



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.

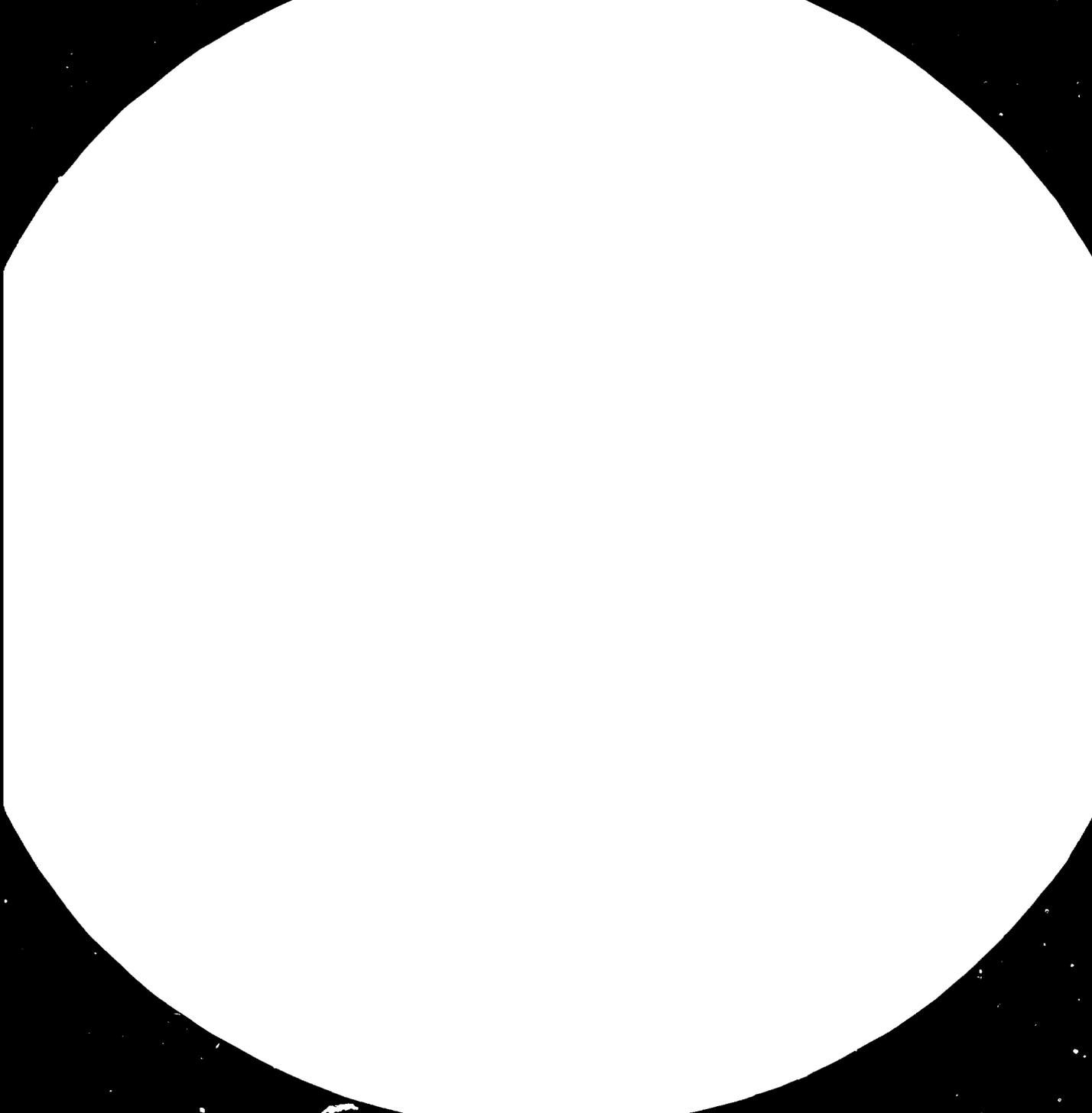
FAIR USE POLICY

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





28 25



W. B. BOYD, JR., Director, National Bureau of Standards, Washington, D. C. 20535
R. J. COLEMAN, Director, National Bureau of Standards, Gaithersburg, Maryland 20899

11587

Distr. LIMITEE

UNIDO/IO.504

29 mars 1982

FRANCAIS

Original : ANGLAIS

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

ETUDE DES POSSIBILITES DE PRODUCTION DE MATERIAUX
DE CONSTRUCTION EN REPUBLIQUE DU CAP-VERT *

par

P. Olof Grane
Consultant de l'ONUDI

002118

* Ce document n'a pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

V.32-24066

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
Notes	3
RESUME ET RECOMMANDATIONS	4
I. INTRODUCTION	5
II. MATIERES PREMIERES NECESSAIRES A LA PRODUCTION DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION	7
III. PROJETS EN COURS POUR LA PRODUCTION DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION CONSTRUCTION	8
IV. PROJETS NOUVEAUX DE FABRICATION DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION	10
1. Etude de préfaisabilité sur la production industrielle de chaux	13
2. Etude de préfaisabilité sur l'hydratation de la chaux	16
3. Etude de préfaisabilité sur la fabrication de chaux à la pouzzolane	19
V. PROJET INTEGRE D'EXPLOITATION DU GYPSE	23
1. Etude de préfaisabilité sur une plâterie	23
2. Etude de préfaisabilité sur la fabrication de matériaux de construction en plâtre	26
3. Fabrique de staff	29
4. Matériel de moulage de la craie	29
VI. AGGLOMERE CIMENT-SISAL POUR TOITURES	30
VII. PROJETS REJETES	31
1. Béton cellulaire	31
2. Panneaux de particules de bois	31

Annexes

I. Calendrier des activités	32
II. Visite des fours à chaux de Praia Baixo.	34
III. Points faibles	35
IV. Fournisseurs éventuels de matériel	36
V. Bibliographie	37

Notes

Abréviations :

MAC = Entreprise publique de matériaux de construction
MOP = Ministère des travaux publics
INC = Institut national des coopératives
EMEC = Entreprise publique de génie civil et de construction

Valeur du dollar en monnaie locale : un dollar E.-U. = 50 escudos

RESUME ET RECOMMANDATIONS

1. Le Cap-Vert possède d'importantes réserves confirmées de pouzzolane active qui, mélangée à de la chaux, produit un excellent liant hydraulique pouvant remplacer dans une large mesure le ciment importé.
2. Il existe dans la plupart des îles des gisements plus ou moins importants de pierre à chaux mais la production artisanale de chaux vive décroît essentiellement en raison du manque de combustibles ou de leur coût élevé, de la cherté des transports et du produit, d'où l'absence de demande.
3. Les importants gisements de sable gypsifère fin ont donné naissance à une production artisanale de plâtre de construction. La qualité variable de ce produit, l'absence de matériel de broyage et l'insuffisance des efforts en matière de commercialisation ont malheureusement entraîné une stagnation des ventes.
4. Il existe à Boa Vista d'importants gisements d'argile, généralement à forte teneur en montmorillonite, et l'on y fabriquait pendant la première moitié de ce siècle d'importantes quantités de briques et tuiles en terre cuite; cette activité a aujourd'hui pratiquement cessé par suite du manque de combustible.
5. "Au Cap-Vert, il est évident que le manque d'expérience en matière de gestion entrave le développement industriel; le gouvernement devrait agir plus fermement dans ce domaine." Cette déclaration qui figure dans le rapport principal de la Banque mondiale sur le Cap-Vert est entièrement justifiée. En effet, le pays dispose en abondance de certaines matières premières, on s'y montre disposé à entreprendre une production artisanale et à la développer sous forme de petites et moyennes industries, et cependant, le manque d'expérience en matière de gestion, la connaissance insuffisante des techniques appropriées et les faibles efforts de commercialisation font que l'industrie des matériaux de construction n'a pas progressé.
6. Il est par conséquent recommandé :

QUE le Gouvernement envisage la création d'un bureau du développement industriel doté d'un personnel limité mais compétent qui fournirait, non au gouvernement mais à l'industrie locale, des conseils sur les divers aspects de la planification et de la création d'entreprises industrielles et commerciales, et lui réserve des fonds pour l'ouverture de crédits et l'octroi de prêts,

QUE le gouvernement construise un four à chaux industriel fonctionnant au mazout pour montrer ses avantages techniques et les économies d'énergie qu'il permettrait de réaliser,

QUE le gouvernement construise une installation industrielle d'extinction de la chaux à sec,

QUE le gouvernement installe une usine pour la production, à faible consommation d'énergie, d'un liant hydraulique à bon marché à partir d'un mélange de chaux éteinte et de pouzzolane finement broyée pouvant remplacer une grande partie du ciment importé,

QUE le gouvernement crée une industrie intégrée du gypse pour la production de plâtre de construction et d'éléments de construction en plâtre,

QUE le gouvernement crée une usine pilote de démonstration pour la production de plaques d'agglomérés sisal-ciment destinées à la couverture des toits.

