convenable comme additif est le laitier pozzolanique de la localité Haboho.

La capacité de production proposée par cette étude étant de 35.000 t ciment/an env. (135 t/jour). On suppose de produire cette quantité de ciment au cours de 260 jours/an (15 h/jour).

Cette exploitation de 260 jours/an a été trouvée optimale en égard à la possibilité de bon entretien de l'usine et des conditions locales aux Comores.

La durée de la marche annuelle dans les cimenteries en général est plus longue en moyenne mondiale. Par détermination de l'exploitation initiale pendant 260 jours/an on peut créer une certaine réserve pour augmenter la production au futur. Analogiquement, le nombre des heures/jour dans l'atelier de broyage prête une réserve pour la production plus élevée.

Composition moyenne prévue du ciment:

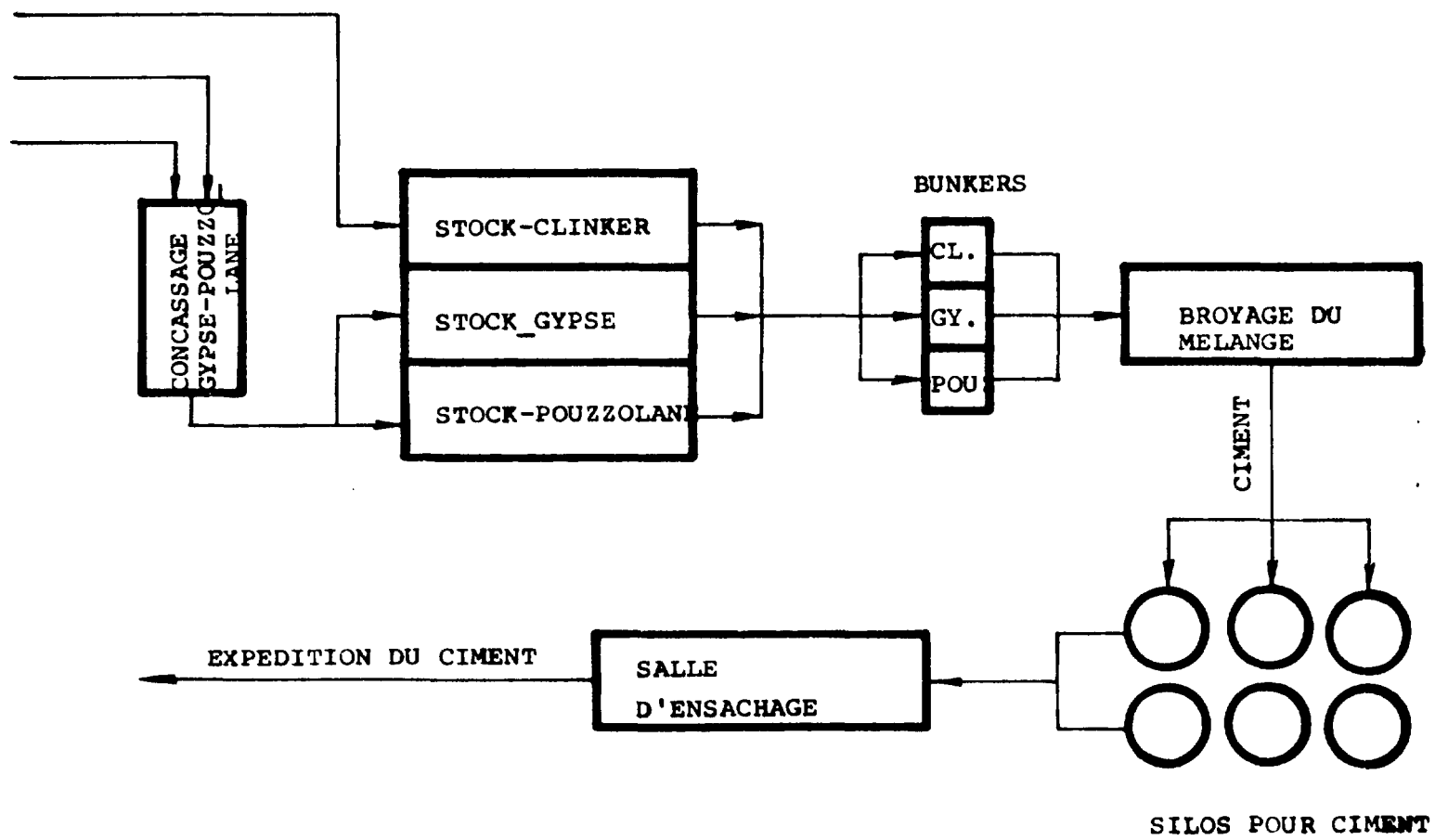
clinker	60 %	21.000 t/an	81,00 t/jour
pouzzolane	35 %	12.250 t/an	47,25 t/jour
gypse	5 %	1.750 t/an	6,75 t/jour

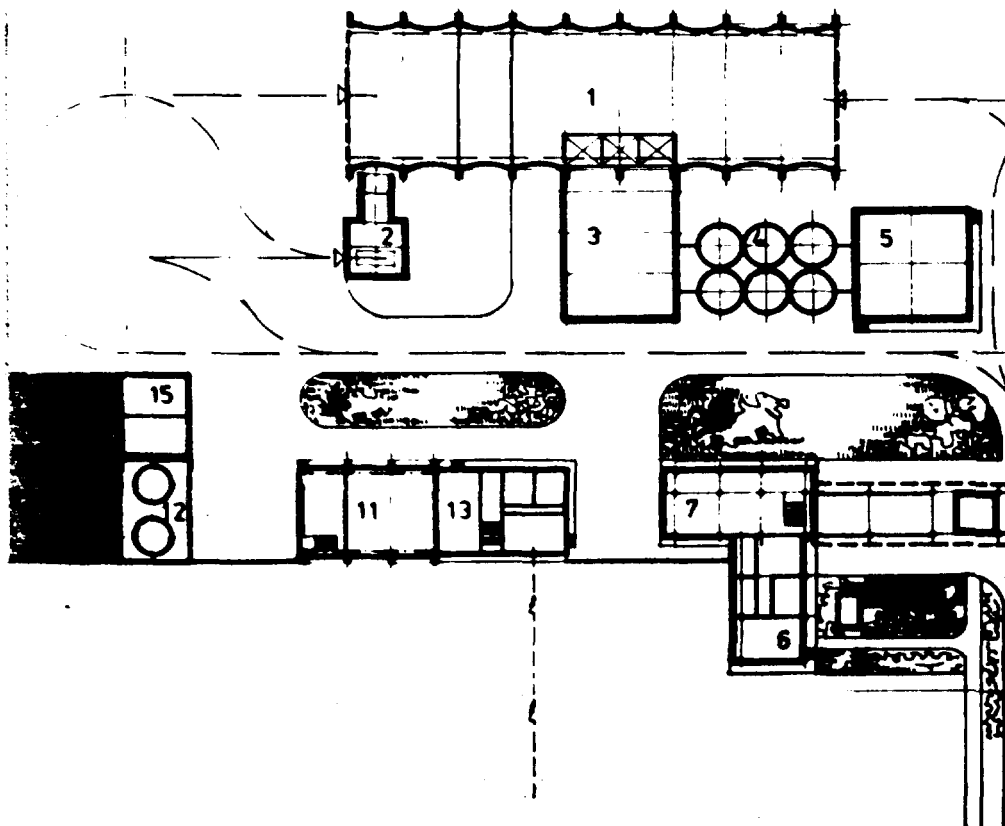
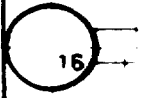
La fabrication du ciment proposée contient tout les ateliers d'opération et de service dont l'ensemble représente une cimenterie complète.

Dans le chapitre suivant on trouve un plan, illustrant la technologie recommandée de la production du ciment, ensemble avec celui d'encombrement et avec la perspective de la solution présumée d'usine.

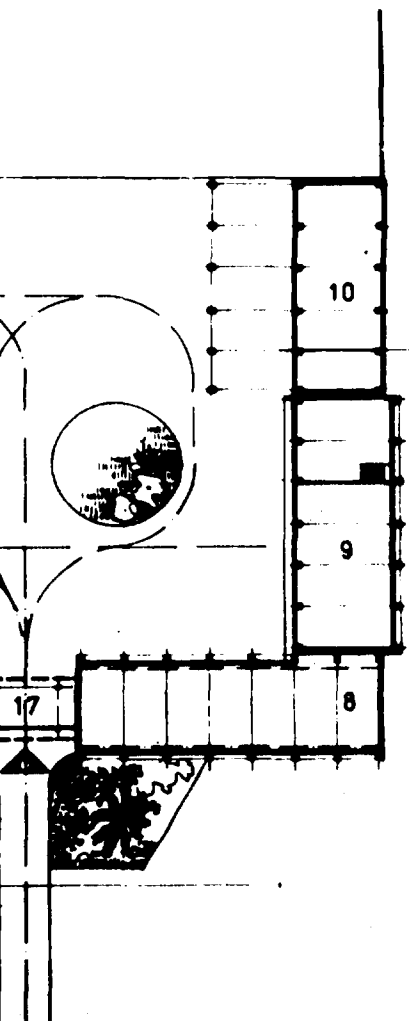
Ces graphiques sont accompagnées par le text explicant et par la description des installations productrices et auxiliaires.

FABRICATION DU CIMENT EN R.F.I. DES COMORES





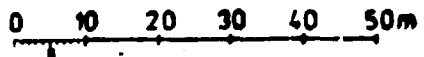
LE CHOIX DU SITE DE L'USINE

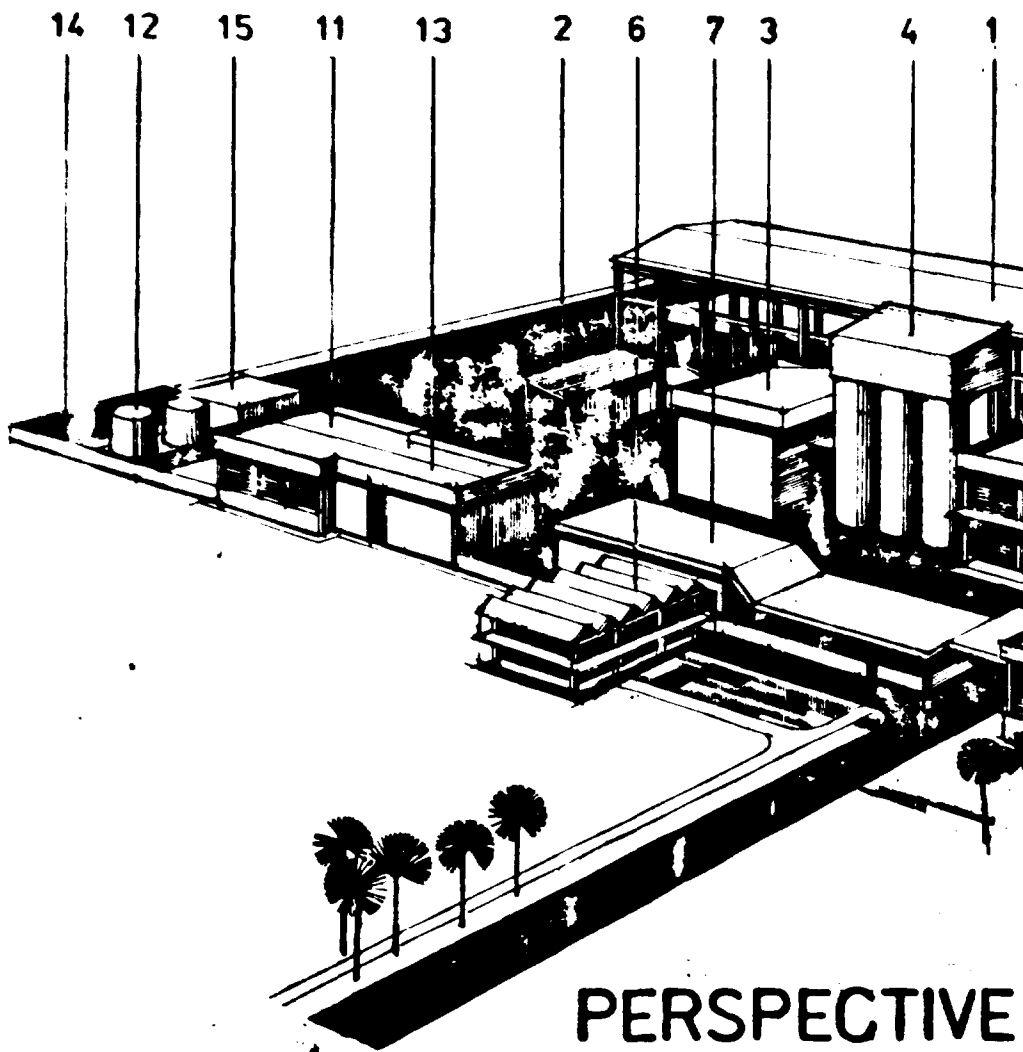


LEGENDE :

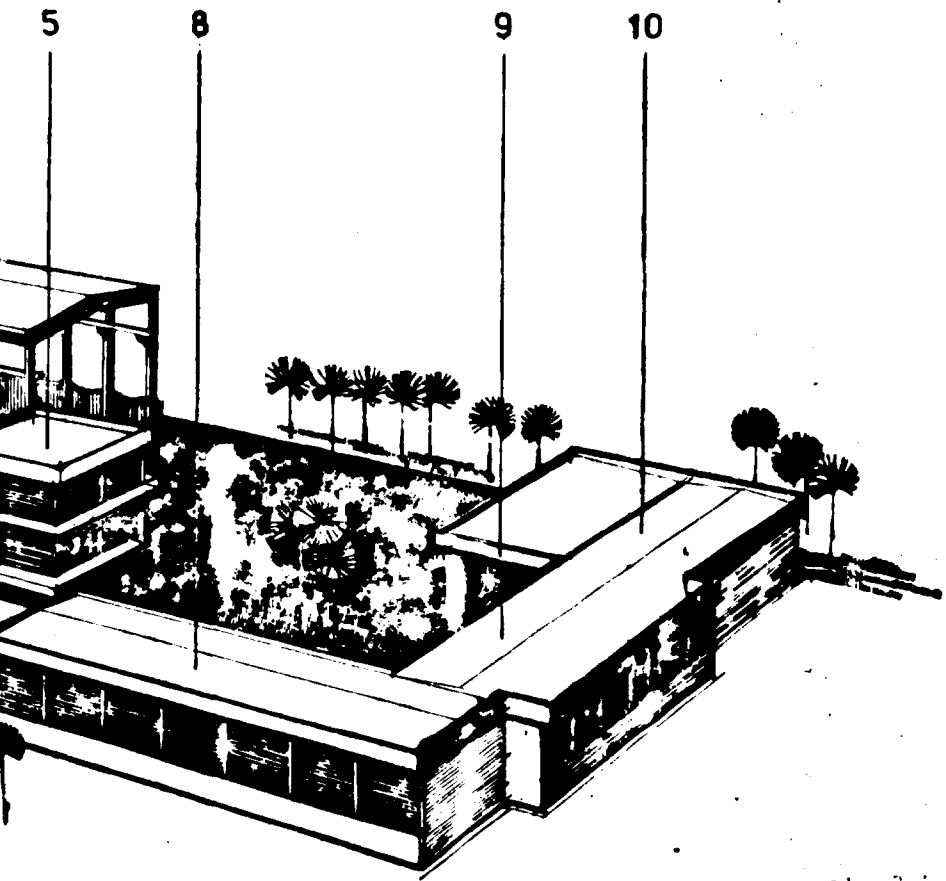
- 1 STOCK CLINKER - POUZZOLANE - GYPSE
- 2 CONCASSAGE DU GYPSE - POUZZOLANE
- 3 BROYAGE DU CIMENT
- 4 SILOS POUR CIMENT
- 5 SALE D'EMPAQUETAGE
- 6 ADMINISTRATION
- 7 LABORATOIRE
- 8 ATELIER DE REPARATION
- 9 MAGASIN DES PIECES DE RECHANGE
- 10 GARAGES
- 11 CENTRALE ELECTRIQUE
- 12 STOCK DU PETROLE
- 13 STATION TRAFIC
- 14 BASSIN D'EAU
- 15 POMPE À EAU
- 16 CHÂTEAU D'EAU
- 17 ENTREE

