



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

07840 - F

Distr.
RESTREINTE
UNIDO/IOD.83
16 février 1977
FRANCAIS
Original : ANGLAIS

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

ASSISTANCE A LA PRODUCTION DE CIMENT,
RP/BDI/76/003
(Phase III)

Conclusions et recommandations du projet

élaborées par

l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel,

d'après les travaux

de M. Olof Grane, ingénieur des méthodes

id.77-948

Notes explicatives

Sauf indication contraire, le terme "dollar" (\$) s'entend du dollar des Etats-Unis d'Amérique.

L'unité monétaire du Burundi est le franc burundais (FBu). Durant la période sur laquelle porte le présent rapport (29 novembre-28 décembre 1976), le taux de change entre le dollar des Etats-Unis et le franc burundais était : 1 dollar = 89,55 FBu.

Sauf indication contraire, le terme "tonnes" s'entend des tonnes métriques.

Les appellations employées dans ce document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique de tel ou tel pays, territoire, ville ou région, ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières ou limites.

La mention dans le texte de la raison sociale ou des produits d'une société n'implique aucune prise de position de la part de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).

Résumé

Le présent rapport a été élaboré à la suite d'une mission entreprise au Burundi dans le cadre du projet intitulé "Assistance à la production de ciment" (RP/BDI/76/003).

Etant donné la pénurie de ciment au Burundi, le Gouvernement voudrait produire sur place des ciments de chaux et de pouzzolane susceptibles de remplacer partiellement les importations. A cet effet, il a demandé une assistance pour remettre en service une usine désaffectée de ciment de pouzzolane, qui est équipée d'un four pour l'activation de la pouzzolane et d'un tube broyeur pour le broyage du ciment. Le calcaire serait traité au four, puis broyé avec de la pouzzolane activée, afin d'obtenir du ciment de pouzzolane. On pourrait également fabriquer du ciment Portland et du ciment de pouzzolane ordinaire à partir de clinker de Portland importé, de pouzzolane activée et d'additifs.

L'expert était chargé de fournir une assistance pour :

- a) Remettre en marche le four à chaux; *Line kibwe*
- b) Analyser des échantillons de pouzzolane en vue de déterminer si elle peut être activée.

Table des matières

	<u>Page</u>
INTRODUCTION	5
I. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	5
II. ETAT DE LA PRODUCTION DE CIMENT	6
Le four à chaux	6
Le calcaire	12
Ciment	13
Extinction de la chaux <i>Extinction</i>	17
Extinction de la chaux - dispositions provisoires	20
Constitution d'une collection d'échantillons	21

Figures

I. Le four de l'IMPEX	8
II. Le four de l'IMPEX	10
III. Four à chaux vertical à charge mixte avec chauffage supplémentaire	14
IV. Le four de la société IMPEX	19
V. Les gisements de Mátéga et de Múumvu	23
VI. Fours à chaux artisanaux à Mátéga, Mósso	24
VII. Gisement de dolomite à Mátéga, Mósso	25
VIII. Gisement de dolomite à Mátéga, Mósso	26
IX. Gisement de dolomite à Mátéga, Mósso	27
X. Région de Mósso	28

INTRODUCTION

Etant donné que le Burundi ne possède pas les matières premières nécessaires pour la fabrication de ciment Portland, le Gouvernement souhaite remplacer partiellement le ciment importé par du ciment de chaux et de pouzzolane fabriqué localement.

Le four à galerie existant, actuellement en réparation, servira à fabriquer de la chaux et peut-être aussi de la pouzzolane artificielle.

L'installation existante de broyage de clinker, qui est également en réparation, servira à la production de divers liants hydrauliques dont la composition sera déterminée par des essais effectués sur des échantillons de matières premières locales.

Lors de deux missions précédentes (juillet 1974 et avril 1976), l'expert s'est livré à différentes recherches et a élaboré des recommandations. La mission qui fait l'objet du présent rapport avait essentiellement pour but d'étudier la remise en marche du four à chaux et de recueillir des échantillons de matières premières locales.

I. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Lors de la rédaction du présent rapport, on estimait que le four ne serait pas remis en marche avant deux ou trois mois.

Les délais tenaient essentiellement à l'insuffisance des crédits et à une direction technique inadéquate.

Dans son rapport d'avril 1974, l'expert a recommandé à l'ONUDI d'accorder une bourse de six mois à un ressortissant burundais pour lui permettre d'étudier la fabrication de la chaux dans les fours à galerie et plus particulièrement la fabrication de la chaux dolomitique. Cependant, le Gouvernement n'a présenté aucune demande de bourse dans cette spécialité.

En revanche, il a demandé en 1974 l'affectation d'un expert associé spécialisé dans la fabrication de la chaux; cet expert n'a pas été recruté, bien que ses services soient indispensables.