QUE le gouvernement demande à l'ONUDI de l'assister dans la démonstration de nouvelles techniques de sciage et de fragmentation de la pierre.

I. INTRODUCTION

1. La République du Cap-Vert se compose de 10 îles, en majeure partie volcaniques, situées à quelque 500 km à l'ouest de Dakar. Sa population s'élève à 300 000 habitants. Le produit national brut est de 300 dollars. Il y a une forte pénurie de logements. Le tableau I donne une évaluation des besoins en matériaux de construction.

Tableau I
Evaluation des besoins en matériaux de construction*

	<u>1980</u>	<u>1990</u>	<u>2000</u>
Pierres (milliers de m ³)	110	160	300
Blocs de béton (milliers de m ³)	20	30	60
Béton armé (milliers de m ²)	10	20	35
Tuiles (milliers de m ²)	25	30	35
Agglomérés (milliers de m ²)	85	150	250
Enduit (en centaines de tonnes de ciment)	7	12	18
Liants hydrauliques (en milliers de tonnes de ciment)	10	20	30

*Chapornière : UNIDO/IO.390, page 67.

La production actuelle de matériaux de construction est insuffisante et le gouvernement souhaite que l'on procède à une analyse des projets en cours et à une étude de préféabilité des projets récemment conçus.

2. Commentaires

2.1 Pierre à bâtir : La capacité de production est uniquement fonction de l'effectif de la main-d'oeuvre utilisée. Pour augmenter la production, de nouvelles carrières devront être ouvertes.

2.2 Blocs de béton : La MAC et la BMBC peuvent respectivement produire 1 300 et 6 000 blocs par journée de 8 heures, soit 35 000 m³ par an. Il existe en outre un certain nombre de petits producteurs privés. La capacité totale actuelle peut largement répondre aux besoins jusqu'en 1990, époque à laquelle une production par relais d'équipes sera possible.

2.3 Béton armé : Une usine de fabrication d'éléments en béton précontraint est en construction à Praia. Sa capacité sera de 600 mètres linéaires de poutres, soit 300 m² de plancher, par jour, ou encore 90 000 m² par an. Ceci couvre largement les besoins pour les années à venir. L'usine produit également des tubes de béton.

2.4 Tuiles : Les tuiles en terre cuite sont produites artisanalement en très petite quantité. Il existe par ailleurs à Praia une usine de fabrication de tuiles en béton mais, en raison des difficultés de transport, elle ne fonctionne actuellement qu'à 50 % de sa capacité qui est de 3 000 pièces par journée de 8 heures. A plein rendement, la production peut atteindre 315 m² par jour, soit 95 000 m² par an, c'est-à-dire près du triple des besoins prévus pour l'an 2000.

2.5 Agglomérés fibres-ciment : Ces agglomérés sont importés en totalité. La production à petite échelle d'agglomérés de mortier de ciment et fibres de sisal suffirait pour couvrir les besoins des villages.

2.6 Enduits : Les quantités théoriques de ciment nécessaires à la fabrication des enduits pourraient être réduites en remplaçant le ciment par de la chaux ou de la pouzzolane. Il faudrait pour cela produire la chaux et la pouzzolane à l'échelle industrielle. Pour les enduits intérieurs, le plâtre à construire convient. Pour cet usage, il faut toutefois que sa qualité soit supérieure à celle que permet la production artisanale; il est donc nécessaire d'envisager une production industrielle de plâtre.

2.7 Liants hydrauliques : Le ciment, principal liant hydraulique, est actuellement importé. On pourrait en réduire les importations en le remplaçant en partie par de la pouzzolane active localement produite. La chaux hydraulique, autre liant hydraulique, peut être obtenue en broyant un mélange de chaux éteinte à sec et de pouzzolane. L'installation d'une usine pouvant produire 12 000 tonnes de chaux hydraulique par an sera proposée.

II. MATIERES PREMIERES NECESSAIRES A LA PRODUCTION DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION

On trouvera ci-après un exposé sommaire des matières premières que l'on trouve au Cap-Vert et qui peuvent être utilisées pour fabriquer des matériaux de construction :

1. Pierre

La pierre est couramment et habilement utilisée pour la construction de murs; jusqu'à une date assez récente elle était pratiquement le seul matériau employé à cette fin, l'autre étant la brique d'argile produite en très petite quantité. Elle continuera certainement à être très largement utilisée. Il ne fait aucun doute que l'ONUDI pourrait fournir une aide pour mieux faire connaître les nouvelles techniques, notamment en ce qui concerne le sciage et la fragmentation de la pierre à l'aide d'appareils manuels.

2. Sable

Le sable de mer est le plus couramment employé mais on a aussi recours dans une certaine mesure au sable de rivière. L'extraction du sable de mer est interdite à proximité des agglomérations et celui qui est utilisé à Praia est ramassé à une vingtaine de kilomètres de la ville. Les coûts de transport sont élevés. Avant de le mélanger au ciment pour faire le mortier et le béton, il faut le laver pour le débarrasser du sel. Cette opération est toutefois inutile lorsqu'il est employé avec les mélanges de chaux et de pouzzolane. Une troisième variété de sable très fin, propre et à forte teneur en silice provient des sables du Sahara qu'apportent les vents; on le trouve dans les dunes des îles de Sal et de Boa Vista; étant donné sa finesse cette variété, idéale pour la production de béton cellulaire, ne convient toutefois pas pour la fabrication du mortier et du béton.

3. Argile

Le plus important gisement d'argile des îles se trouve sur Boa Vista. On y fabriquait autrefois des tuiles en petites quantités, mais cette production a aujourd'hui pratiquement cessé. Un géologue allemand a fait une étude assez approfondie de ce gisement; il doit revenir en 1982 pour une période de trois ans afin d'étudier également les gisements d'argile des autres îles.

4. Pouzzolane

Les gisements de Sao Antao (6,5 millions de tonnes) étaient exploités jusqu'à une époque assez récente et produisaient d'importantes quantités de pouzzolane pour l'exportation. On trouve aussi dans les îles d'autres matières volcaniques telles que les scories et la ponce, qui peuvent également avoir des propriétés pouzzolaniques, mais ces matières n'ont pas encore été étudiées.

5. Pierre à chaux

Il existe d'importantes quantités de pierre à chaux sur l'île de Maio. A Boa Vista, la production n'est pas négligeable. A San Vicente, on voit des fours à chaux mais on ne dispose d'aucun renseignement sur les gisements. Il y aurait, paraît-il, de la pierre à chaux sur l'île de Sao Nicolau et il semble qu'un petit gîte existe sur Sao Antao. Près de Praia, sur l'île de Sao Tiago, un gisement a été évalué à quelque 50 000 tonnes.

6. Gypse

On trouve dans l'île de Maio d'importantes quantités de sables gypsifères qui sont exploités artisanalement pour faire du plâtre de construction. L'extraction doit toutefois être sélective car les couches inférieures sont contaminées par le sel.

7. Fibres végétales

La fibre de sisal peut être utilement mise à profit pour renforcer le plâtre de construction et le mortier de ciment utilisés dans la fabrication de panneaux. Le sisal est déjà cultivé dans le pays et un nouveau projet est envisagé pour en augmenter la production. On peut également employer pour la fabrication de panneaux la fibre de bananier et la bagasse dont la cendre présente, par ailleurs, de bonnes propriétés pouzzolaniques.

III. PROJETS EN COURS POUR LA PRODUCTION DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION

1. Ciment

Le gouvernement a passé un contrat avec un consultant indépendant en vue d'une étude de faisabilité approfondie sur la question. Les résultats sont attendus pour 1983.