74





PERSPECTIVE



DE L' USINE ENVISAGEE

6.2 Technologie et équipement

Liste des ateliers d'opération et de service

- 1) Stock - clinker, pouzzolane, gypse
- 2) Concassage du gypse et de la pouzzolane
- 3) Broyage du ciment
- 4) Silos pour ciment
- 5) Salle d'ensachage du ciment
- 6) Bureaux d'administration
- 7) Laboratoire
- 8) Atelier de réparation
- 9) Magasin des pièces de rechange
- 10) Garages
- 11) Centrale électrique
- 12) Stock du pétrole
- 13) Station trafo
- 14) Bassin d'eau
- 15) Station - pompe à eau
- 16) Château d'eau
- 17) Extraction de la pouzzolane

Plan d'encombrement répond aux demandes suivantes:

- créer le centre de production contenant concassage, stockage, broyage, expédition des produits finals
- créer le centre des services secondaires encombrant les ateliers de réparation, les stocks et les garages
- créer le centre énergétique contenant la fabrication de l'énergie électrique, la station trafo, dépôt des matières consommables et alimentation en eau

- créer la partie d'entrée et d'administration donnant toute satisfaction quant'au contrôle d'entrée dans l'usine, contrôle d'expédition du ciment, contrôle de livraison des composants des matières brutes et des matières secondaires contrôle de labo sur la fabrication, l'opération administrative et sociale de l'usine
- créer de bonnes conditions pour les voies de communication et l'accès aux bâtiments différents
- créer des surfaces suffisantes pour la marche de la cimenterie et donner la possibilité pour l'augmentation éventuelle de la production
- faire la conception bien économique de l'usine en général afin que les prétentions à la surface totale du chantier soient optimales.

ad 1) Stock du clinker, de la pouzzolane et du gypse

Le stock est conçu comme une halle sous toit facilitant l'entrée des camions de tous les deux côtés. Dans la halle il y a un pont roulant à benne preneuse ayant le volume de 1,5 m³ env. La portée de la voie de grue étant de 20,0 m, la grue roule le long du stock et effectue les manipulations nécessaires avec les matières brutes.

Le clinker ou la pouzzolane sont déversés des camions dans l'espace du stock. La mise des matières brutes en haldes séparées est faite par la grue. D'après besoin, la grue charge des composants les silos situés dans l'atelier du broyage du ciment.

Les haldes des matières brutes sont séparées en ayant la réserve suivante:

clinker	6500 t env.	....	pour 80 jours
pouzzolane	1260 t env.	....	pour 26 jours
gypse	1200 t env.	....	pour 177 jours

Le stockage plus élevé des composants importées (clinker, gypse) est avantageux vu des variations du marché et des possibilités du transport.

En raison des pluies tropiques on a prévu le chapeau au-dessus du stock.

Afin que l'alimentation par la grue des silos dans l'atelier du broyage soit régulière, cette opération dans le stock est répartie dans deux postes/jour.

Poids d'installations mécano-technologiques 45,0 t env.

ad 2) Concassage du gypse et de la pouzzolane

Dans ce bâtiment sont implantés les matériels suivants: la trémie, le chargeur, le concasseur, l'élevateur, évent. le transporteur à tapis. En cas où les morceaux sont plus grands que 25 mm, les composants en question doivent être concassés; Le concasseur prévu a un dispositif pour concasser même les matières humides.

Le bon concassage des ingrédients influence favorablement le rendement du broyeur de ciment.

Poids d'installations mécano-technologiques 42,70 t env.

ad 3) Installation du broyage du ciment

Ici la machine de base est le broyeur à boulets ϕ 2,0 x 9,0 m d'une capacité de 9,0 t ciment/h. (La puissance a été discutée avec une maison fournissant les cimenteries). D'après l'aptitude au broyage des composants on pourrait prévoir un rendement plus élevé du broyeur. Clinker, pouzzolane et gypse repris des trémis placées sous le pont roulant sont dosés par alimentateur dans le broyeur de ciment.

Marche prévue du broyeur:	2 postes/jour à 8 h
Cadence du broyeur:	15 h/jour env;
Nombre de jours de travail:	260 jours/an
Exploitation horaire/an:	3900 h/an
Exploitation horaire/an:	45% env.
Capacité journalière du broyeur:	135 t/jour, soit 35.000 t/an

De point de vue technique, le broyeur est une machine simple et fiable.

L'exploitation du broyeur de 45 %env. permet en plus d'augmenter sa capacité annuelle.

La distribution du ciment dans les silos est faite par voie mécanique à l'aide des transporteurs à vis et par élévateurs; en raison du climat tropique, le transport à air comprimé n' a pas été prévu.

Le broyeur et toutes les voies de transport sont dépoussiérées par un filtre en étoffe.

Poids d'installations mécano-technologiques ... 134,0 t env.

ad 4) Silos pour ciment

Pour le stockage du ciment sont proposés 6 silos d'une capacité de 6 x 500 t, soit 3000 t au total, ceci faisant la réserve pour 22 jours.

Le nombre des silos permet de fabriquer plusieurs sortes du ciment, ou de broyer aussi d'autres produits.

Les fonds des silos sont obliques pour faciliter leur déchargement.

Poids d'installations mécano-technologiques ... 30,80 t env.

ad 5) Ensachage du ciment

C'est une ensacheuse de la capacité de 600 sacs/h, soit 30 t/h qui est prévue pour l'ensachage du ciment.

Toutefois, il est possible de faire ensacher toute la production journalière du ciment, soit 135 t, au cours de 4,5 heures. L'atelier d'emballage a donc la possibilité de maîtriser la production plus élevée en ciment et de faire une expédition rapide des produits ensachés. L'ensacheuse ainsi que toutes les voies de transport sont dépoussiérées par le filtre à manches. Le service de l'atelier d'emballage étant prévu pour 1 poste/jour.

Poids d'installations mécano-technologiques ... 32,20 t env.

ad 6) Bureaux d'administration

Le bureaux assure l'opération administrative et sociale de l'usine.

La porte d'entrée et la conciergerie pour contrôler des employés et des camions destinés à l'expédition du ciment fait partie composante du bâtiment d'administration.

Le bâtiment d'administration a 2 étages: à l'étage supérieur il y a tous les bureaux. Au rez-de-chaussée se trouve l'équipement technique du bâtiment et les aménagements sociaux pour les employés, y compris la salle à manger.

Sous l'entrée toitée est placée la salle de garde, y compris le passage pour piétons. La conception constructive et architectonique se rend compte du climat et de fonction de l'usine.

ad 7) Laboratoire

Le labo sera équipé pour assurer bien la mise en oeuvre des essais physiques, mécaniques et analytiques nécessaires à la maîtrise et au contrôle de la production. On y exécutera:

- analyses chimiques des matières premières
- détermination de la pouzzolanité (contrôle en continu)
- essais technologiques normalisés, soit:
 - . analyses au tamis
 - . surface spécifique
 - . résistance à la traction et compression
 - . essais de prise
 - . essais de la stabilité de volume
- testes de la qualité d'eau

Aux assais ci-dessus énumérés seront soumis les échantillons de ciment d'une part broyé et d'autre part expédié. Le labo travaillera pendant le premier poste en pleine capacité tandis qu'au deuxième il ne fera que le prélèvement des échantillons de ciment.

Poids d'installations 4,00 t env.

ad 8) Ateliers de service

Pour assurer sa marche, son entretien et la fabrication de simples pièces de rechange, l'usine dispose des ateliers de service, équipés spécialement pour:

- travaux de serrurerie
- entretien électrique
- soudage
- usinage et coupage des métaux
- travaux de forgeage
- travaux de plombier
- technique de mesurage
- entretien des camions.

L'étendue des travaux de service et d'entretien est à préciser d'après l'accord avec le fournisseur des installations technologiques et selon les possibilités locales.

Les ateliers de service sont prévus à être opérés en 2 postes. En première poste on fera l'entretien complet et la fabrication des éléments, tandis qu'en deuxième poste on ne fera que le contrôle minimale et l'entretien des installations.

Poids d'installations mécaniques 16,20 t env.

ad 9) Stocks des pièces de rechange

Dans ce bâtiment sont stockées les pièces de rechange et les matériaux nécessaires pour la marche de l'usine.

Le stockage des huiles év. du fuel-oil, des peintures et des matières combustibles se trouve dans une section séparée et dans l'autre section seront stockés les boulets de broyage.

Le stockage des sacs en papier se trouve à l'espace séparée dans la salle d'ensachage.

Poids d'installations mécaniques 14,00 t env.

ad 10) Garages

Ceux-ci servent à garer les camions, les voitures et d'autres mécanismes mobiles de l'usine. On propose plusieurs postes de parking pour de différents véhicules sous l'abri.

Pour l'entretien spécial des véhicules il y a une espace fermée ayant une fosse de réparation.

Toutefois les garages sont équipés par:

- 2 camions
- 1 camion-citerne
- 1 camion-grue
- 2 chariots-élévateurs pour le transport des pièces et d'autre petit outillage et moyens de bord.

Poids d'installations ... 42,60 t env.

ad 11) Groupe électrogène

Pour la fabrication de l'énergie électrique on prévoit un groupe électrogène au débit nominal de 860 kVA, et au débit actif de 690 kW.

A l'égard des conditions tropiques on prévoit la puissance active moins élevée soit 620 kW.

Le moteur électrique le plus important est destiné à entraîner le broyeur à ciment. C'est un moteur à bagues, d'une puissance de 320 kW, d'une tension de 6300 V, 50 c/s.

La partie composante de la centrale est le système de fuel, y compris les réservoirs journaliers, et puis les stations pour pomper de l'eau de refroidissement des moteurs.

La consommation moyenne en pétrole du groupe électrogène est de 1500 - 2000 l/jour env., pendant la marche broyeur.

Poids d'installations mécano-technologiques
35,00 t env.

ad 12) Stock du pétrole

La consommation prévue en pétrole pour l'usine et l'exploitation de la pouzzolane fait en moyenne 2000 l, soit 2 m³/jour.

L'étude prévoit l'implantation de deux réservoirs ayant le diam. de 5,5 m env; et la capacité de 1000 m³ chacun. Ces deux réservoirs permettent de les alterner en laissant marcher l'un et de nettoyer l'autre; la réserve est prévue pour 100 jours environ.

Le stock du pétrole est pourvu d'un dispositif complet pour:

- remplissage des réservoirs à partir des citernes
- pompage du pétrole dans la Centrale
- remise du pétrole pour les camions.

Poids d'installations ... 13,10 t env.

ad 13) Station - trafo

La station-trafo proposée permet de prendre le courant électrique du réseau public.

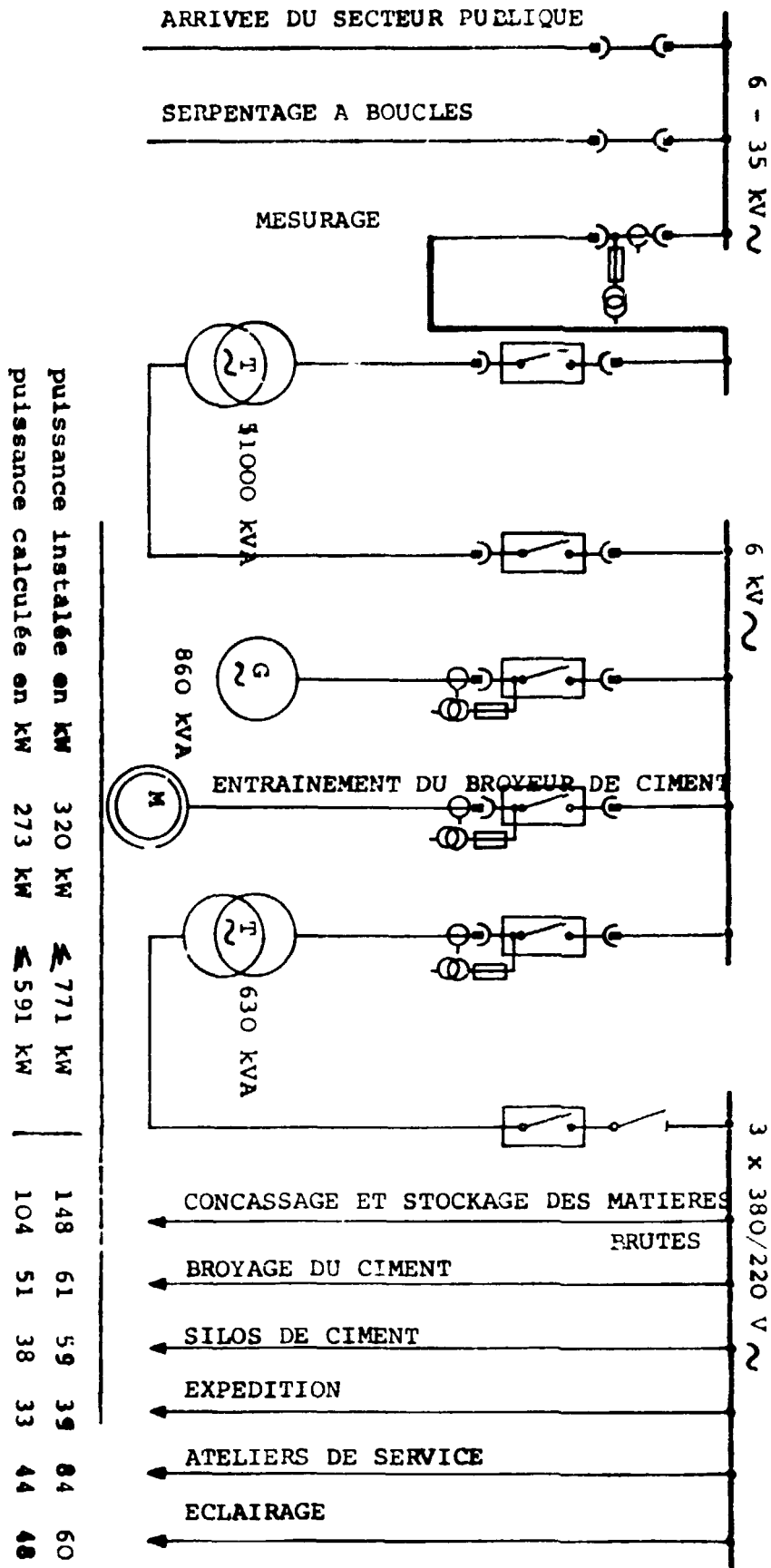
Celle-ci comprend:

- salle de distribution 6 kW - armoire de distribution ayant les broches terminales à raccorder le groupe électrogène, le moteur électrique du broyeur, le transformateur pour la distribution de basse tension, le transformateur de la distribution d'entrée - haute tension;
- salle de distribution - haute tension permet le raccordement de l'usine au secteur public dont la tension n'est pas cependant connue;
- salle de distribution - basse tension avec l'armoire principale de distribution, avec des sorties pour les distributeurs secondaires motrices, implantés dans différents ateliers de la cimenterie;
- salle des accumulateurs comme la source de la tension continue de service ainsi que la source de l'éclairage de secours;
- salle de commande qui est équipée par signalisation en cas de panne, par indication sur la marche du groupe électrogène, par appareillage pour mesurer la tension du courant électrique, le courant absorbé, le débit, etc.