2. Pouzzolane

Le gouvernement a signé un contrat pour la remise en état de l'usine de broyage de pouzzolane située sur l'île de Sao Antao. La capacité en sera portée à 5 000 tonnes par an en exploitation à un poste par jour. Cette usine revêt une grande importance pour le pays, car elle permettra de remplacer le ciment importé par de la pouzzolane active.

3. Gravier

Une installation est envisagée à Mindelo pour la production de gravier par concassage de roches basaltiques. Le criblage permettra d'obtenir différentes granulométries, y compris du sable. La capacité envisagée (40 m³ par heure) semble excessive.

4. Mosaïque

Ce projet qui envisage l'extraction de 1 200 m³ de basalte en vue de leur transformation en carreaux de sol est encore à l'étude; il y aurait lieu de consulter l'expert de l'ONUDI en pétrographie. Le second volet du projet concerne la production annuelle de 15 000 m² de carreaux de mosaïque à partir de ciment et d'éclats de pierre. L'exécution de cet élément du projet est recommandée, mais celle de la contre-proposition qui préconise la production de carreaux de céramique ne l'est pas, car elle exigerait un investissement plus élevé et davantage d'énergie.

5. Petit matériel électrique

Ce projet implique la production d'interrupteurs, prises, boîtiers et divers autres accessoires. Une petite usine suffit pour répondre aux besoins du marché du Cap-Vert et l'on envisage d'exporter une partie de la production. La rentabilité de ce projet est douteuse et il est recommandé de le soumettre à une étude plus approfondie.

6. Clous et vis

Cette production peut être assurée par une petite entreprise et sa réalisation est recommandée.

7. Peintures à l'eau

Bien que toutes les matières premières devront être importées, il est recommandé d'entreprendre cette fabrication. L'eau qui constitue la masse principale du produit fini sera ajoutée sur place et l'on pourrait éventuellement fabriquer la charge de blanc dans l'île*.

8. Quincaillerie

La fabrication d'articles de quincaillerie à l'intention des particuliers et de l'industrie du bâtiment est envisagée à raison de cinq tonnes d'acier et de 1,6 tonne d'aluminium par mois. Ainsi conçu, le projet semble bien fondé, mais le choix des articles à fabriquer est important et doit faire l'objet d'une étude détaillée.

9. Fabrication de portes et fenêtres à partir de bois débité

La production de l'usine prévue permettrait d'équiper deux maisons par jour, ce qui correspondrait aux besoins de Praia. (Il existe déjà une usine de ce genre à Mindelo.) Le bois devra être importé. Le reboisement actuellement en cours devrait un jour permettre d'utiliser du bois local en quantités limitées, mais il faut attendre une quinzaine d'années. Ce projet devrait faire baisser les prix et créer des emplois; il est donc particulièrement opportun.

IV. PROJETS NOUVEAUX DE FABRICATION DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION

1. Après avoir étudié divers rapports dont dispose le Secrétariat et s'être entretenu avec les représentants de DGI, MAC, MOP, INC et EMEC, le consultant est parvenu à la conclusion qu'il est possible de produire sur place à partir de matières premières locales, des matériaux de construction présentant un intérêt pour le gouvernement, à savoir :

- ciment
- chaux
- pouzzolane
- plâtre de construction.

* Des travaux de drainage à proximité de Mindelo ont révélé l'existence, à un mètre de profondeur, d'une substance blanche qui s'est avérée être de la chaux. Convenablement broyée et lavée elle servirait utilement de charge de blanc et de pigment. On pourrait aussi en exporter.

2. Le gouvernement semble être fermement décidé à entreprendre un projet visant à installer une usine de ciment Portland d'une capacité de 60 000 tonnes par an. Un contrat a été conclu avec le groupe belge des ciments CBR qui procède actuellement à une étude de faisabilité détaillée. Un nouveau gisement de matière première plus intéressant a été découvert, la prospection sismique est terminée et des carottages sont en cours. Des négociations en vue du financement sont engagées et l'on envisage de créer une société à laquelle participeraient la Banque mondiale (SFI), la Banque africaine de développement (BAD), la Banque européenne des investissements (BEI) et le Gouvernement du Cap-Vert. La réalisation de ce projet impliquerait un investissement de près de 30 millions de dollars. Les résultats de l'étude de faisabilité sont attendus pour 1983.

3. Le gouvernement ayant déjà conclu un contrat pour cette étude, le consultant n'a aucune raison de s'en mêler; il souhaite cependant une solution de rechange, moins ambitieuse et beaucoup moins coûteuse, à savoir la production, moyennant une faible consommation d'énergie, d'un liant à bon marché: le ciment de pouzzolane, fabriqué à l'aide de chaux et de pouzzolane est également connu sous le nom de chaux hydraulique ou de chaux à la pouzzolane; ce liant peut remplacer le ciment Portland sauf dans les cas où une grande résistance structurale est exigée.

4. La possibilité de produire de la chaux à la pouzzolane a déjà fait l'objet de rapports et de recommandations de la part de plusieurs experts (SWECC, ATREE, Dubois, Chaponnière, etc.) et le consultant partage leurs opinions.

4.1 La qualité du produit fini dépend de l'activité de la pouzzolane et de la finesse du broyage. Cette activité étant de 105 kg/cm^2 selon la Compania de Pozzolana de Cabo-Verde, alors qu'elle n'est que de 58 kg/cm^2 dans le cas du trass du Rhin, fort connu et couramment utilisé en Allemagne, le matériau se prête de toute évidence à la production de chaux à la pouzzolane.

4.2 Il ressort des analyses effectuées par le consultant sur une pouzzolane analogue, le trass indonésien de Nagrek, que la résistance d'un mortier composé de chaux à la pouzzolane et de sable dans les proportions de 1/5, est de 74 kg/cm^2 après sept jours, alors que le calcul ne donne que 2 à 5 kg/cm^2 . La résistance à la compression du béton ainsi produit est largement suffisante pour les fondations et les planchers de maisons à un ou deux étages. La chaux à la pouzzolane permettrait donc de remplacer le ciment Portland dans la plupart des cas et d'en réduire l'importation dans une proportion pouvant atteindre 35 %.

4.3 La production de chaux à la pouzzolane peut être réalisée par phases successives. La première correspondrait à la production de pouzzolane finement broyée, opération que peut de toute évidence assurer l'usine qui doit être construite à Sao Antao en exécution du contrat conclu par le gouvernement. La capacité annuelle de cette usine devrait être de 5 000 tonnes pour un poste seulement; elle pourra, le cas échéant, être portée à 15 000 tonnes par an.

4.4 La deuxième phase consistera à installer un four à chaux industriel. Les fours modernes sont en général de très grande capacité et extrêmement complexes et coûteux; aussi, le consultant propose-t-il un four de 10 tonnes/jour du type conçu par un expert de l'ONUDI, dont trois exemplaires sont en construction en Indonésie. Ce genre de four, qui produit de la chaux vive, utilise comme combustible, à raison de 1 200 kcal/kg seulement, du mazout que l'on peut aisément se procurer au Cap-Vert, ce qui n'est pas le cas pour le bois, le gaz, le coke et le charbon.

4.5 La troisième phase consiste à transformer la chaux vive en chaux éteinte, ce qui se fait par adjonction d'eau dans un appareil spécial qui se compose essentiellement d'une cuve cylindrique horizontale comportant un axe longitudinal rotatif muni d'agitateurs. La chaux vive pulvérisée est introduite à une extrémité et la chaux éteinte recueillie à l'autre.

4.6 La quatrième phase consiste à broyer ensemble la chaux éteinte sèche et la pouzzolane jusqu'à obtenir un mélange d'une granulométrie de 5 à 6 000 cm^2/g . Cette opération est réalisée dans un broyeur à boulets, la chaux à la pouzzolane étant ensuite mise en sacs.

4.7 L'usine comportera par conséquent trois unités de production distinctes qui peuvent éventuellement ne pas être groupées au même endroit, à savoir :

- le four à chaux,
- le dispositif d'hydratation,
- le broyeur-mélangeur.

4.8 Afin de déterminer la rentabilité de la production de chaux à la pouzzolane, une étude de pré faisabilité a été faite pour chacune des trois unités.