Compensation - celle-ci sera conçue directement aux moteurs électriques importants.

Poids d'installation inc. équipement pour l'installation électrique de l'usine 43,0 t env.

SCHEMA DE PRINCIPE D'ALIMENTATION EN COURANT ELECTRIQUE



LISTE DE LA PUISSANCE INSTALEE en kW

Source d'alimentation	kVA	désignation	V	
Transformateur	1000	Secteur publique-réserve		
Groupe électrogène	860	fabrication propre	6300	
Transformateur	630	opération de l'usine	6300	
			3x380/ 220	
=====				
No. d é s i g n a t i o n	puissance inst. kW	coef.	kW au max.	
=====				
1	stock du clinker, pouzzolane, gypse	75,0	0,6	45,0
2	concassage du gypse, de la pouzzol.	73,0	0,8	59,0
3	broyage du ciment	361,0	0,85	324,0
4	silos pour ciment	59,0	0,65	38,0
5	ensachage du ciment	39,0	0,85	33,0
6	administration - bureaux	-	-	-
7	laboratoire	10,0	0,3	3,0
8	ateliers	33,0	0,5	16,0
9	stocks des pièces de rechange	-	-	-
10	garages	5,0	0,4	2,0
11	centrale électrique	18,0	0,6	11,0
12	stock du pétrole	10,0	0,3	3,0
13	station trafo -éclairage	60,0	0,8	48,0
14	réservoir d'eau	-	-	-
15	pompe à eau	12,0	0,5	6,0
16	château d'eau	-	-	-
=====				
	au total	775,0		588,0
=====				

ad 14) Bassin d'eau

La consommation en eau c'est un problème très grave pour l'usine en raison d'un manque de l'eau sur toute la région de la Grande Comore; pour cette raison l'économie en eau a été proposée afin de mettre la consommation en eau au minimum.

La consommation principale est l'eau pour le refroidissement des moteurs de la Centrale et des paliers du broyeur de ciment. L'eau de réfrigération échauffée sera recyclée, ce qui signifie que la consommation de l'eau pour ce but n'est que la perte de l'eau dans le circuit.

A) Consommation de l'eau de refroidissement et de circulation

Centrale électrique: 45 m³/h
720 m³/jour
3600 m³/semaine (5 jours ouvrables)

Broyage du ciment: 4 m³/h
60 m³/jour
300 m³/semaine (5 jours ouvrables)

Consommation de l'eau de refroidissement/semaine =
= 3900 m³.

Aux pertes de 4 % dans le circuit la consommation en eau sera de env. 156 m³/semaine

Consommation en eau pour le labo 4 m³/semaine

Arrosage des surfaces dans l'usine-nettoyage
30 m³/semaine

Consommation totale de l'eau de circulation
190 m³/semaine

B) L'eau pour les employés

La norme de consommation en eau dit: 70 l/jour/pers.

Pour 60 employés la consommation en eau sera de:

4,2 m³/jour,
donc 21,0 m³/semaine

Consommation totale en eau: 120 + 21 =
= 211 m³/semaine
=====

Le volume du bassin sera de 1000 m³, ce qui nous donne une réserve de l'eau pour 5 semaines env.

ad 15) Station de pompage de l'eau

Le pompage de l'eau sera effectué dans l'usine pour les buts suivants:

- pompage de l'eau pour le refroidissement de la Centrale
- pompage de l'eau pour le refroidissement du broyeur
- repompage de l'eau de refroidissement échauffée à partir du broyeur dans le bassin d'eau.

Poids d'équipement inc. les installations pour l'aménagement des eaux 11,80 t env.

ad 16) Château d'eau

On prévoit à faire implanter le château d'eau au-dessus du niveau de la cimenterie pour assurer l'arrivée directe de l'eau de refroidissement dans l'usine. Capacité du château d'eau: 120 m³ env.

ad 17) Exploitation de la pouzzolane

Au cours de leur activité aux Comores, les experts ont prélevé des échantillons de pouzzolanes et en Tchécoslovaquie ils ont fait l'évaluation de leur qualité et leur aptitude pour la fabrication du ciment.

Du point de vue de la qualité et de l'économie de l'exploitation (accès au gisement, voie de communication, écartement de la cimenterie prévue), la localité HABOHO se présente comme l'une des meilleures.

L'aménée de la pouzzolane dans la cimenterie à implanter dans la région de la ville Moroni sera longue de 15 km environ.

Les conditions de l'exploitation dans la région Haboho sont bonnes; dans cette localité on a déjà fait l'exploitation. L'accès au gisement et la route sont aussi bons. Défonçage et désserage de cette matière brute et son exploitation est de même satisfaisant.

La capacité journalière de l'exploitation fait 47,25 t env. ce qui correspond à 35 % de l'addition au ciment.

La cimenterie disposera des camions pour le transport de la pouzzolane à partir de la localité Haboho dans la cimenterie.

A la localité Haboho les machines suivantes y seront installées:

- excavateur pour charger la pouzzolane aux camions
- pics à air
- compresseur à produire l'air comprimé.

Poids d'installation mécanique 25,80 t env.

R E C A P I T U L A T I O N

Le poids total d'équipement technologique et .
mécanique est de 490,0 environ.

Vu les expériences des instituts de projection
et celles des maisons fournissant les équipements
pour les cimenteries, il est possible, selon le
volume de l'usine et le type de l'équipement,
de déterminer le prix moyen/kg de masse d'équipement.

En collaboration avec un de ces fournisseurs et en
étudiant soigneusement les prix contemporains du
marché mondial, les experts ont proposé le prix moyen
de 3,50 US \$/kg d'équipement.

Au cadre du backstopping, les experts ont proposé une
spécification de l'équipement pour la cimenterie
comorienne et, simultanément, calculé le poids
(la masse) de celui-ci. Ce poids fait 490.000 kg.

Ainsi, le prix informatif total de l'équipement
technologique et mécanique fait 1,715.000 US \$.

L'équipement proposé doit être importé.

Pour assurer la marche initiale de l'usine, on re-
commande acheter des pièces de rechange pour une
période de 3 années environ. Les dépenses informa-
tives pour ces pièces font 5 \$ environ du prix de
l'équipement total proposé, soit 85.000 US \$ env.

Ces dépenses sont comprises dans les coûts de pro-
duction de l'usine.

6.3 Travaux de génie civil

Le chantier de l'usine a des dimensions de base 100 x 200 m env. Au cours de la reconnaissance préliminaire de la région Moroni on a rendu compte que les conditions de base sont bonnes en entier. Il n'y a pas de risque de l'eau profonde agressive à la fondation des bâtiments. D'après les informations des représentants de la R.F.I. des Comores l'emplacement pour la construction de l'usine serait à titre gratuit.

Les constructions de bâtiment seront réparties selon l'espace de celles-ci à deux groupes principales:

a) Les bâtiments industrielles:

1. Stock-clinker, pouzzolane, gypse
2. Concassage du gypse et de la pouzzolane
3. Broyage du ciment
4. Silos pour ciment
5. Salle d'ensachage du ciment
11. Centrale électrique
12. Stock du pétrole
13. Station trafo
14. Bassin d'eau
16. Château d'eau

En ce qui concerne ces bâtiments, on utilisera à grande échelle des constructions monolithiques en béton armé ou assemblés. Les constructions en acier sont, en égard aux conditions climatiques tropicales, exposées aux grandes attaques corrosives et elles nécessitent un entretien étendu et des revêtements de protection.

Quant au stock (clinker, pouzzolane, gypse) et aux silos pour ciment, ils représenteront en ensemble les types spéciaux de bâtiment, leurs constructions en béton armé étant très exigeantes.

b) Les bâtiments auxiliaires

6. Bureau de l'administration
7. Laboratoire

- 8. Atelier de réparation
- 9. Magasin des pièces de rechange
- 10. Garages
- 15. Station - pompe d'eau

En prédominance, il s'agit de simples constructions légères, assemblées en béton armé.

La préparation du terrain du chantier sera mise en oeuvre avant la construction de l'usine-même. Les constructions des bâtiments seront précisées avec l'entrepreneur.

La surface totale bâtie fait 5.600 m² env.

Le prix moyen d'un m² de construction industrielle a été consulté avec plusieurs entrepreneurs et fait 275 US \$.

Ainsi, les frais totaux de construction font 1,550.000 US \$ approximativement.

Frais de technologie	1,715.000 US \$.. 52,5 %
Frais de construction	1,550.000 US \$.. 47,5 %
-----	-----
Au total	3,265.000 US \$ 100,0 %

La relation entre les frais ci dessus indiqués est en accord avec les paramètres, généralement utilisés.

Les coûts des travaux extérieurs, y compris la préparation du chantier, des voies d'entrée, la captage et l'arrivée d'eau, la ligne de réserve d'énergie électrique, faisant 10 % de coûts de construction - 150.000 US \$ env.

7. Organisation de l'usine et frais généraux

7.1. Schema approximatif de l'organisation

Le programme de production sera réglé conformément à la demande et d'après les résultats des analyses des matières d'entrée, essentiellement de la pouzzolane.

La demande et la qualité des matières d'entrée seront suivies à l'avance sur la production.

Les analyses des matières d'entrée et la contrôle des produits seront effectuées sur les échantillons, régulièrement prélevés de ces matières et produits au cours de la production journalière.

La fabrication du ciment, se fondant sur le principe de l'importation du clinker, est relativement facile, n'exigeant pas de composer des matières premières et de les soumettre à la cuisson, pour obtenir le clinker; cette phase-ci de la production courante du ciment est toujours assez compliquée.

L'organisation de la direction, de l'administration et de la vente est relativement simple dans cette petite usine. Elle se compose des sections comme suit:

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| - directeur de l'usine | - directeur |
| - chef de la production | - chimiste - technologiste |
| - machines, entretien, opération | - mécanicien principale |
| - énergétique | - électricien principale |
| - achats, vente | - économiste |

Schema de l'organisation de l'usine est ci-joint.

En se référant au chapitre 3.4., les experts soulignent ici, que cette organisation est entièrement souffisante. La direction de l'usine (le directeur) et le programme de production (le chef de la production) sont organisés pendant le premier poste. Le deuxième poste est dirigé par le contre-maitre dans l'atelier de broyage, conformément aux ordres, recus du chef de la production. Le nombre de travailleurs au deuxième poste est minimal, 12 personnes approximativement.

7.2 Estimation des frais généraux

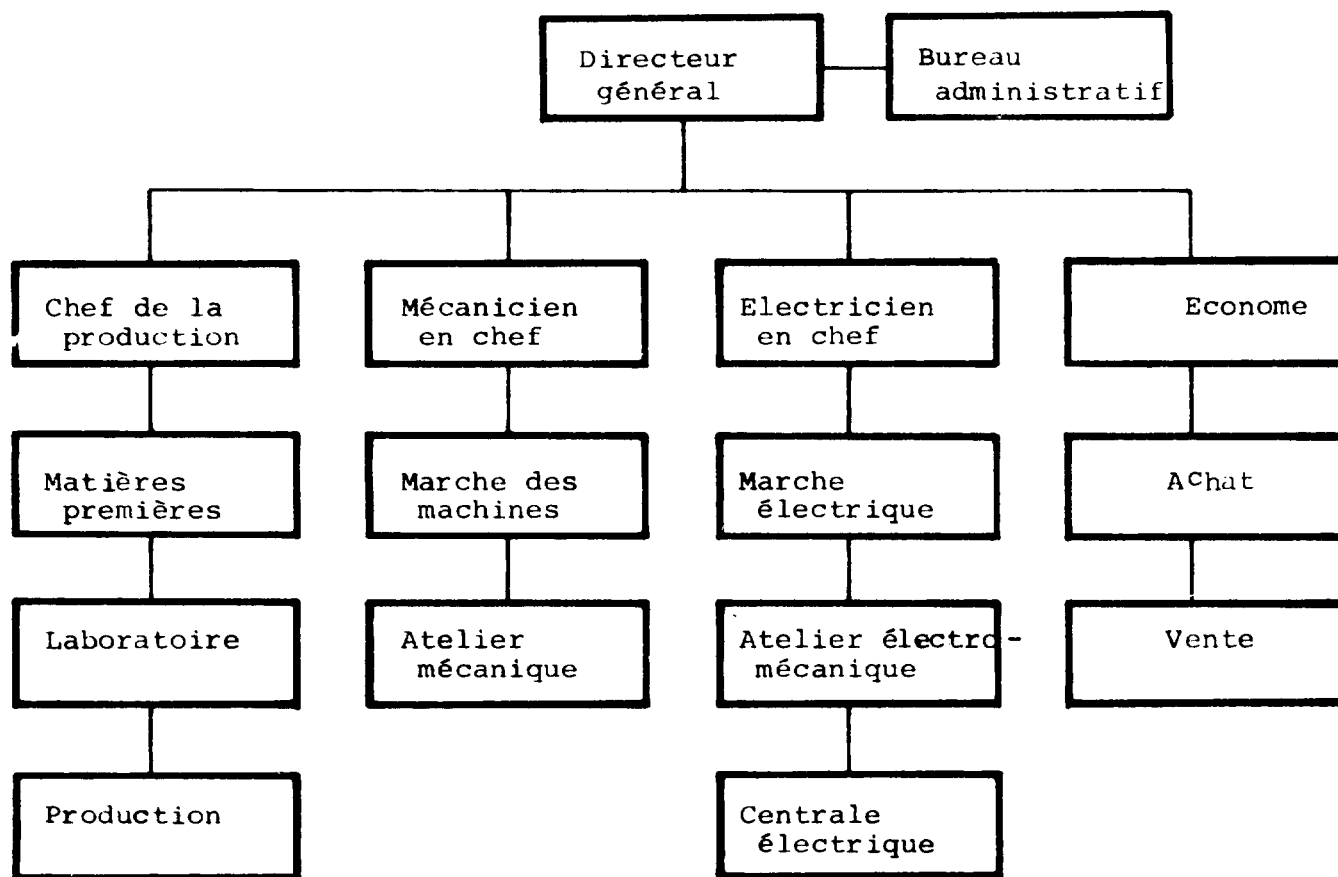
Les frais de l'usine comprennent les coûts de:

- matières premières
- énergie
- salaires
- amortissement d'investissement
- autres frais assurants des réparations différentes des fonds de technologie et de bâtiments:
 - 10 % de coûts d'investissement pour la partie mécanique et technologique - 171.500 US\$/an
 - 2 % de coûts d'investissement pour la partie de construction

Les frais généraux de l'usine ont été fixés par une estimation professionnelle en 5% de coûts de l'usine. 160.000 \$

Les frais généraux de l'administration et de la vente ont été fixés par une estimation professionnelle en 5 % de coûts de salaires - 18.000 US\$/an.

ORGANIGRAMME



8. MAIN-D'OEUVRE8.1 Estimation des besoins de main-d'oeuvre

D'après le schéma approximatif de l'organisation on a fait l'estimation des besoins de main-d'oeuvre. La production proposée du ciment, les équipements technologiques et mécaniques sont au principe d'une conception simple. Néanmoins, il faut accentuer que le besoin de personnel de l'usine agit pour la plupart des personnes qualifiées.

Nombre proposé des employés

a) <u>Directeur de l'usine</u>	.....	1
b) <u>Techniciens - éducation par ens. supérieur</u>		4
chef de la production - chimiste-technologue		
électricien en chef	- électricien	
mécanicien en chef	- mécanicien	
achats, vente	- économe	
c) <u>Techniciens - éducation par ens. secondaire</u>		7
centrale électrique 2 x 2 (mécanicien, électricien)		
laboratoire - aide de laboratoire		
ateliers - 2 x 1 (mécanicien, électricien)		
d) <u>Service administratif</u>	.....	4
Les opérations administratives, ferme de livres et compatibilité des salaires.		
e) <u>Ouvriers qualifiés</u>	.....	35
Service des machines, entretien des équipements		
f) <u>Ouvriers non qualifiés</u>	.....	9
	<hr/>	
Total pour 2 postes	.....	<u>60</u>

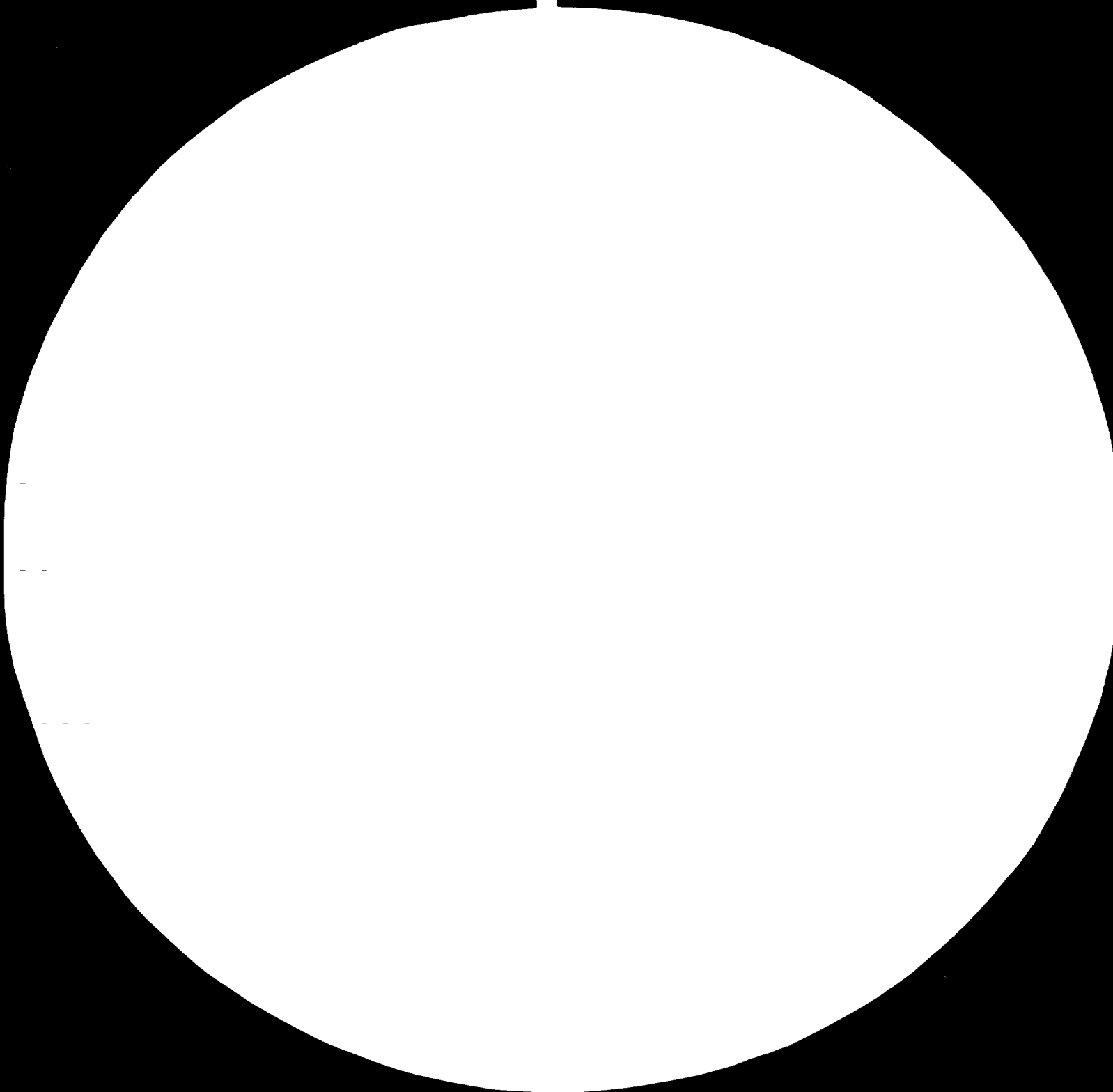
De ce nombre-ci, 12 travailleurs approx. travailleront au 2^{ème} poste.

Les devises étrangères sont présumées en domaines suivants:

Direction de la production	- chimiste technologue
Energétique	- électricien
Mécanisation	- mécanicien

אלפי - C





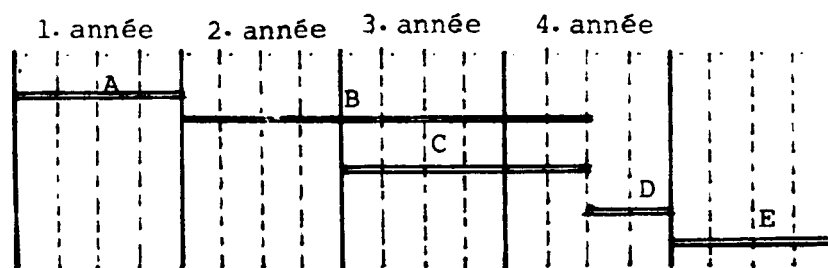
8.2. Estimation de coûts annuels de main-d'oeuvre

	<u>CFA/an</u>	<u>US \$/an</u>
a) Directeur	2,016.000,-	9.600,-
b) Techniciens éducation supérieure	5.040.000,-	24.000,-
c) Techniciens éducation secondaire	6.174.000,-	29.400,-
d) Service administratif	1.512.000,-	7.200,-
e) Ouvriers qualifiés	22.050.000,-	105.000,-
f) Ouvriers non qualifiés	2.268.000,-	10.800,-
	-----	-----
Total	39.060.000,-	186.000,-
	-----	-----
Réserve pour les frais généraux, maladies, vacances (20%)	7,812.000,-	37.200,-
	-----	-----
	46,872.000,-	223.200,-
	-----	-----
Coûts d'aide technique étrangère	28.728.000,-	136.800,-
	-----	-----
	75.600.000,-	360.000,-

9. CALENDRIER DE MISE LA OEUVRE

9.1 Calendrier approximatif envisagé pour la mise en oeuvre

La réalisation du projet est prévue pendant de 3,5 ans.



A. Travaux de préparation

Les travaux de préparation seront ouverts par passage des contrats pour les livraisons du matériel technologique, mécanique et des travaux de construction.

A l'avance, il faut assurer et évaluer les offres.

Pendant la période des travaux de préparation, qui est estimée pour 1 an, les entrepreneurs assureront les projets et les matériaux de construction.

B. Construction de l'usine

La durée des travaux de construction est estimée à 2,5 ans. Il faudra préciser cette estimation d'après l'accord qui est à faire avec l'entrepreneur de bâtiments.

C. Travaux de montage

La durée de ces travaux peut être estimée à 1,5 ans. On présume une avance des travaux de construction de 1 an.

D. Mise en marche d'essai (pilote)

est prévue après 3,5 ans à partir du démarrage des travaux de préparation, 2,5 ans à partir du démarrage de la construction.

La durée de la marche d'essai présumée est de 6 mois avec la capacité de production possible de 70 %.

E. Pleine marche

en capacité de 100 % est prévue après 3 ans, à partir du démarrage de la construction de l'usine.

9.2 Estimation des coûts de mise en fonction du programme envisagé

1. Coûts des investissements fixes initiaux

a) Equipements mécaniques et technologiques Chapitre 6	1,715.000 \$
b) Travaux de construction Chapitre 6	1,700.000 \$
c) Coûts de transport, projets, surveillance du montage Chapitre 10	513.000 \$
d) Réserve Chapitre 10	341.500 \$
Au total	4,269.500 \$

2. Dépenses de premier établissement préalables à la production

a) Travaux de préparation, reconnaissance, direction de la réalisation du projet Chapitre 10	427.000 \$
b) Marche d'essai Chapitre 10	171.000 \$
Au total	598.000 \$

ESTIMATION DU COUT D'INVESTISSEMENT

Désignation	1 ^{-ième} année	2 ^{-de} année	3 ^{-ième} année	4 ^{-ième} année	Au total
	% mille \$	% mille \$	% mille \$	% mille \$	
2a) Travaux de préparation reconnaissance, direction de la réalisation du projet	50 213,5	20 85,4	20 85,4	10 42,7	427,0
1c) Coûts de transport, projets, surveillance de montage	— —	39 199,5	54 277,0	7 36,5	513,0
1a) Equipements mécaniques et technologiques	— —	20 343,0	65 1115,0	15 257,0	1.715,0
1b) Travaux de construction	— —	60 1020,0	30 510,0	10 170,0	1,700,0
2b) Marche d'essai	— —	— —	— —	100 171,0	171,0
1d) Réserve - prémisses	— —	15 51,0	60 205,0	25 85,5	341,5
Au total	213,5	1.698,9	2.192,4	762,7	4,867,5

10. EVALUATION FINANCIERE ET ECONOMIQUE

Le niveau économique du projet ressort des informations contenues et documentés dans les chapitres précédents de cette étude.

L'efficacité de la solution proposée pour la fabrication du ciment est fondée avant tout sur l'exploitation de la matière première locale - de la pouzzolane qui doit créer au moyen 35 % des matières premières. Par l'utilisation de la pouzzolane, la consommation du clinker importé sera considérablement réduite. Pour cette raison, les frais du clinker créent à peu près 50 % des frais de production. La relation entre le prix d'une tonne de clinker et d'une tonne de ciment fabriqué déterminera considérablement l'efficacité économique de l'affaire.

La question du prix du clinker et du ciment n'était pas fermée pendant le séjour court des experts en R.F.I des Comores. Après avoir examiné les questions des prix à la Société pour le Commerce Extérieur "Keramika" (CSSR) et les indices mondiaux des prix du clinker et du ciment une fois pris en considération, on a fixé les limites des prix pour l'alternative de base du projet de cette façon:

- quant au prix du ciment, on a respecté les conditions aux Comores; en 1980, ce prix était de 31.000 CFA/t env. Au change de 210 CFA/1US \$, le prix du ciment faisait en 1980 148 US \$/t env. En raison de la mise en faveur des conditions de l'industrie de construction, le prix du ciment a été calculé à 128 US \$, soit 26.880 CFA env. Dans l'analyse finale de la sensibilité du niveau économique on complète les prix alternatifs du ciment de 120 à 135 \$/t;
- le prix du clinker pour l'alternative de base a été fixé comme limite sans aspect des conditions aggravées de l'importation avec la somme de 80 US \$/t, soit 16.800 CFA/t.

Dans la partie finale de l'étude économique, ce prix est aussi complété par les valeurs alternatives de 90 à 100 US \$/t. Le prix du gypse importé a été choisi au niveau habituel de 50 % de prix du clinker. La nécessité de cette composante correctrice n'est pas significative pour les frais de production.

Du point de vue technique et du celui recherchant la consommation du ciment actuelle et celle à l'avenir, on a proposé dans le projet une production annuelle optimale de 35.000 t de ciment. Avec ce volume, l'équipement de production sera rationnellement exploité par marche à deux postes, pendant 260 jours par an.

Une réduction de la production (par marche à un seul poste par ex.) influencerait négativement l'efficacité économique de l'affaire. L'influence de la capacité sur la relation entre les frais de production et le produit des ventes est, elle-aussi, analysée dans la partie finale de cette étude.

Le financement du projet, d'après l'accord avec les représentants de la R.F.I. des Comores, est fondé sur un crédit total. Cette solution, habituellement avantageuse du point de vu des promoteurs, apportera cette fois-ci un endettement considérable pour le promoteur de cette affaire; de plus, on aura probablement des difficultés afin d'assurer le financement sous forme des crédits. Malgré cette prémisse, on a établi le tableau 10-13 - Financement de l'affaire sans sources extérieures.

Le bilan économique et financier a été dressé pour un intervalle de 14 ans au total. Il comprend: 1 an de préparations, 2,5 ans de construction y compris les essais de garantie, 0,5 an de marche d'essais et enfin 10 ans de marche pleine. Le laps de temps de 10 ans est considéré comme suffisant pour l'ammortissement total du matériel mécano-technologique et pour le paiement du capital emprunté. Tout bien considéré, un laps de temps plus longue serait chargé au point considérable par incertitudes. C'est aussi l'influence des conditions locales qui nous force à prévoir 10 ans comme le temps réel de la marche du broyeur sans réparations ou reconstructions essentielles.

Le niveau des prix des autres matériaux, des salaires et des paiements ainsi que des taxes généraux résulte d'une part des indices acquis en R.F.I. des Comores (pétrole, eau, salaires et paiements), d'autre part des expériences des organisations-projeteuses et exportatrices (matériaux d'emballage, pièces de rechange, réparations). On s'est aussi servi de 52 estimations professionnelles des experts (les taxes généraux). Dans l'intention de faire les comparaisons aux autres affaires on a fait usage des indices du "Manuel". Le degré de la précision dans cette phase de l'étude est toléré par les réserves des coûts d'investissement totaux et des frais de production.

Les autres prémisses ainsi que les sources des indices se trouvent dans les parties suivantes de ce chapitre.