1. Etude de pré faisabilité sur la production industrielle de chaux

Spécifications d'un four à chaux d'une capacité de 10 tonnes/jour

1.1 <u>Type de four</u>	Semarang, four droit continu
1.2 <u>Capacité</u>	10 tonnes/jour, soit 3 000 tonnes/an
Capacité spécifique	5 tonnes/m ² /24 heures
1.3 <u>Dimensions</u>	
Diamètre extérieur	1,6 m
Hauteur utile de la cuve	8 m
Hauteur totale de la cuve (hors tour)	11 m
Nombre de foyers	4
Hauteur du dôme de refroidissement	3,7 m
1.4 <u>Energie thermique requise</u>	1 200 kcal/kg
1.5 <u>Com. stible</u>	Mazout C
1.6 <u>Type de briques réfractaires</u>	Briques réfractaires - 60 % Al ₂ O ₃ - 35 % Al ₂ O ₃
1.7 <u>Exploitation</u>	En continu
1.8 <u>Type de brûleur</u>	Injecteur à mazout
1.9 <u>Evacuation des gaz</u>	Tirage forcé
1.10 <u>Alimentation électrique</u>	2 générateurs diesel de 20 kVA

A.1 Besoins commerciaux en chaux

La chaux est produite artisanalement en petites quantités. Les spécialistes du bâtiment en utiliseraient davantage s'ils en disposaient. La chaux hydraulique importée vaut 184 dollars la tonne. La totalité de la production du four envisagé serait absorbée par l'usine d'hydratation.

A.2 Matières premières disponibles

Il existe de la pierre à chaux sur les îles de Sao Vicente, Boa Vista, Maio, Sao Nicolau et Sao Tiago. Les gisements de l'île de Maio sont considérables. Le bois à brûler est rare mais on peut se procurer du mazout importé.

A.3 Emplacement

Etant donné que l'île de Sao Vicente est la plus proche (13 km) de l'usine de broyage de pouzzolane que l'on envisage d'établir à Sao Antao, que la plus grande partie de la production artisanale de chaux vive provient de Boa Vista et que les plus importants gisements de pierre à chaux se trouvent à Maio, on envisage, à titre préliminaire, d'implanter l'usine à Boa Vista.

A.4 Caractéristiques

A.4.1 Capacité annuelle prévue : 3 000 tonnes par an (avec un four)

A.4.2 Procédés possibles :

Four droit ou four rotatif.

La production étant faible, il est proposé d'employer un four droit à mazout.

A.5 Main-d'oeuvre et gestion

Contremaître	1
Personnel qualifié	5
Main-d'oeuvre non qualifiée	12
	<hr/>
	18

A.6 Calendrier du projet

La durée totale de construction serait d'environ neuf mois.

A.7 Analyse financière

<u>A.7.1 Coûts d'investissement</u>	<u>Dollars E.-U.</u>
Terrain et aménagement du site	5 000
Génie civil	5 000
Équipement et installation	100 000
Assistance technique	10 000
Frais généraux	10 000
	<hr/>
	130 000
Imprévus	15 000
	<hr/>
	145 000
Fonds de roulement	30 000
	<hr/>
TOTAL	175 000

<u>A.7.2 Coûts de production</u>	<u>Dollars E.-U.</u>
Frais d'exploitation	150 000
Amortissement (6,7 %)	11 000
Intérêts (6 %)	9 000
	<hr/>
Coûts de production	170 000
<u>A.7.3 Rentabilité commerciale</u>	
a) Rendement (moyen)	
Chiffre d'affaires	195 000
Frais d'exploitation	
Pierre à chaux livrée	25 000
Combustible	60 000
Divers	15 000
Main-d'oeuvre	18 000
Administration	12 000
	<hr/>
	- 150 000
Amortissement (6,7 %)	- 11 000
	<hr/>
Bénéfices d'exploitation	34 000
Intérêts	- 9 000
	<hr/>
Bénéfices bruts avant impôts	25 000
Impôt sur les sociétés (30 %)	-*
	<hr/>
Bénéfice net	25 000
Rendement = $\frac{25\ 000 + 9\ 000}{173\ 000} =$	<u>19,6 %</u>
b) Période d'amortissement = $\frac{173\ 000}{25\ 000 + 9\ 000 + 11\ 000} =$	<u>4,6 ans</u>
c) Coût d'investissement spécifique	
Dollars E.-U. $\frac{(173\ 000 - 30\ 000)}{3\ 000\ \text{tonnes}} =$	<u>48 dollars E.-U./ tonne</u>
d) Coût de production spécifique	
Frais d'exploitation	150 000
Amortissement	11 000
Intérêts (6 %)	9 000
	<hr/>
	170 000
 $\frac{170\ 000\ \text{dollars E.-U.}}{3\ 000\ \text{tonnes}} =$	 <u>57 dollars E.-U./ tonne</u>

* L'impôt est prélevé sur le produit fini (chaux hydratée)

A.6 Avantages économiques pour le pays

Créations d'emplois, investissement par emploi

Total $\frac{173\ 000}{18} =$ environ 9 600 dollars E.-U. par emploi

2. Etude de pré faisabilité sur l'hydratation de la chaux

Spécifications d'une installation d'hydratation
d'une capacité de 24 tonnes/jour

- | | |
|---|---|
| 2.1 <u>Type de matériel</u> | Silos de réaction TIAVER* |
| 2.2 <u>Capacité</u> | 20 tonnes/jour |
| Capacité utile | 13 tonnes/jour = 4 000 tonnes/an |
| 2.3 <u>Matières premières</u> | |
| - chaux vive | 10 tonnes/jour = 3 000 tonnes/an |
| - eau | 5 m ³ /jour = 1 500 m ³ /an |
| 2.4 <u>Durée des opérations</u> | |
| - broyage | 8 heures/jour |
| - hydratation | 24 heures/jour |
| - ensachage | 8 heures/jour |
| 2.5 <u>Principaux matériels</u> | |
| Broyeur à marteaux, sacs-filtres, silos de réaction en béton, trémies d'alimentation, élévateurs à godets, transporteurs à vis, vannes à boisseau, chauffe-eau, ensacheuse**. | |

A.1 Demande de chaux hydratée

Le pays ne produit que de la chaux vive. En 1980, les importations de chaux éteinte se sont élevées à 150 tonnes, à 184 dollars des F Unis la tonne. La production de l'usine envisagée serait absorbée par la demande de chaux à la pouzzolane.

* Voir Grane : Establishing factories for the production of limenozzolana cement, figure 3, ONUDI, Division des opérations industrielles.

** Il n'est pas prévu de broyeur à boulets pour la pulvérisation des déchets d'hydratation.

A.2 Matières premières disponibles

L'usine utiliserait la chaux vive produite par l'usine de chaux envisagée et obtiendrait son eau d'une source locale. L'eau de mer peut être utilisée pour la production de lait de chaux (et éventuellement pour toute la production sous réserve de vérification)*.

A.3 Emplacement

L'usine devrait être située à proximité de l'usine de chaux; toutefois, étant une installation indépendante, elle peut être établie à tout autre emplacement convenable.

A.4 Caractéristiques techniques du projet

A.4.1 Capacité annuelle	6 000 tonnes
Capacité utile annuelle prévue	4 000 tonnes

A.4.2 Procédés possibles :

- i) Hydratation par voie sèche ou humide. Seule l'hydratation à sec est possible puisque l'on veut uniquement obtenir de la chaux éteinte sèche.
- ii) Les hydrateurs à un ou plusieurs étages ont en général de trop grande capacité; c'est pourquoi il est proposé d'effectuer l'hydratation dans des silos réacteurs.

A.5 Main-d'oeuvre et gestion

Contremaître	-**
Personnel qualifié	2
Main-d'oeuvre non qualifiée	9

A.6 Calendrier du projet

La durée totale de construction serait d'environ neuf mois.

* En Somalie, la chaux est éteinte à l'eau de mer avec des résultats apparemment bons. En Australie, le producteur de chaux MITCHELL recommande l'adjonction de sel au lait de chaux, et le Centre de recherche en construction du Royaume-Uni également. Le procédé TRIEF utilise du sel comme catalyseur et un essai effectué en Indonésie par adjonction de 0,5 % de NaCl à de la chaux à la pouzzolane a eu pour résultat une amélioration de la résistance de 13,5 %.