10.1 Coûts totaux
d'investissements

La solution technique et technologique de la construction selon la description dans le chapitre 2 à 6, avec la solution du temps citée dans le chapitre 9, représentant en résumé le coût total des investissements de

5,827.500 \$

Dans les récapitulations suivantes, on présente la calculation successive des postes particuliers de base du coût total des investissements:

- coût des investissements fixes initiaux
- dépenses de premier établissement
- fonds de roulement

Pièce 10 - 1/1

COÛT DES INVESTISSEMENTS FIXES INITIAUX

1. Terrain	
2. Préparation et aménagement de l'emplacement	150.000 \$
3. Bâtiments et travaux de génie civil	1,550.000 \$
4. Documentation du projet, coûts de transport et direction de montage	513.000 \$
5. Installations, machines et équipement	1,715.000 \$
6. Réserve pour frais imprévus	341.500 \$
7. Coût total des investissements fixes initiaux	4,269.500 \$

Le terrain respectif pour la construction de l'usine et pour l'exploitation des matières premières sera fourni à titre gratuit - d'après la déclaration des représentants du M.P.D.I. La motivation des positions 3 et 5 est documentée en détail dans le chapitre 6. Ces positions de base sont complétées par les frais acquis des fournisseurs des équipements des installations mécaniques et technologiques:

- dans la pos. 4 - les frais pour assurer la documentation du projet et diriger le montage, au niveau de 10 % de la somme des pos. 2, 3 et 5; pour le frais du transport des équipements, au niveau de 10% de valeur des machines et équipements (pos. 5).
- dans la pos. 6 - une réserve au niveau de 10 % de somme des pos. 2, 3 et 5.

La position du coût d'investissement doit être précisée conformément aux données et usage du fournisseur choisi des équipements mécano-technologiques.

En conformité avec le cours des travaux de construction (voir le chapitre 9), on présume la répartition du coût des investissements fixes comme suit:

Pièce 10 - 1/2 COUT DES INVESTISSEMENTS FIXES

1000 \$	Période de construction			Total
	1 ^{-ère} année	2 ^{-de} année	3 ^{-ème} année	
1. Terrain	---	---	---	---
2. Préparation et aménagement de l'emplacement	150	---	---	150
3. Bâtiments et travaux de génie civil	870	510	170	1.550
4. Documentation du projet	199,5	277	36,5	513
5. Installation et machines	343	1.115	257	1.715
6. Réserve	51	205	85,5	341,5
Total	1.613,5	2.107	549	4.269,5

En préparant les investissements, les dépenses de premier établissement, préalables à la production, ne peuvent qu'être fixées par une estimation, faite à la base de l'extension des activités, spécifiées dans les chapitres précédents. On ressort des expériences des organisations exportatrices tchèques (les travaux de préparations et la direction de la réalisation du projet. - 10 % de coût total des investissements fixes; les frais de la marche d'essai - 5 % de somme des positions 3 et 5, du coût des investissements fixes) et de la répartition du temps des activités préparatoires.

Pièce 10 - 2/1 DEPENSES DE PREMIER ETABLISSEMENT
PREALABLES A LA PRODUCTION

1. Travaux préparatoires, recherches préparatoires, direction de la mise en oeuvre du projet, surveillance, constitution de l'administration	427.000 \$
2. Marche d'essai	171.000 \$
Total	598.000 \$

Pièce 10 - 2/2 DEPENSES DE PREMIER ETABLISSEMENT PREALABLES
A LA PRODUCTION

Année	1	2	3	4	Total
US \$	214.000	85.000	85.000	214.000	598.000

Calcul du fonds de roulement

Le calcul du fonds de roulement nécessite respecter les conditions spécifiques de la production du ciment aux Comores. Ces conditions sont exprimées par le volume du stock des matières premières, du pétrole, des emballages et des autres matériaux décrits dans la partie technique de l'étude.

Les factures sont payables à 14 jours d'échéance, c'est suffisant. L'encaisse est assurée conformément à la pièce 10 - 3/2 (voir Manuel).

Pièce 10 - 3/1.I.

a) COMPTES DEBITEURS 14 jours de frais de production moins amortissement et intérêts

b) STOCK

- matières premières importées	
- clinker	80 jours
- gypse	177 jours
- pétrole	100 jours
- sacs en papier	182 jours
- pièces de rechange	3 ans
- charge du broyeur	130 jours
- produit final - ciment	22 jours

c) ENCAISSE	15 jours
d) COMPTES CREDITEURS	14 jours (matières premières, pétrol et d'autres matériaux)

L'estimation des coûts de production annuels ressort:

- des données du chapitre 2 à 8;
- des renseignements sur les prix, acquis en R.F.I. des Comores;
- des évaluations professionnelles des frais généraux de l'usine, de l'administration et de la vente.

Au deuxième semestre de la 4^{ème} année est à prévoir une production de 70 % de capacité totale, c'est-à-dire 35 % de moyen annuel. Pour la 5^{ème} année on planifie la pleine production de 35.000 t de ciment.

Pièce 10 - 3/1.II. ESTIMATION DES COUTS DE
PRODUCTION ANNUELS

Période Année	Prépa- Const- ration ruction			Mise	Pleine
	1	2	3	en route 4	capacité 5
Volume planifié de la % production t				35 12.250	100 35.000
Matières premières importées					
- clinker 21.000 t à 80 g				588	1.680
- gypse 1.750 t à 40 g				25	70
- pétrole 580.000 l à 0,71 g				206	412
- eau 11.000 m ³ à 0,95 g				11	11
- emballage en pa- pier 875.000 pc à 0,2 g				61	175
Main d'oeuvre (voir chap. 8)				180	360
Réparations (voir chap. 7)				25	49
Pièces de rechange, charge du broyeur (voir chap. 7)				50	106
Amortissement				171	342
Frais généraux de fabrication				66	160
Coûts de fabrication				1.383	3.365
Frais généraux d'administration, Frais de vente				9	18
Coûts financiers/intérêts (voir pièce 10 - 8/3)				-	438
Coûts totaux de production				1.392	3.821

L'amortissement des bâtiments est prévu pour une période de 20 ans, tandis que celui des autres positions des coûts d'investissement calcule avec 10 ans.

Les frais généraux de production résultent d'une estimation de la somme des autres positions des frais de production (5 %). Les frais d'administration et de vente ont été calculés à la base des salaires (5 %).

Pièce 10 - 3/2 CALCULE DU FONDS DE ROULEMENT

	Nombre minimal de jours de couver- ture	Coefficient du chiffre d'affaires	Mise en route 35 %	Pleine capacité 100 %
I. Actif circulant				
A. Comptes débiteurs	14	26	47	117
B. Stock				
a) Matières premières importées				
- clinker	80	4,5	130	373
- gypse	177	2,-	13	35
Pétrole	100	3,6	57	114
Sacs en papier	182	2,-	30	88
b) Pièces de rechange, charge du broyeur 1.080	130	2, 0,33	96	96
d) Produit fini - ciment	22	16,4	75	184
C. Encaisse	15	24	21	49
Actif circulant total			469	1.056
II. Engagements courants				
A. Comptes créditeurs	14	26	37	96
III. Fonds de roulement				
A. Accroissement du fonds de roulement			432	960
			—	528

Pièce 10 - 6/1 TOTAL DES COÛTS D'INVESTISSEMENT INITIAUX

	Total \$	Pour 1 tonne de production annuelle du ciment (\$)
1. Coût des investissements fixes initiaux (source: pièce 10-1/1)	4,269.500	121,99
2. Dépenses de premier établisse- ment (source: pièce 10-2/1)	598.000	17,08
3. Fonds de roulement (à pleine capacité) (source: pièce 10-3/2)	960.000	27,43
Total des coûts d'investisse- ment initiaux	5,827.500	166,50

Pièce 10 - 6/2 TOTAL DES COÛTS D'INVESTISSEMENT (1000 \$)

Période Année	Prépa- Const- ration ruction		Mise en Pleine			Total
	1.	2.	3.	route 4.	capacité 5..... 14.	
1. Coûts des investisse- ments fixes	-	1.613,5	2.107	549	-	- 4.269,5
2. Dépenses de premier établissement	214	85	85	214	-	- 598,-
3 Fonds de roulement	-	-	-	432	528	- 960,-
Total des coûts d'investissement	214	1.698,5	2.192	1.195	528	5.827,5

Pièce 10 - 7/1 TOTAL DES ACTIFS INITIAUX

1. Coût des investissements fixes initiaux	4,269.500 \$
2. Dépenses de premier établissement	598.000 \$
3. Actif circulant	1,056.000 \$
<hr/>	
Total des actifs initiaux	5,923.500 \$

Pièce 10 - 7/2 TOTAL DES ACTIFS (1000 \$)

	Période Année	Prépa- ration 1.	Construction		Mise en route 4.	Pleine capacité 5.	Total 14.
			2.	3.			
1. Coûts des investissements fixes	-	-	1.613,5	2.107	549	-	-- 4.269,5
2. Dépenses de premier établissement	214	214	85,-	85	214	-	-- 598,-
3. Accroissement de l'actif circulant	-	-	-	-	469	587	-- 1.056,-
<hr/>							
Total des actifs	214	214	1.698,5	2.192	1232	587	5.923,5

10.2. Financement du projet

Vu le niveau de pré faisabilité de cette présente étude, les seules informations disponibles, concernant les possibilités et informations de la R.F.I. des Comores pour assurer le financement du projet, ne peuvent être considérées que comme préalables.

On a tombé d'accord, avec le M.P.D.I., sur le financement de l'affaire à crédit de 9 % de taux d'intérêt, comme l'alternative de base. On calcule avec cette valeur dans les analyses suivant et admettant l'appréciation des besoins du capital selon le "Manuel".

Les auteurs se rendent compte des problèmes qui peuvent se produire par cette solution au moment où on négociera, avec les institution financières, un emprunt en plein volume.

Pour cette raison on recommande de vérifier d'autres possibilités pour assurer les moyens financiers (participation d'état éventuelle; crédits fournisseurs pour la technologie; emprunts à l'intérêts bas etc.).

Pièce 10-8/1 Sources de financement

Emprunts	5,827.500 \$
Engagements courants	96.000 \$
<hr/>	
Total	5,923.500 \$

En conformité avec la répartition temporelle du total de coûts d'investissement (voir Pièce 10-6/2) et du total des actifs (voir Pièce 10-7/2) on prévoit une répartition temporelle suivante de l'exploitation des moyens financiers:

Pièce 10-8/2 SOURCES DE FONDS INITIAUX

Période	Préparation	Construction	Mise en route	Pleine capacité	Total		
Année	1.	2.	3.	4.	5. 14		
Emprunts	214	1.698,5	2.192	1.195	528	-	5.827,5
Engagements courants	-	-	-	37	59	-	96,-
<hr/>							
Total	214	1.698,5	2.192	1.232	587		5.923,5

Le plan financier de l'affaire suppose acquitter l'emprunt dans un délai de 10 ans depuis la 1^{ère} année de la production pleine (depuis la 5^{ème} année de la réalisation du projet). Les intérêts concernant la période de construction sont répartis dans les frais de production de 4 ans, courant depuis la mise en pleine capacité.

Le plan financier total a été élaboré pour une période de 14 ans. Cette période est composée de la préparation de l'affaire, de la construction et de 10 ans de la pleine capacité. Le solde créditeur à la fin de cette période faisant 5,514.500 \$.

Les pièces suivant se fondent sur les suppositions analogiques:

Pièce 10-9 Etat des recettes nettes
Pièce 10-10 Projection du bilan

Cettes pièces documentent la garantie suffisante du financement de l'affaire. En l'état, il n'y a pas de résultats économique annuels négatifs et en année dernière de la marche on présente le profit de

7,879.000 \$

Les résumés finals pour l'évaluation de l'affaire de point de vue économique et financier, sont fournis par les tableaux du cash-flow et par les calculs de la valeur actualisée élaborés pour deux cas extrêmes:

- a) Pièce 10-13 sans financement extérieur
- b) Pièce 10-14 avec financement extérieur total.

Les valeurs individuelles de ces pièces ont été sorties des calculations précédentes. Le taux d'intérêt de 15 % qui a été employé, est conforme au taux d'intérêt élevé, appliqué dans les pays industriels développés et peut être comparé aux exemples, se trouvant dans le "Manuel".

En formant les conclusions récapitulatives, on peut constater que:

- a) En cas du projet sans financement extérieur:
l'affaire une fois terminée, le solde créditeur fait 11,274.000 \$, ce qui correspond à la valeur actualisée de 757.000 \$ (en 15 %). L'encaisse accumulée précédents les valeurs positives en 8^{ème} an après démarrage de l'affaire, c'est à dire en 4^{ème} an de pleine capacité.

- b) En cas du projet bénéficiant d'un financement, plein extérieur:
on peut prévoir l'obtention du résultat financier total de 7,879.000 \$ avec la valeur actualisée de 1,766.000 \$ (en 15 %). En ce cas les encaisses accumulées ne sont pas négatives.

Pièce 10-8/3 Tableau des mouvements de trésorerie pour la planification financière (1000 ₤)

Période Année Programme de production	Exécution			Mise en route	Pleine capacité										Total	
	1.	2.	3.		4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.		14.
A. Rentrées de trésorerie	214	1698,5	2192	2800	5067	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	5229,5
1. Total des ressources financières	214	1698,5	2192	1232	587	-										592,5
2. Produit des ventes				1568	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	46368,-
B. Sorties de trésorerie	-214	-1698,5	-2192	-2453	-4649	-4296	-4244	-4189	-3939	-3886	-3834	-3781	-3728	-3673,5		-46777,-
1. Constitution du total des actifs	-214	-1698,5	-2192	-1232	-587	-										- 5923,5
2. Coûts d'ex- ploitation			-	-1221	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-31631
3. Intérêts					-238	-472	-420	-367	-315	-262	-210	-157	-104	-52		-2597
4. Rembourse- ment					-583	-583	-583	-583	-583	-583	-583	-583	-583	-583	-580,5	-5827,5
5. Version au crédit du compte des emprunts					-200	-200	-200	-198								- 79,-
C. Excédent ou déficit	0	0	0	347	418	184	236	291	541	594	646	699	752	806,5		5514,5
D. Solde de tré- sorierie accu- mulé	0	0	0	347	765	949	1185	1476	2017	2611	3257	3956	4708	5514,5		5

Pièce 10-9 Etat des recettes nettes (1000 \$)

Période Année Programme de production.	Mise en route	Pleine capacité									
	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
	35%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Produit des ventes	1568	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480
Coûts de production	-1392	-3821	-4055	-4003	-3948	-3698	-3645	-3593	-3540	-3487	-3307
Bénéfice	176	659	425	477	532	782	835	887	940	993	1173
Bénéfice accumulé	176	835	1260	1737	2269	3051	3886	4773	5713	6706	7879
Rapport $\frac{\text{bénéfice}}{\text{ventes}}$ (%)	11,2	14,7	9,5	10,6	11,9	17,4	18,6	19,8	20,9	22,1	26,2

Not.: Taxation n'est pas comprise.