** Le même que pour l'usine à chaux.

A.7 Analyse financière

	<u>Dollars E.-U.</u>
A.7.1 <u>Coûts d'investissement</u>	
Terrain et aménagement du site	3 000
Génie civil	20 000
Equipement et installation	80 000
Assistance technique	7 000
Frais généraux	5 000
	<hr/>
	115 000
Imprévus (6 %)	5 000
	<hr/>
	120 000
Fonds de roulement	-*
	<hr/>
TOTAL	120 000
A.7.2 <u>Coûts de production</u>	
Frais d'exploitation	177 000
Amortissement	8 000
Intérêts	7 000
	<hr/>
Coûts de production	192 000
A.7.3 <u>Rentabilité commerciale</u>	
a) Rendement (moyen)	
Chiffre d'affaires	225 000
Frais d'exploitation	
Chaux vive	150 000**
Eau	7 000
Divers	10 000
Main-d'oeuvre	10 000
Administration	-***
	<hr/>
	- 177 000
Amortissement (6,7 %)	- 8 000
	<hr/>
Bénéfices d'exploitation	40 000
Intérêts	- 7 000
	<hr/>
Bénéfices bruts avant impôts	33 000
Impôt sur les sociétés (30 %)	- 10 000
	<hr/>
Bénéfice net	23 000

* Le même que pour l'usine à chaux.

** Au prix coûtant.

*** Les mêmes que pour l'usine à chaux.

$$\text{Rendement} = \frac{23\ 000 + 7\ 000}{120\ 000} = \underline{25\ \%}$$

$$\text{b) Période d'amortissement} = \frac{120\ 000}{23\ 000 + 8\ 000 + 7\ 000} = \underline{3,2\ \text{ans}}$$

c) Coût d'investissement spécifique

$$\frac{120\ 000\ \text{dollars E.-U.}}{4\ 000\ \text{tonnes}} = \underline{30\ \text{dollars E.-U./tonne}}$$

d) Coût de production spécifique

Frais d'exploitation 177 000

Amortissement 8 000

Intérêts 7 000

192 000

$$\frac{192\ 000\ \text{dollars E.-U.}}{4\ 000\ \text{tonnes}} = \underline{48\ \text{dollars E.-U./tonne}}$$

A.8 Avantages économiques pour le pays

Création d'emplois, investissement par emploi

$$\text{Total} \quad \frac{120\ 000}{11} = \underline{\text{environ } 10\ 900\ \text{dollars E.-U. par emploi}}$$

3. Etude de pré faisabilité sur la fabrication de chaux à la pouzzolane

Spécifications d'une installation d'une capacité de 40 tonnes/jour de chaux à la pouzzolane

- 3.1 Type Fujino-Grane
- 3.2 Capacité 40 tonnes/jour = 12 000 tonnes/an
- 3.3 Matières premières, sèches
- pouzzolane*, 67 % 27 tonnes/jour, 95 % < 2 mm
 - chaux éteinte, 33 % 13 tonnes/jour
- 3.4 Durée des opérations
- réception 3 heures/jour
 - Pulvérisation 20 heures/jour
 - Ensachage 3 heures/jour
- 3.5 Principaux matériels
- 1 broyeur à boulets 1,5 m x 5,0 m de long, 25 t/m, boulets de 10 t, moteur de 100 kW, trémies de sortie, élévateurs, chargeurs, transporteurs à vis, sacs-filtres, ensacheuse.

* Si la pouzzolane n'est pas sèche (< 2 % ag.), un séchoir rotatif doit être inclus dans l'équipement.

A.1 Demande de liants hydrauliques

Le ciment n'est pas fabriqué dans le pays. Ventes en 1980 : 40 000 tonnes. Coût actuel : 144 dollars des Etats-Unis la tonne. Besoins prévus en 1982 : 45 000 tonnes. La chaux est produite artisanalement en petites quantités. La chaux à la pouzzolane localement produite pourrait éventuellement remplacer 35 à 50 % du ciment.

A.2 Matières premières disponibles

Il existe de la pouzzolane sur l'île de Sao Antao. Les réserves sont estimées à 6,5 millions de tonnes. On trouve de la pierre à chaux sur les îles de Boa Vista, Maio, Sao Vicente, Sao Nicolau et Sao Tiago. Les gisements de l'île Maio sont importants. Le mazout est importé.

A.3 Emplacement

Le broyage simultané des deux matières premières, chaux et pouzzolane, qui seront respectivement produites sur l'île de Boa Vista et celle de Sao Antao, peut être effectué à Mindelo ou à Praia où la consommation est la plus élevée et où l'on peut disposer d'énergie électrique.

A.4 Caractéristiques techniques du projet

A.4.1 Capacité annuelle prévue : 12 000 tonnes

A.4.2 Procédés possibles :

- i) Calcination de la chaux : four droit à mazout, en continu.
- ii) Hydratation de la chaux : hydrateur à un ou plusieurs étages ou silos réacteurs. Les silos sont peut être plus appropriés, car les autres matériels ont en général une trop grande capacité.
- iii) Production de pouzzolane : le gouvernement a déjà passé contrat pour l'installation.
- iv) Mélange : le meilleur procédé d'ailleurs recommandé et retenu est le broyage simultané encore qu'il soit possible de prévoir une ou deux installations de mélange à Mindelo et/ou à Praia*.

* Au lieu de broyer simultanément la chaux et la pouzzolane on peut aussi pulvériser seulement de la pouzzolane à la granulométrie voulue et procéder alors au mélange dans un mélangeur en continu qui peut être situé n'importe où, mais la résistance du produit obtenu n'est pas aussi bonne.

A.5 Main-d'oeuvre et gestion

Contremaître/étranger	1
Personnel qualifié	9
Main-d'oeuvre non qualifiée	23
	<hr/>
Total	33

A.6 Calendrier du projet

La durée totale de construction serait d'environ 15 mois.

A.7 Analyse financière

A.7.1 Coûts d'investissement

Dollars E.-U.

Terrain et aménagement du site	10 000
Travaux publics	55 000
Équipement et installation	500 000
Assistance technique	20 000
Frais généraux	50 000
	<hr/>
	635 000
Imprévus (10 %)	65 000
	<hr/>
	700 000
Fonds de roulement	75 000
	<hr/>
TOTAL	775 000

A.7.2 Coûts de production

Frais d'exploitation	405 000
Amortissement (6,7 %)	50 000
Intérêts (6 %)	45 000
	<hr/>
Coûts de production	500 000

<u>A.7.3 Rentabilité commerciale</u>	<u>Dollars E.-U.</u>
a) Rendement (moyen)	
Chiffre d'affaires	660 000
Frais d'exploitation	
Pouzzolane	65 000
Chaux éteinte	195 000
Divers et énergie	75 000
Main-d'oeuvre	30 000
Administration	15 000
	<hr/>
	- 380 000
Amortissement (6,7 %)	- 50 000
	<hr/>
Bénéfices d'exploitation	230 000
Intérêts (6 %)	- 45 000
	<hr/>
Bénéfices bruts avant impôts	185 000
Impôt sur les sociétés (30 %)	- 55 000
	<hr/>
Bénéfice net	130 000
Rendement = $\frac{130\ 000 + 45\ 000}{775\ 000} =$	<u>22,6 %</u>
b) Période d'amortissement = $\frac{775\ 000}{130\ 000 + 45\ 000 + 50\ 000} =$ <u>3,4 ans</u>	
c) Coût d'investissement spécifique	
Dollars E.-U. $\frac{(775\ 000 - 75\ 000)}{12\ 000} =$	<u>58 dollars E.-U./ tonne</u>
d) <u>Coût spécifique de production</u>	
Frais d'exploitation	380 000
Amortissement	50 000
Intérêts	45 000
	<hr/>
	475 000
$\frac{475\ 000\ \text{dollars E.-U.}}{12\ 000\ \text{tonnes}} =$	<u>40 dollars E.-U./ tonne</u>

A.3 Avantages économiques pour le pays

Total $\frac{775\ 000}{32} =$ environ 24 000 dollars par emploi

V. PROJET INTEGRE D'EXPLOITATION DU GYPSE

Il existe sur l'île de Maio un gisement de sable gypsifère dont les réserves confirmées représentent environ 300 000 tonnes de gypse, tandis que les réserves estimées totales s'élèveraient à 1 ou 2 millions de tonnes.