Pièce 10 - 10

Projection du bilan (1000 \$)

Période Année Programme de production	Exécution			Mise en route		Pleine capacité								
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
	0	0	0	35%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
A. Actif (total)	214	1912,5	4104,5	5512,5	6175,5	6017,5	5911,5	5860,5	6059,5	6311,5	6615,5	6972,5	7382,5	7975
1. Actif courant (total)	0	0	0	816	1821	2005	2241	2532	3073	3667	4313	5012	5764	6570,5
a) Solde de trésorerie	0	0	0	347	765	949	1185	1476	2017	2611	3257	3956	4708	5514,5
b) Actif circulant				469	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056	1056
2. Actifs fixes (nets)	214	1912,5	4104,5	4696,5	4354,5	4012,5	3670,5	3328,5	2986,5	2644,5	2302,5	1960,5	1618,5	1404,5
Investissements fixes initiaux, dépenses de premier établis- sment	214	1912,5	4104,5	4696,5	4354,5	4012,5	3670,5	3328,5	2986,5	2644,5	2302,5	1960,5	1618,5	1404
3. Pertes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Passif (total)	214	1912,5	4104,5	5512,5	6175,5	6017,5	5911,5	5860,5	6059,5	6311,5	6615,5	6972,5	7382,5	7975
1. Engagements courants	-	-	-	37	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
2. Emprunts	214	1912,5	4104,5	5299,5	5244,5	4661,5	4078,5	3495,5	2912,5	2329,5	1746,5	1163,5	580,5	-
3. Réserves	-	-	-	176	835	1260	1737	2269	3051	3886	4773	5713	6706	7879

10.3. Coût total de production

L'estimation du coût total de production qui a été fait en calculant la nécessité des coûts de production (voir pièce 10-3/1), est complétée pour pouvoir comparer l'influence du prix de la matière première - du clinker et de la capacité de production du ciment.

- Alternative de base A - capacité 35000 t ciment/an
- prix du clinker 80 \$ / t
- Alternative B - capacité 35000 t ciment/an
- prix du clinker 90 \$ / t
- Alternative C - capacité 17500 t ciment/an -
marche à un poste
- prix du clinker 80 \$ / t

L'alternative de base, élaborée en pleine extension dans la pièce 10-12, est complétée par analyse structurale du fonds de roulement total. Pour les autres alternatives on emploie seulement les valeurs d'orientation pour la 5^{ème}, 10^{ème} et 14^{ème} année de l'affaire (voir les diagrammes dans la partie 10.4).

Coût de production de 1 t de ciment et structure de coût de production - dans l'alternative A, 10^{ème} année depuis démarrage de l'affaire.

	\$/t ciment	%
Matières premières - clinker	48,-	46,1
- gypse	2,-	
Pétrole	11,8	11,3
Autres matériaux	5,3	
Main-d'oeuvre	10,3	9,9
Réparations, pièces de rechange, charges du broyeur	4,4	
Amortissement	9,8	9,4
Frais généraux de l'usine, d'administration et de vente	5,1	
Coûts financiers, intérêts	7,5	7,2
Total	104,2	100,0

Pièce 10-11 Coût total de production (1000 \$)

Alternative	A production annuelle 35000t prix du clinker 80 \$/t			B production annuelle 35000t prix du clinker 90 \$/t			C production annuelle 17500t prix du clinker 80 \$/t		
	5	10	14	5	10	14	5	10	14
Matières premières importées									
- clinker	1680			+210	+210	+210	840		
- gypse	70						35		
pétrole	412						206		
eau	11						6		
sacs en papier	175						87		
salaires	360						350		
réparations	49						25		
Pièces de rechange, charges du broyeur	106						60		
Amortissement	342		-128				342		-128
Frais généraux de l'usine	160			+11	+11	+11	98		
Coûts de l'usine	3365	3365	3237	3586	3586	3458	2049		
Frais généraux d'administration	18						18		
Frais généraux/intérêt	438	-176	-386		-176	-386	438	-176	-386
Coût total de production	3821	3645	3307	4042	3866	3528	2505	2329	1991
Coût de production du lt du ciment	109,17	104,14	94,48	115,48	110,45	100,80	143,14	133,09	113,78

Pièce 10 - 12 Echalonnement des coûts de production (1000 \$)

Période Année	Mise en route	Pleine capacité									
	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Programme de production	35%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Matériaux directs	891	2348								2348	2348
Main d'oeuvre	180	360								360	360
Autres frais généraux	75	155								155	155
Frais généraux de fabrication	66	160								160	160
Amortissement	171	342								342	214
Coûts de production	1383	3365	3365	3365	3365	3365	3365	3365	3365	3365	3237
Frais généraux d'administration et de vente	9	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Frais financiers	-	438	672	620	565	315	262	210	157	104	52
Total des coûts de production	1392	3821	4055	4003	3948	3698	3645	3593	3540	3487	3307
Coûts de production sans amortissement et sans frais financiers	(1221)	(3041)	(3041)	(3041)						(3041)	(3041)
Total des coûts de production de l t du ciment	113,63	109,17	115,86	114,37	112,80	105,66	104,14	102,66	101,14	99,63	94,48

Pièce 10 - 13 Tableau du cash-flow et calcul de la valeur actualisée dans le cas d'un projet ne bénéficiant pas d'un financement extérieur

Période Année Programme de production	Préparation			Construction		Mise en route		Pleine capacité							Valeur de liquidation en dernière année	Total	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.			
	0	0	0	35%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
A. rentrée de trésorerie																	
1. Produit des ventes	0	0	0	1568,-	4480,-	4480,-	4480,-	4480,-	4480,-	4480,-	4480,-	4480,-	4480,-	4480,-	4480,-	46368	
B. Sorties de trésorerie	-214	-1698,5	-2192,-	-2416,-	-3569,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	+ 2364,5	- 35094
1. Dépenses totales d'investissement	-214	-1698,5	-2192,-	-1195,-	- 528,-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ 2364,5	- 3463,-
2. Coûts d'exploitation				-1221,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-3041,-	-	- 51621,-
3. Impôt sur les sociétés																	
C. Cash-flow net	-214	-1698,5	-2192,-	-848,-	+911,-	1439,-	1439,-	1439,-	1439,-	1439,-	1439,-	1439,-	1439,-	1439,-	1439,-	+ 2364,5	11274,-
D. Valeur actualisée (15%)	-186	-1207,-	-1442,-	-484,-	+453,-	623,-	541,-	470,-	409,-	355,-	309,-	269,-	234,-	203,-	179,-	290,-	757,-
E. Cash-flow net accumulé	-214	-1912,5	-4104,5	-4952,5	-4041,5	-2602,5	-1163,5	+275,5	1714,5	3153,5	4592,5	6031,5	7470,5	8909,5			11274,-

Pièce 10-14 Tableau du cash-flow et calcul de la valeur actualisée dans le cas d'un projet bénéficiant d'un financement extérieur (1000 \$)

Période Année Programme de production	Préparat. Construct.			Mise en route		Pleine capacité									Valeur de liquidation en dernière année		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.			
	0	0	0	35%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
<hr/>																	
A. Rentrées de trésorerie																	
1. Produit des ventes	-	-	-	1568	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480	4480		46368
B. Sorties de trésorerie	-	-	-	-1221	-4062	-4296	-4244	-4189	-3939	-3886	-3834	-3781	-3728	-3673,5	+2364,5	-38489	
(total)																	
1. Coût total d'investisse- ment	-	-	-	-	-1021	-1255	-1203	-1148	-898	-845	-793	-740	-687	-632,5	+2364,5	-6858	
a. Fonds du capital social	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+2364,5	+ 2364,5	
b. Rembourse- ments	-	-	-	-	-583	-583	-583	-583	-583	-583	-583	-583	-583	-580,5	-	- 5827,5	
c. Intérêts	-	-	-	-	-238	-472	-420	-367	-315	-262	-210	-157	-104	-52	-	- 2597	
d. Version du crédit du compte des emprunts	-	-	-	-	-200	-200	-200	-198	-	-	-	-	-	-	-	- 798	
2. Coût d'exploitation	-	-	-	-1221	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-3041	-	-31631	
C. Cash-flow net	-	-	-	+347	418	184	236	291	541	594	646	699	752	806,5	2364,5	+ 7879	
D. Valeur actualisée (1) \$)	-	-	-	198	208	80	89	95	154	147	139	130	122	114	290	+ 1766	
E. Cash-flow net accumulé	-	-	-	347	765	949	1185	1476	2017	2611	3257	3956	4708	5514,5		+ 7879	

10.4. Rentabilité commerciale

Les paramètres élémentaires de l'alternative analysée du projet sont les suivants:

- capacité de production annuelle 35000 t ciment
- prix du clinker importé 80 US \$ / t
- prix de vente du ciment 128 US \$ / t

En élaborant les parties 10.1 à 10.3 et les tableaux respectifs on a acquis les indices de base pour l'évaluation de la rentabilité de l'affaire au niveau suivant:

Année du démarrage de l'affaire	5	10	14
Année du démarrage de la pleine capacité	1	6	10
Produit des ventes (1000 \$)	4480	4480	4480
Coûts de production (1000 \$)	3821	3645	3307
Bénéfice (1000 \$)	659	835	1173
Bénéfice accumulé (1000 \$)	835	3886	7879
Taux de rentabilité simple %	11	14	20
Extension du bénéfice (ratio du bénéfice au produit des ventes) %	11	18	22

L'analyse du niveau de la liquidité du projet est facilitée par les indices suivantes:

- rapport courant 11
- rapport de la liquidité 1,7
- test critique de la liquidité

Le délai du remboursement du coût d'investissement fait 8 ans pour le coût total d'investissement ainsi que pour le coût d'investissement sans fonds de roulement.

Année	bénéfice+ amortissement + intérêt	Bilan à la fin de l'année	
		Total	Coût d'investissement sans fonds de roulement
1, 2, 3	-	5827,5	4867,5
4	347	5480,5	4520,5
5	1439	4041,5	3081,5
6	1439	2602,5	1,642,5
7	1439	1,163,5	203,5

Valeur actualisée nette

Le niveau de la valeur actualisée nette du projet est calculé en taux d'actualisation prévu de 15 %

- en cas d'un projet ne bénéficiant pas d'un financement extérieur (tab. 10-13). La valeur actualisée faisant 757,000 \$;

- en cas d'un projet bénéficiant d'un financement extérieur (tab. 10-14). La valeur actualisée faisant 1,766.000 \$.

La valeur de l'indice RVAN (ratio de valeur actualisée nette) de tab. 10-13:

$$RVAN = \frac{VAN}{VAI} = \frac{757000}{186000 + 1287000 + 1442000 + 683000 + 263000} =$$

$$= 0,19$$

Analyse du seuil de rentabilité

La structure des coûts de production, corrélatifs avec l'exploitation de la capacité du broyeur, facilite la détermination du seuil de rentabilité. Sur les diagrammes ci-joints, celui-ci est illustré pour plusieurs cas alternatifs:

- en prix d'importation du clinker de 80, 90 et 100 \$/t
- en prix de vente du ciment de 120, 128 et 135 \$/t.

La variabilité des coûts de production, en relation:

- avec l'exploitation de la capacité de production,
- avec le développement des postes des coûts financiers et ceux d'amortissement pendant des années individuelles de la production, est illustrée dans la table suivante.

En alternative de base (prix du clinker 80 \$, prix du ciment 128 \$) le seuil de rentabilité en année du démarrage de capacité pleine est de 63 % de capacité du broyeur. En années suivantes, la valeur du seuil de rentabilité s'abaisse au-dessous de 50 %.

Le prix plus élevé éventuel du clinker dirigera le seuil de rentabilité vers les valeurs plus élevées. Le seuil dépend, lui-aussi, considérablement du prix de vente du ciment. Le seuil de rentabilité peut être calculé avec les prix différents du clinker ou du ciment selon la formule:

$$\text{Seuil de rentabilité} = \frac{\text{partie fixe des coûts de production}}{\text{produit des ventes} - \text{partie variable des coûts de production}}$$

Prix du ciment	120 \$/t	128 \$/t	135 \$/t
Prix du clinker			
80 \$/t	72 %	63 %	55 %
90 \$/t	82 %	69 %	61 %
100 \$/t	96 %	79 %	68 %

Le prix minimal indispensable de vente d'une tonne de ciment en pleine capacité de production dépend du prix du clinker importé comme suit:

80	\$/t du clinker	106	\$/t du ciment
90	\$/t du clinker	112	\$/t du ciment
100	\$/t du clinker	118	\$/t du ciment

La production du ciment dans l'usine proposée prouve une souplesse en exploitation de celle-ci. Le niveau du seuil de rentabilité dépend

- de l'exploitation de l'équipement de production,
- du prix du clinker importé,
- du prix de vente du ciment
- du volume des coûts de production

A la page 122, les données sur le seuil de rentabilité expriment la situation en 5^{ème} année de la marche. Alors, le seuil de rentabilité se fait remarquer par 63 % d'exploitation de la capacité de l'équipement. Pendant les années suivantes, il s'abaisse au-dessous de 50 %.

Il en est de même, au cas où on atteint des relations plus avantageuses entre les prix du clinker et du ciment: la valeur du seuil de rentabilité s'abaisse et augmente la souplesse de la production.

Le taux de rentabilité interne dans le cas d'un projet ne bénéficiant pas d'un financement extérieur (tab. 10-13) faisant 18,85 %

Année	Cash-flow net	Valeur en taux d'actualisation		Valeur en taux d'actualisation	
		18 %	VAN	19 %	VAN
1.	-214	-181	-181	-180	-180
2.	-1698	-1220	-1401	-1199	-1379
3.	-2192	-1334	-2735	-1301	-2680
4.	- 848	- 437	-3172	- 423	-3103
5.	+ 911	+ 398	-2774	+ 382	-2721
6.	+1439	+ 533	-2241	+ 507	-2214
7.	1439	452	-1789	426	-1788
8.	1439	383	-1406	358	-1430
9.	1439	324	-1082	301	-1129
10.	1439	275	- 807	253	- 879
11.	1439	233	- 574	212	- 664
12.	1439	197	- 377	178	- 486
13.	1439	167	- 210	150	- 336
14.	1439	142	- 68	126	- 210
			+ 197		- 36

$$i_r = 18 + \frac{197}{197 + 36} = 18,85 \%$$

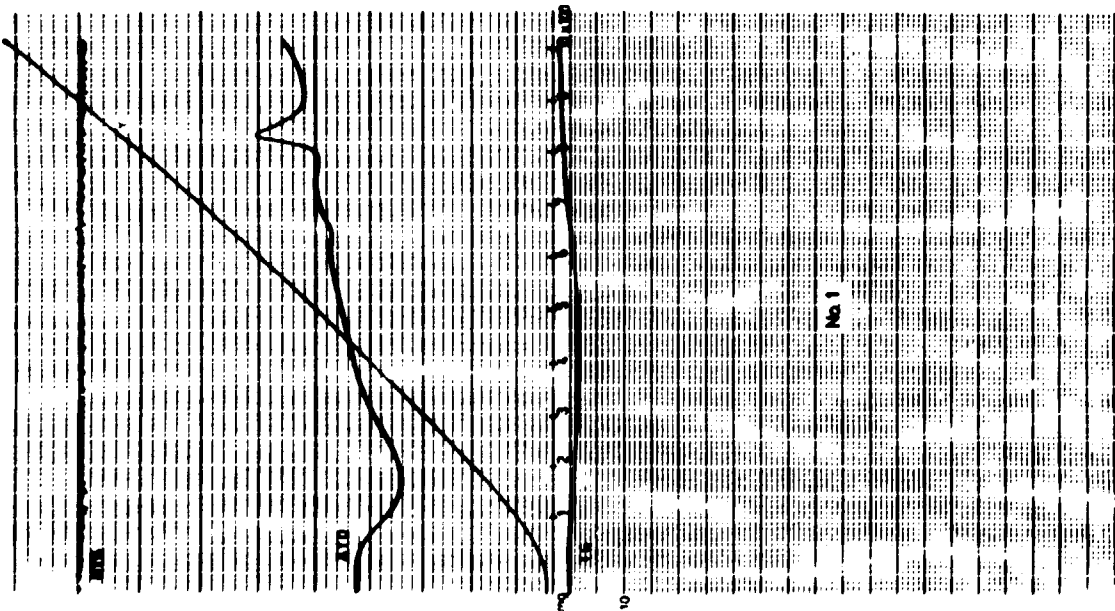
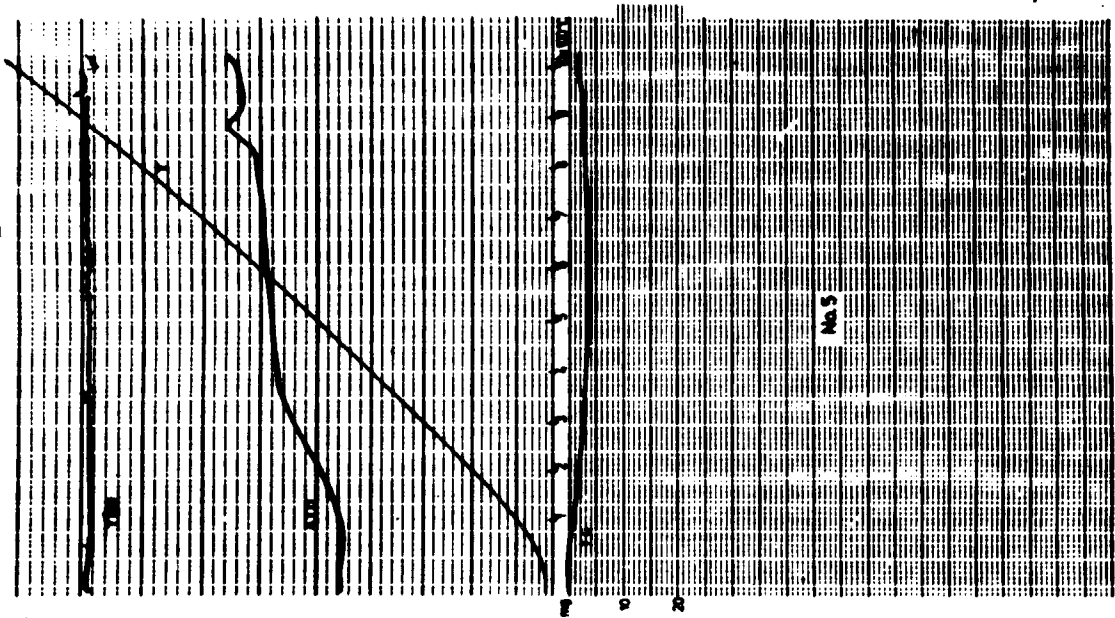
L'étude de pré faisabilité a un caractère préparatoire; c'est pourquoi elle a des suppositions certaines quant aux calculs de l'évaluation financière et économique. Il va de soi que dans la phase suivante, quelques données seront précisées en conformité avec le développement des valeurs techniques et économiques.

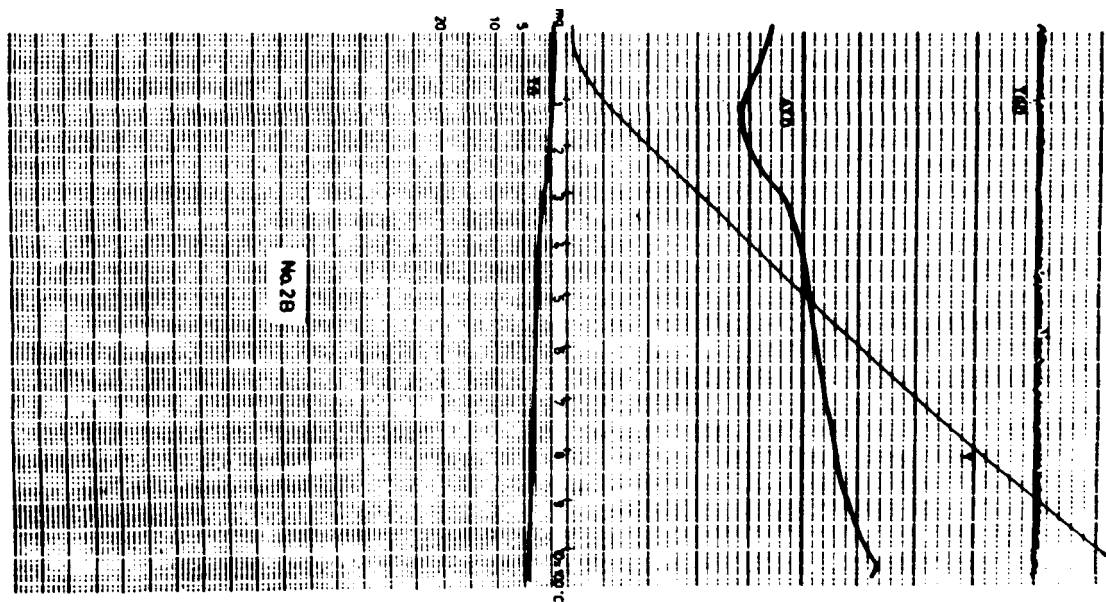
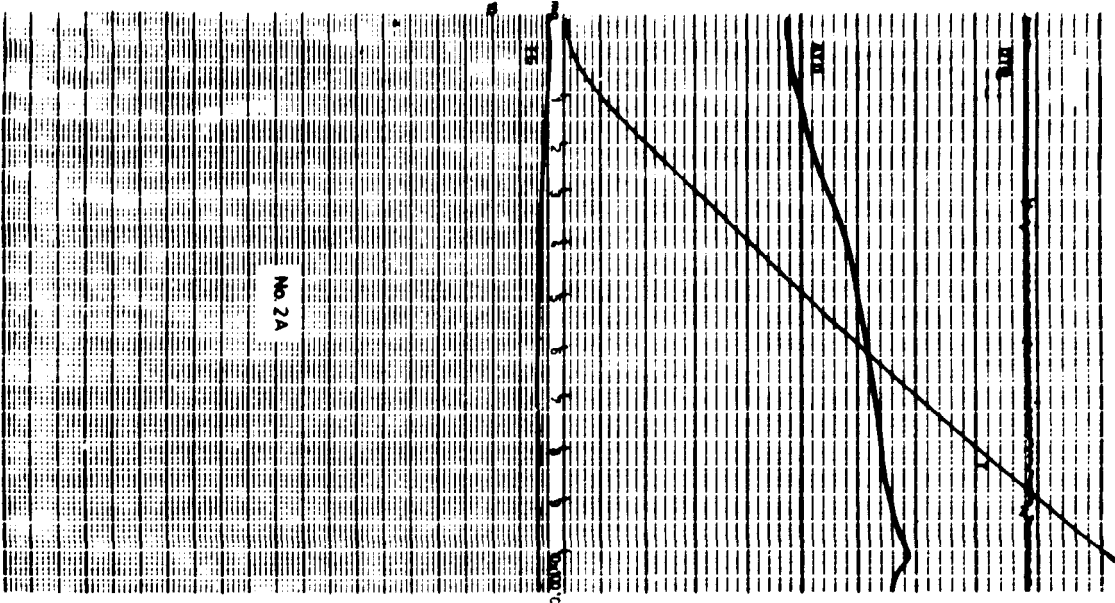
11. B I B L I O G R A P H I E

- 1) ONUDI - VIENNE - Projet P 79/40-SI/COI/79/805
Annexe 1 - Termes de référence
- 2) GRANDE COMORE - Inventaire des terres cultivables
et de leurs aptitudes culturales (I.R.A.T. 1975)
- 3) DE SAINT OURS J.: Etudes géologiques dans l'extrême
Nord de Madagascar et l' Archipel des Comores (Thèse)
Service Géologique, Tananarive 1960
- 4) Journal ZEMENT-KALK-GIPS, 1979, No. 12 - RFA
Minicimenteries pour les pays en voie du développe-
ment
- 5) Chimie et technologie du ciment par R. BARTA
- 6) Pouzzolanas and Pozzoline par R. CHAPPELEN
Building Research Unit, Ministry of Lands,
Housing and Urban Development, Dares Salaan, 1978

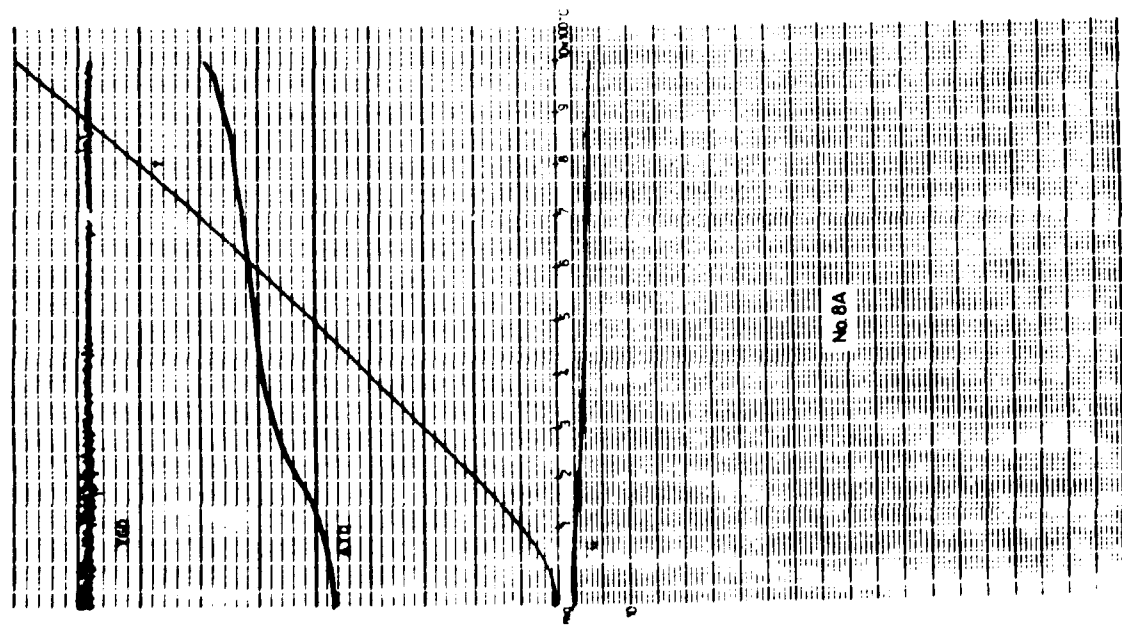
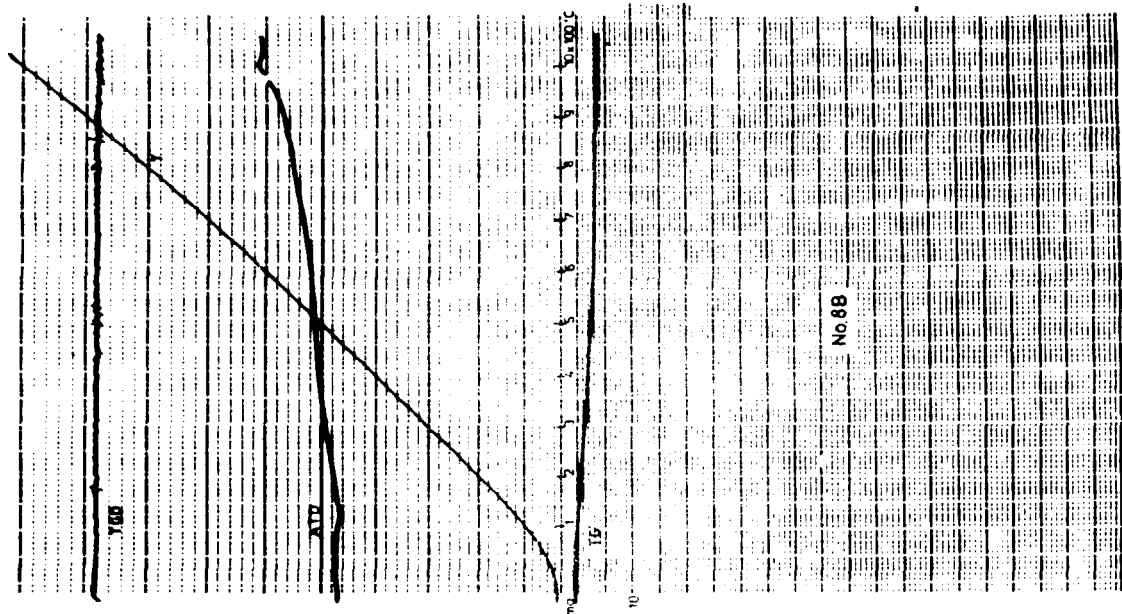
12. Annexes

Annexe No. 1

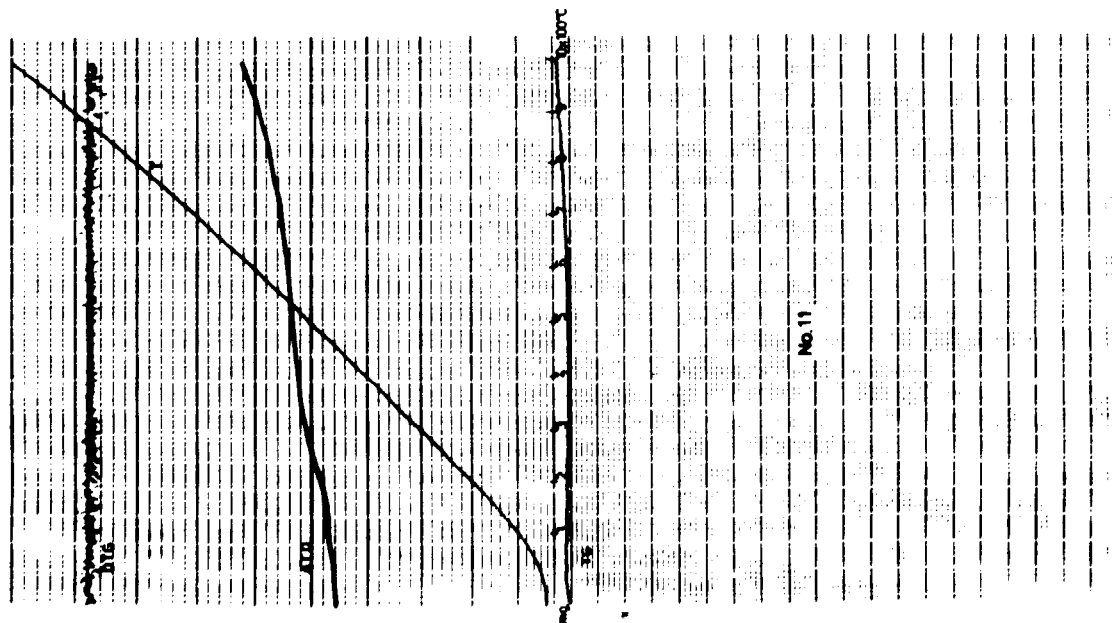
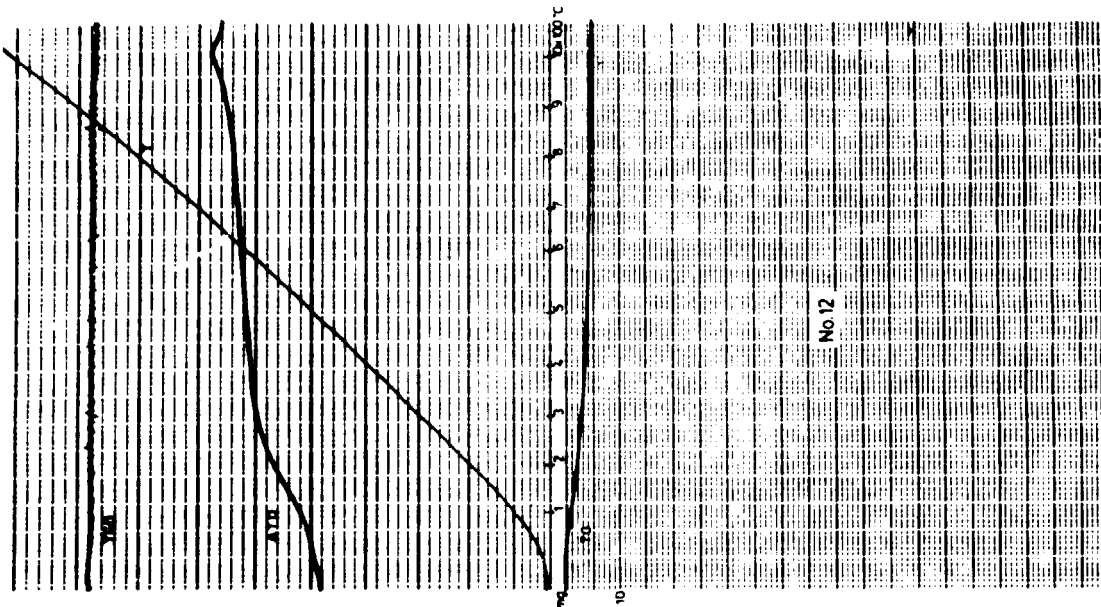