Ce gisement fait l'objet d'une petite exploitation artisanale à l'aide d'un équipement primitif qui permet de produire du plâtre de construction servant à fabriquer des moellons de gypse et sable. En dépit de la faible capacité de production (1 000 kg/jour), le stock de plâtre actuel s'élève à 50 tonnes. Les difficultés de commercialisation semblent être dues à la médiocrité du produit (le gypse calciné n'est pas pulvérisé), à l'irrégularité de sa qualité, à son coût élevé (par suite de la cherté des transports entre les îles) et au fait qu'il n'est pas suffisamment connu. Toutes ces difficultés pourraient être éliminées par l'installation d'une usine moderne et par une formation. Afin de ne point dépendre de la vente d'un produit unique, à savoir le plâtre de construction, il est préconisé d'établir une usine intégrée qui produirait divers autres matériaux tels que moellons, panneaux, staff et craie pour les écoles. Comme la consommation de plâtre et de produits en plâtre ne peut augmenter que très progressivement dans l'immédiat, il est proposé de n'entreprendre qu'un projet modeste.

1. Etude de pré faisabilité sur une plâtrerie

Spécifications d'une plâtrerie

1.1 <u>Type</u>	Four vertical à mazout
1.2 <u>Capacité</u>	5 tonnes/jour = 1 500 tonnes/an
1.3 <u>Matières premières</u>	
- sable gypsifère	6 tonnes/jour = 1 800 tonnes/an
- mazout	240 kg/jour = 72 tonnes/an
1.4 <u>Heures de travail</u>	24 heures/jour
1.5 <u>Principaux matériels</u>	
	Four à mazout, élévateurs, transporteurs à vis, collecteur de poussière, broyeur moléculaire, séparateur pneumatique, ensacheuse, moteurs, tuyauteries, etc.

A.1 Demande de plâtre de construction

Le plâtre de construction n'est produit dans le pays qu'en petites quantités. La vulgarisation et la formation devraient permettre d'accroître la demande. Les entrepreneurs du bâtiment en utiliseraient davantage s'ils pouvaient aisément s'en procurer à un prix raisonnable.

A.2 Matières premières disponibles

D'importantes quantités de sable gypsifère facilement exploitables existent sur l'île de Maio. Le mazout est régulièrement importé.

A.3 Emplacement

Il est suggéré d'implanter l'usine à Morrinho, sur l'île de Maio, où il existe déjà une production artisanale.

A.4 Caractéristiques techniques du projet

A.4.1 Capacité annuelle prévue : 1 500 tonnes/an.

A.4.2 Procédés possibles : four vertical ou four rotatif.

Le four rotatif étant généralement utilisé pour la production de grosses quantités, il semble préférable d'installer un four vertical.

A.5 Main-d'oeuvre et gestion

Contremaître	1
Personnel qualifié	4
Main-d'oeuvre non qualifiée	8
	<hr/>
	13

A.6 Calendrier du projet

La durée totale de construction serait d'environ neuf mois.

A.7 Analyse financière

A.7.1 Coûts d'investissement

	<u>Dollars E.-U.</u>
Terrain et aménagement du site	5 000
Génie civil	5 000
Équipement et installation	65 000
Assistance technique	10 000
Frais généraux	10 000
	<hr/>
	95 000
Imprévus	10 000
	<hr/>
	105 000
Fonds de roulement	15 000
	<hr/>
TOTAL	120 000

<u>A.7.2 Coûts de production</u>	<u>Dollars E.-U.</u>
Frais d'exploitation	43 000
Amortissement (6,7 %)	8 000
Intérêts (6 %)	<u>7 000</u>
Coûts de production	58 000
<u>A.7.3 Rentabilité commerciale</u>	
a) Rendement (moyen)	
Chiffre d'affaires	75 000
Frais d'exploitation	
Sable gypsifère, livré	4 000
Mazout	15 000
Divers	6 000
Main-d'oeuvre	10 000
Administration	<u>8 000</u>
	- 43 000
Amortissement (6,7 %)	<u>- 8 000</u>
Bénéfices d'exploitation	24 000
Intérêts (moyenne 6 %)	<u>- 7 000</u>
Bénéfices bruts avant impôts	17 000
Impôt sur les sociétés (30 %)	<u>- 5 000</u>
Bénéfice net	12 000
Rendement = $\frac{12\ 000 + 7\ 000}{120\ 000} =$	<u>15,8 %</u>
b) Période d'amortissement = $\frac{120\ 000}{12\ 000 + 7\ 000 + 8\ 000} =$	
	<u>4,4 ans</u>
c) Coût d'investissement spécifique	
Dollars E.-U. $\frac{(120\ 000 - 15\ 000)}{1\ 500\ \text{tonnes}} =$	<u>70 dollars E.-U./</u> <u>tonne</u>
d) Coût spécifique de production	
Frais d'exploitation	43 000
Amortissement	8 000
Intérêts	<u>7 000</u>
	58 000
<u>58 000 dollars E.-U.</u> 1 500 tonnes =	<u>39 dollars E.-U./tonne</u> + 6 dollars E.-U. pour les sacs

A.8 Avantages économiques pour le pays

Création d'emplois, investissement par emploi

Total $\frac{120\ 000}{13} = \underline{\text{environ 9 200 dollars par emploi}}$

2. Etude de pré faisabilité sur la fabrication de matériaux de construction en plâtre

Spécifications d'une usine de
panneaux en plâtre moulé

- | | |
|---|---|
| 2.1 <u>Type</u> | Machine à mouler |
| 2.2 <u>Capacité</u> | 6 panneaux de 50 x 66 x 6 mm/
moulage/15mm |
| 2.3 <u>Matières premières</u> | |
| - plâtre de construction | 950 tonnes/an |
| - eau | 1 000 m ³ /an |
| 2.4 <u>Durée des opérations</u> | 8 heures/jour |
| 2.5 <u>Principaux matériels</u> | |
| Trémie de sortie, transporteurs à vis, élévateur à godets, matériel de pesage, mélangeur, machine à mouler, appareils de levage, chariot. | |

A.1 Demande en panneaux de plâtre

Les seuls matériaux actuellement utilisés pour les cloisons sont la pierre et les blocs de béton. Il est évident que si l'on pouvait disposer de panneaux en plâtre de grandes dimensions et pouvant être aisément et rapidement mis en place, ceux-ci trouveraient vite acheteurs.

A.2 Matières premières disponibles

Le plâtre de construction peut être directement livré par l'usine de calcination.

A.3 Emplacement

Il serait commode que l'usine soit située à proximité de l'usine de calcination; toutefois, étant une installation indépendante, elle pourrait être située en tout autre emplacement approprié.

A.4 Caractéristiques techniques du projet

A.4.1 Capacité annuelle prévue : 18 000 m²/an

A.4.2 Procédés possibles :

La méthode la plus simple et la plus rationnelle est d'employer une machine à mouler.

A.5 Main-d'oeuvre et gestion

Contremaître	1
Personnel qualifié	3
Main-d'oeuvre non qualifiée	3

A.6 Calendrier du projet

La durée totale de construction serait d'environ neuf mois.

A.7 Analyse financière

A.7.1 Coûts d'investissement

Dollars E.-U.

Terrain et aménagement du site	5 000
Génie civil	10 000
Equipement et installation	35 000
Assistance technique	5 000
Frais généraux	5 000
	<hr/>
	60 000
Imprévus (10 %)	6 000
	<hr/>
	66 000

A.7.2 Coûts de production

Frais d'exploitation	51 000
Amortissement (6,7 %)	4 000
Intérêts (6 %)	4 000
	<hr/>
Coûts de production	59 000

A.7.3 Rentabilité commerciale

Dollars E.-U.

a) Rendement (moyen)	
Chiffre d'affaires	90 000
Coûts d'exploitation	
Plâtre de construction	37 000*
Eau	500
Divers	7 500
Main-d'oeuvre	6 000
Administration**	-
	<hr/>
	- 51 000
Amortissement (6,7 %)	- 4 000
	<hr/>
Bénéfices d'exploitation	35 000
Intérêts (6 %)	- 4 000
	<hr/>
Bénéfices bruts avant impôts	31 000
Impôts sur les sociétés (30 %)	- 9 000
	<hr/>
Bénéfice net	22 000

$$\text{Rendement} = \frac{22\,000 + 4\,000}{66\,000} = \underline{39\%}$$

$$\text{b) Période d'amortissement} = \frac{66\,000}{22\,000 + 4\,000 + 4\,000} = \underline{2,2 \text{ ans}}$$

$$\text{c) Coût d'investissement spécifique} = \frac{66\,000 \text{ dollars E.-U.}}{18\,000 \text{ m}^2} = \underline{3,60 \text{ dollars E.-U./m}^2}$$

d) Coût spécifique de production	
Frais d'exploitation	51 000
Amortissement	4 000
Intérêts	4 000
	<hr/>
	59 000

$$\frac{59\,000 \text{ dollars E.-U.}}{18\,000 \text{ m}^2} = \underline{3,30 \text{ dollars E.-U./m}^2}$$

A.8 Avantages économiques pour le pays

Création d'emplois, investissement par emploi

$$\text{Total} = \frac{66\,000}{7} = \underline{\text{environ } 9\,400 \text{ dollars par emploi}}$$

* Au prix coûtant.