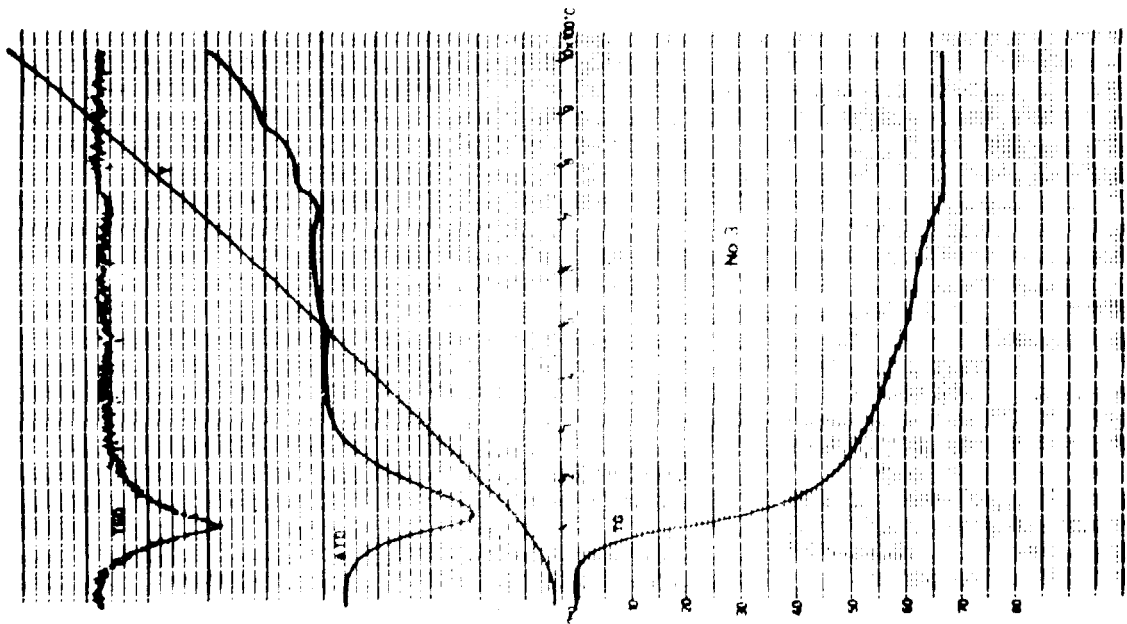
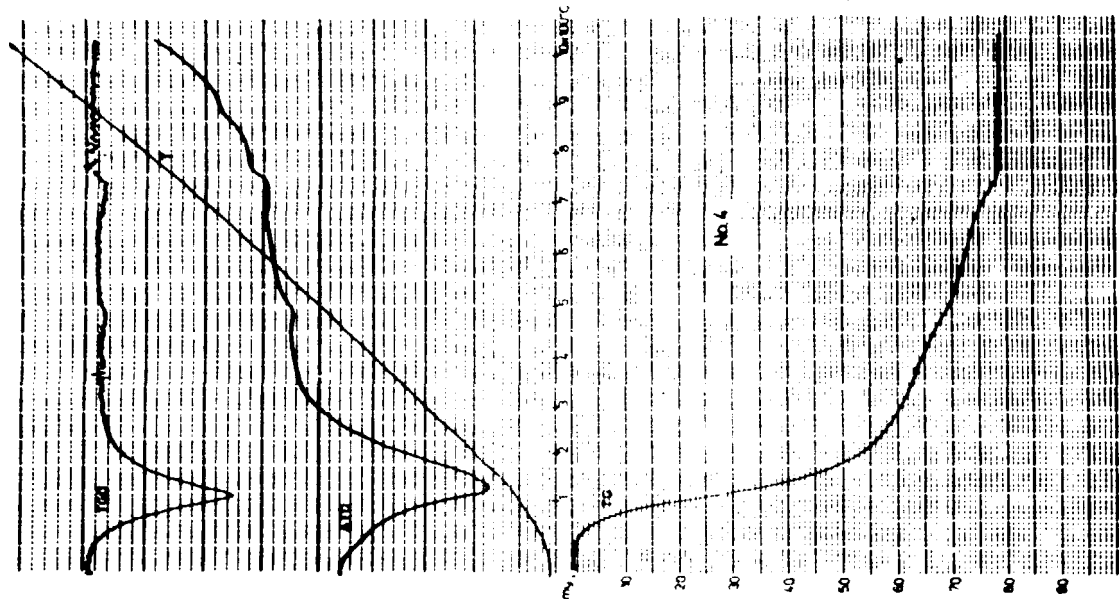
Annexe No. 3



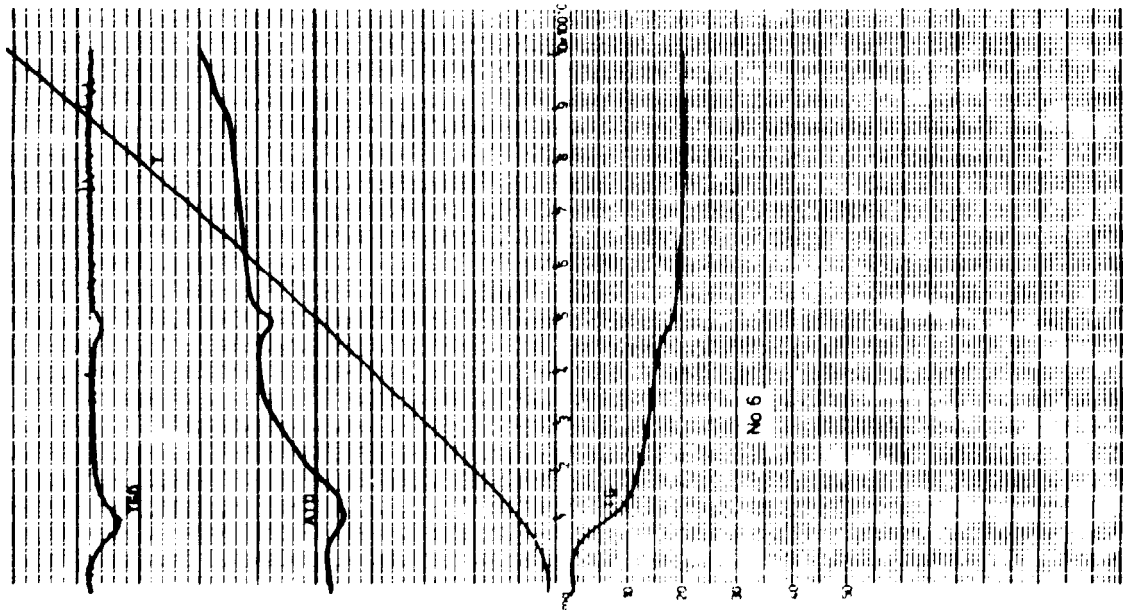
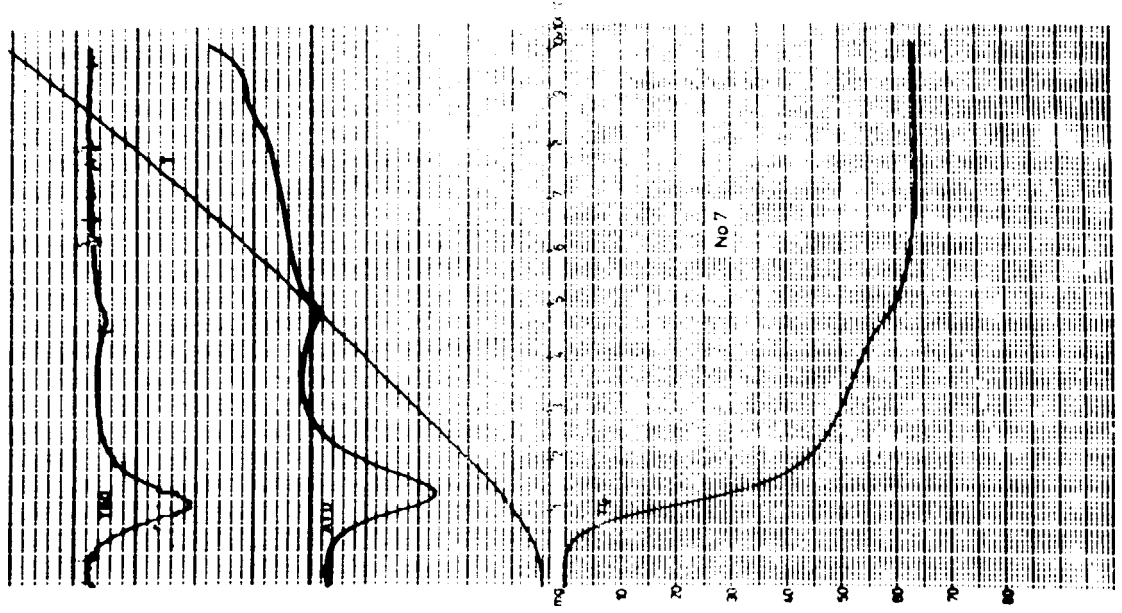
Annexe No. 4

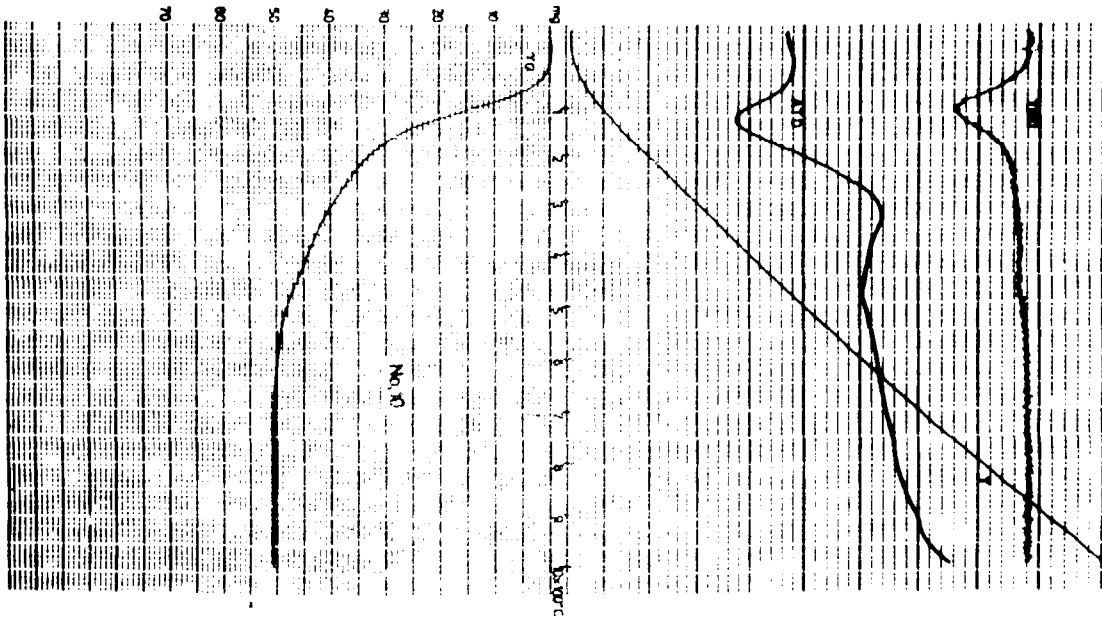
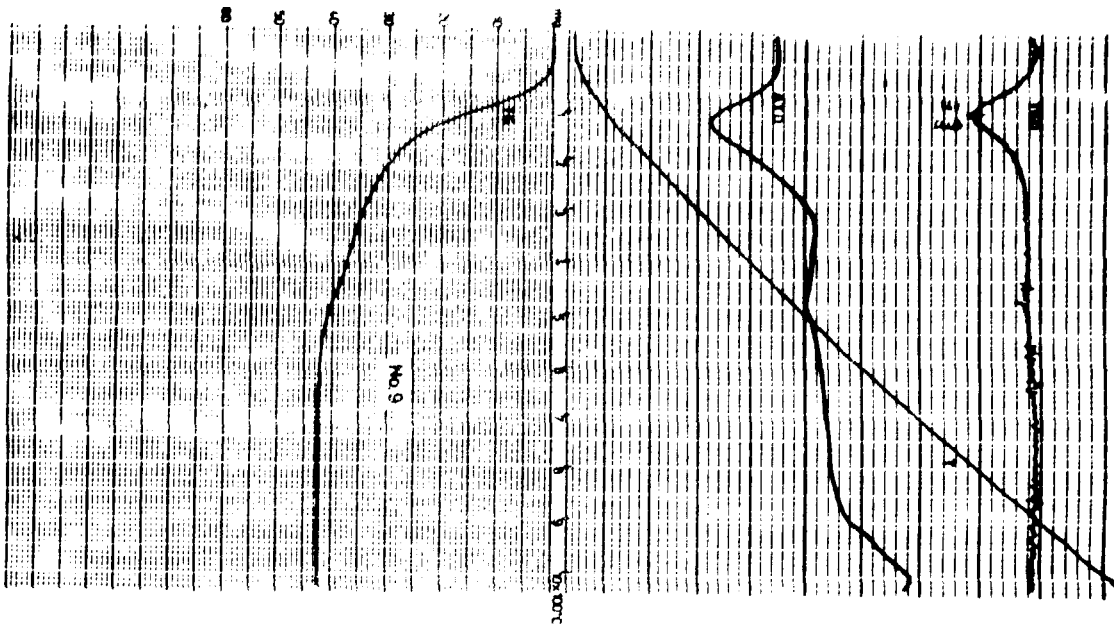


Annexe No. 5



Annexe No. 6





ANSWER No. 7