** Les mêmes que pour la plâtrerie.

3. Fabrique de staff

Le staff se présente sous la forme d'une mince couche de plâtre renforcée de fibres de sisal. Ce matériau présente l'avantage de pouvoir être fabriqué en petites quantités. L'investissement requis pour une petite installation comportant six tables permettant à une équipe de six hommes de produire 200 m² de staff par jour coûterait moins de 40 000 dollars. Les quantités et coûts des matières premières nécessaires pour fabriquer 100 m² de staff de 9,5 mm d'épaisseur sont les suivants :

	<u>Dollars E.-U./100 m²</u>
Plâtre de construction : 750 kg à 50 dollars E.-U. la tonne	= 37,50
Eau : 500 litres à 0,50 dollar E.-U. le m ³	= 0,25
Sisal : 40 kg à 0,50 dollar E.-U. le kg	= 20,00
Main-d'oeuvre : 3 hommes à raison de 5 dollars E.-U.	= 15,00
Energie électrique : 2 kWh à 0,5 dollar E.-U. le kWh	= 1 00
Divers	= 5,00
	<hr/>
Coût direct de production	78,75
Frais généraux (15 %)	= 11,80
Amortissement $\frac{6,37 \% \times 40\ 000}{60\ 000} \times 100$	= 4,25
Intérêts $\frac{6 \% \times 40\ 000}{60\ 000} \times 100$	= 4,00
	<hr/>
Coût total de production	98,80

Soit 1 dollar le m²

Les panneaux de staff sont un excellent matériau pour le revêtement des plafonds; ils peuvent remplacer les matériaux analogues importés tels que panneaux de fibres minérales, de liège, etc.

4. Matériel de moulage de la craie

Pour rentabiliser davantage encore les activités de l'usine de fabrication de panneaux de plâtre moulé, il serait intéressant d'étudier les avantages éventuels d'une installation de moulage de craie. Le Cap-Vert importe actuellement pour ses besoins scolaires quelques 1 200 boîtes de craie par an. La fabrication de craie dans le pays pourrait donc s'avérer rentable, d'autant que l'on envisage actuellement de construire de nouveaux bâtiments scolaires.

L'équipement nécessaire (moule à 504 tubes avec séchoir, four de séchage, table de coulée, mélangeur, etc.), dont l'acquisition reviendrait à moins de 20 000 dollars, permettrait de fabriquer jusqu'à 6 000 boîtes (de 144 morceaux) par an et par machine, l'opération absorbant sept tonnes de plâtre. L'exportation pourrait éventuellement être envisagée.

VI. AGGLOMERE CIMENT-SISAL POUR TOITURES

1. La production sur place d'un matériau de couverture utilisable dans les villages serait probablement plus utile que celle de tout autre matériau. Lorsqu'il n'est pas possible de fabriquer des tuiles en argile et que les tuiles en béton sont coûteuses, on recourt à la paille qui protège moins et doit être remplacée plus souvent. Lorsque l'on peut disposer de sisal, il est bon d'en tirer profit pour renforcer le mortier de ciment employé dans la production de tuiles ou de panneaux. Cette opération peut être entièrement manuelle dans les villages ou se prêter à une mécanisation plus ou moins poussée. Un projet de la FAO en cours prévoit la culture du sisal sur une superficie de 2 000 hectares à Sao Tiago, de sorte que l'on disposerait de la fibre de renforcement.

2. Le procédé est simple. On ajoute de la fibre de sisal hachée à un mélange humide de ciment et de sable fin. Le mélange est coulé dans un moule de la forme souhaitée, et la pièce est retirée lorsque le mortier a pris pour être stockée jusqu'à ce qu'elle ait la dureté voulue. On peut aussi utiliser de la fibre entière au lieu de la hacher; dans ce cas, on l'étend entre de fines couches de mortier de ciment.

Les quantités et les coûts des matières premières nécessaires pour fabriquer des panneaux de couverture de 1 m^2 /1 cm d'épaisseur sont les suivants :

	<u>Dollars E.-U.</u>
Ciment, 6 kg à 0,144 dollar E.-U. le kg	0,96
Sable, 18 kg à 0,0044 dollar E.-U. le kg	0,08
Sisal, 0,4 kg à 0,50 dollar E.-U. le kg	0,20
Eau	0,05
	<u>1,19/m²</u>

Ce matériau est fabriqué en petites quantités au Botswana, où un ouvrier peut en produire 10 m^2 par jour*; il est également fabriqué en Tanzanie**.

* Voir la publication de l'ONUDI "Appropriate Industrial Technology for construction and Building Materials", page 40.

** Idem, pages 105 à 127.

VII. PROJETS REJETES

1. Béton cellulaire

Le béton cellulaire fabriqué avec du sable fin, du ciment, de l'eau et un agent d'expansion, présente de nombreux avantages par rapport à la pierre et aux blocs de béton, en particulier sa légèreté et son fort indice d'isolation. Ce projet a toutefois été rejeté car la capacité de production de blocs de béton dépasse déjà de loin les besoins en matériaux de maçonnerie.

2. Panneaux de particules de bois

Les panneaux en fibres de bois liées avec du ciment ou du plâtre sont très utiles en construction. Ce matériau une fois recouvert d'une couche protectrice de mortier de ciment ou de bitume est en général utilisé pour les toitures. Un équipement manuel de type A devrait permettre d'en produire 500 m²/jour en utilisant à cet effet 1 750 kg de bois. Bien qu'il serait trop onéreux d'employer du bois importé, le projet méritera cependant d'être étudié lorsque le programme de reboisement en sera au point où commence l'éclaircissage.

ANNEXE I

Calendrier des activités

1981

- 25 décembre Départ de Buenos Aires
28 décembre Arrivée à Vienne
29 décembre Réunion d'information à l'ONUDI
30 décembre Arrivée à Dakar (Sénégal)
31 décembre Arrivée à Praia (Cap-Vert)

1982

- 1er janvier Férié
2 janvier Férié
3 janvier Férié
4 janvier Entretiens au Secrétariat de la planification avec le Représentant résident et MM. Fernandez, Gie et Medina du Secrétariat.
5 janvier Travaux au Secrétariat de la planification
6 janvier Entretiens avec M. de Meb, Directeur de la MAC (Entreprise publique de matériaux de construction) et M. Delgado, Directeur général pour l'industrie
Entretien avec M. Mideite, ingénieur du MOP (Ministère des travaux publics)
Entretien avec M. Jeroen v.d. Hulst
INC (Institut national des coopératives)
7 janvier Entretien avec M. Joao Morais, Directeur de l'EMEC (Entreprise de génie civil et de construction)
8-9 janvier Travaux au Secrétariat de la planification
10 janvier Dimanche
11-12 janvier Travaux au Secrétariat de la planification
13 janvier Visite de fours à chaux à Praia Baixo avec M. v.d. Hulst
14-16 janvier Travaux au Secrétariat de la planification
17 janvier Dimanche
18-19 janvier Travaux au Secrétariat de la planification
20 janvier Férié
21-23 janvier Préparation du rapport
24 janvier Dimanche
25 janvier Entretien avec le Représentant résident
Entretien avec M. Medina au Ministère de la planification

26 janvier Voyage à Isla do Sol
27 janvier Retour à Vienne
Entretiens avec Mme Hennel, M. da Silva
28 janvier Entretien avec M. Biering
Entretien avec M. Mimura

ANNEXE II

Visite des fours à chaux de Praia Baixo

Le 13 janvier, le consultant a visité, en compagnie de M. v.d. Hulst de l'INC, les anciennes installations de calcination de la chaux de Praia Baixo. Un affleurement calcaire apparaît juste au-dessus de la plage de sable. Il s'agit à vrai dire d'un sédiment de coquillages marins compactés avec ça et là des intrusions de gravier de basalte, dont l'épaisseur totale est d'environ 3 m. Un géologue allemand qui a précédemment visité le site estime la réserve à quelque 50 000 tonnes.

Il existe en cet endroit trois vieux fours à chaux, dont l'un est encore en assez bon état. Il s'agit d'un four intermittent d'environ 4 m de haut et d'un diamètre intérieur de 1,5 m. Ce four n'est plus utilisé depuis de nombreuses années et l'on n'envisage pas de le remettre en service dans l'immédiat étant donné le prix élevé du produit fini et le manque de combustible.

Avant d'envisager l'installation à cet emplacement, très proche de Praia, d'un four industriel à mazout, il conviendrait tout d'abord d'étudier le gisement de pierre à chaux, notamment pour ce qui est de sa pureté et de son importance.

ANNEXE III

Points faibles

1. Par suite de la brièveté de sa mission, le consultant n'a pas eu le temps de visiter d'autres îles que Sao Tiago et n'a donc aucun renseignement personnel sur la situation à Sao Antao où sont situés les gisements de pouzzolane, à Boa Vista où se pratique la calcination de la chaux, ou à Maio où se trouvent des gisements de pierre à chaux et de sable gypsifère.
2. A l'exception de la pouzzolane, aucun relevé d'analyse chimique n'a pu être obtenu en ce qui concerne les matières premières; la méthode de mesure de la résistance à la compression n'étant pas précisée, celle-ci ne présente pratiquement aucun intérêt. Pour permettre une comparaison valable, l'épreuve doit être faite conformément à la norme ASTM C-432.
3. Bien qu'il soit semble-t-il question d'en établir un, il n'existe actuellement aucun laboratoire d'analyse ou d'épreuve de matériaux. Ces services sont de la plus haute importance, car avant d'envisager tout investissement dans la prospection des matières premières en question, il importe d'en connaître exactement la composition et les propriétés.

ANNEXE IV

Fournisseurs éventuels de matériel

- | | | |
|-----|--|--|
| 1. | Königshütte G.m.b.H.
Bad Lauterberg/Harz
République fédérale d'Allemagne | Matériel de calcination du gypse
Moule à panneaux de plâtre |
| 2. | Schilde A.G.
643 Bad Hersfeld
République fédérale d'Allemagne | Matériel de calcination du gypse |
| 3. | Gebr. Pfeiffer A. G.
675 Kaiserslautern
République fédérale d'Allemagne | Fours à chaux
Matériel de calcination du gypse |
| 4. | Claudius Peters A.G.
2000 Hambourg 39
République fédérale d'Allemagne | Matériel de calcination du gypse |
| 5. | Chao Bocki Goshi Kaisha
P.O. Box 8, Ibaraki City
Osaka, Japon | Matériel de moulage de la craie |
| 6. | Ets. Polict et Chausson
Paris, France | Matériel de calcination de la chaux |
| 7. | Rodriguez y Vergara
Pasajes de San Pedro
(Guipúzcoa), Espagne | Matériel d'hydratation de la chaux |
| 8. | Charles Bergling and Co. A.B.
S-69050, Vretstorp
Suède | Matériel de fabrication de la chaux à
la pouzzolane
Matériel de fabrication de béton
cellulaire |
| 9. | ONODA Engineering Co. Inc.
Tokyo, Japon | Matériel de fabrication de la chaux à
la pouzzolane |
| 10. | Minya Manufacturing Co. Inc.
Taipei, Taiwan | Matériel de fabrication de la chaux à
la pouzzolane |
| 11. | P.T. Satria Widya Sakti
Engineering,
Jakarta, Indonésie | Four à chaux, type Semarang |

ANNEXE V

Bibliographie

1. SWECO: Cabo Verde, producao de materiel de construcco, 1976.
2. Chaponnière: Perspectives industrielles à long term, UNIDO/IO.380, 1980
3. Boeck: Minicimenterie d'une capacité de 60 000 tonnes par an et contreproposition, UNIDO, 1981
4. Heinje: Argilas da Boa Vista, University of Berlin, 1981
5. Dubois: Identification des Projets de Production de Materiaux de Construction, 1978
6. ATREE: Possibilités de developpement d'une action programme dans le secteur du bâtiment et des materiaux de construction au Cap Vert, 1979 .
7. Grano: Establishing factories for the production of lime-pozzolana cement, UNIDO, IOD, 1980
8. Smith: Cape Verde Islands, Gypsum, Lime and Pozzolana, BRE, 1981
9. World Bank: The Republic of Cape Verde, Economic development in a small archipelago, 1980
10. Nations Unies: Memoire du Cap-Vert, Conference des Nations Unies sur les pays les moins avances, 1981
11. Dunat: Etude technique preliminaire en vue de la creation d'une industrie chimique a Boa Vista, UNIDO, DP/ID/SER.B/139, 1978

Objectifs du projet : Production d'éléments de construction à partir de plâtre obtenu par calcination du gypse

Coût total (approximatif) 66 000 dollars des Etats-Unis

Description du projet : Un mélange à parts égales de plâtre de construction et d'eau est coulé dans un moule à compartiments multiples. Lorsqu'il a pris, le moule est ouvert et les blocs ou panneaux sont extraits et placés sous abris pour séchage.

(Signé) P. Olof Grane, Consultant de l'ONUDI

Objectifs du projet : Production de plâtre de construction de qualité supérieure et constante

Coût total (approximatif) 120 000 dollars des Etats-Unis

Description du projet : Le sable gypsifère tamisé est introduit par charges successives dans un four droit à mazout où il est calciné à une température de 150 à 200° C. Le produit calciné est refroidi puis passé dans un broyeur fin jusqu'à obtention de la granulométrie souhaitée. Le plâtre ainsi obtenu est ensuite mis en sacs.

(Signé) P. Olof Grane, Consultant de l'ONUDI

Objectifs du projet : Obtenir moyennant une faible consommation d'énergie un liant hydraulique peu coûteux pouvant remplacer en grande partie le ciment Portland utilisé pour la fabrication de béton pour fondations et planchers et offrant, lorsqu'il est employé pour la fabrication de mortiers et enduits, une bonne adhésion et d'excellentes qualités de revêtement.

Coût total (approximatif) 775 000 dollars des Etats-Unis

Description du projet : La chaux éteinte à sec et la pouzzolane active finement pulvérisée sont d'abord mélangées dans un transporteur à vis à double spirale, puis pulvérisées simultanément dans un broyeur de 1,5 x 5 m muni de boulets de 10 tonnes afin d'obtenir un produit d'une granulométrie de 5 000 à 6 000 cm²/g, qui est ensuite mis en sacs.

(Signé) P. Olof Grane, Consultant de l'ONUDI

Objectifs du projet : Hydratation de la chaux vive provenant d'un four à chaux de démonstration

Coût total (approximatif) 120 000 dollars des Etats-Unis

Description du projet : La chaux broyée est prééteinte dans un convoyeur à vis de 350 mm de diamètre x 70 m de long en présence d'eau chaude, l'opération s'achevant dans deux silos de réaction en béton de 20 m³; la chaux éteinte ainsi obtenue est ensuite acheminée vers l'ensacheuse.

(Signé) P. Olof Grane, Consultant de l'ONUDI

Objectifs du projet : Faire la démonstration de la production industrielle de chaux dans un four droit à mazout opérant en continu.

Coût total (approximatif) 175 000 dollars des Etats-Unis

Description du projet : Le four envisagé est du type proposé par l'ONUDI, à savoir un four droit de 10 tonnes/jour à bon rendement thermique, dans sa version simplifiée, qui fonctionne en Indonésie; il se compose d'une coque extérieure en acier revêtue de briques réfractaires et dotée de brûleurs à injection pour mazout de qualité C, d'un tirage forcé, d'une trémie d'alimentation à la partie supérieure et d'un dispositif de défournement de la chaux vive à la partie inférieure. L'énergie est fournie par un groupe électrogène Diesel de 20 kVA.

(Signé) P. Olof Grane, Consultant de l'ONUDI