Eu égard à la faible importance du gisement de travertin de Gihungwe, l'expert a recommandé dans son rapport d'avril 1976, d'entreprendre immédiatement la prospection des gisements de calcaire dolomitique à Bubanza, recommandation qui, jusqu'à présent, n'a pas été suivie d'effet.

La possibilité de fabriquer de la pouzzolane artificielle a été clairement établie: dans un premier temps, cette pouzzolane pourrait être calcinée dans le four à chaux. Cependant, pour fabriquer du ciment de pouzzolane, il faudra remettre en état le tube broyeur. Ce projet, qui prévoit la fabrication de ciment Portland à partir de clinker importé, a également dû être stoppé faute de crédits.

En collaboration avec les autorités compétentes, l'expert a établi un programme de nouveaux essais sur les matériaux pouzzolaniques et a réuni les échantillons les plus prometteurs. Ces échantillons sont prêts pour l'envoi à un laboratoire d'essais.

L'expert recommande que :

- Le Gouvernement s'assure le contrôle de la production de ciments de chaux et de pouzzolane, en prenant une participation dans l'IMPEX, en donnant les garanties nécessaires à la Banque de développement du Burundi, ou par tout autre moyen susceptible de faire aboutir rapidement les efforts déployés pour fabriquer les liants hydrauliques dont le Burundi a grand besoin.

L'expert a consigné certaines de ses conclusions dans une note au Directeur du Département de l'industrie en date du 14 décembre 1976, et il a proposé la tenue d'une réunion générale afin d'examiner ces problèmes.

II. ETAT DE LA PRODUCTION DE CIMENT

Le four à chaux

La réparation du four - à chaud semi-continu à six chambres - a progressé très lentement et le four ne sera probablement pas opérationnel avant deux ou trois mois.

Les deux brûleurs à mazout qui sont arrivés par avion le jour où l'expert a quitté le Burundi à la fin de sa précédente mission, en avril 1976, étaient encore dans leurs caisses. En outre, alors qu'il avait été prévu que ces brûleurs seraient mobiles de façon à pouvoir être facilement transportés d'une chambre à l'autre, les appareils livrés étaient destinés à un montage fixe. L'entreprise propriétaire du four, l'IMPEX, a examiné avec les représentants d'un atelier la possibilité de construire un chariot sur lequel on pourrait monter les brûleurs et qui glisserait sur des rails le long du four; mais rien n'a encore été fait en ce sens.

C'est pourquoi l'expert a pris contact avec l'atelier METALUSA, qui est mieux équipé pour faire ce travail et l'IMPEX emploie actuellement un ingénieur de cet atelier chargé de mettre sur pied l'installation.

Les brûleurs à mazout étant trop grands pour passer sous les passerelles en béton conduisant aux chambres, l'expert a proposé de supprimer ces passerelles et de se servir, pour charger et décharger les chambres, de passerelles mobiles en bois.

Les brûleurs étant également trop hauts, il faudra arracher le revêtement en béton récemment construit et rebétonner le sol à un niveau inférieur.

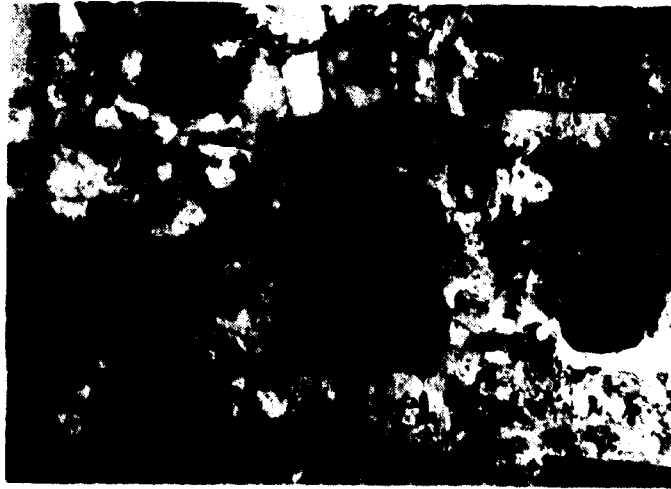
Les vieilles plaques de devanture rouillées et cassées, qui seront en contact avec les brûleurs devront être changées. L'ouverture aménagée dans les réfractaires est trop petite pour les brûleurs, et il faudra l'élargir (voir figure I). Le logement des grilles dont on se servait pour le chauffage au charbon a été obturé.

Il reste à installer une cuve à mazout, ainsi qu'un tuyau souple le long du four pour alimenter les brûleurs. L'installation électrique est achevée, et l'on dispose de l'énergie nécessaire (lumière et force).

FIGURE I



Les ouvertures aménagées pour les anciens brûleurs à mazout sont trop petites pour les nouveaux. Même si l'on supprime les plaques de protection en fer, il faudra agrandir l'ouverture centrale.



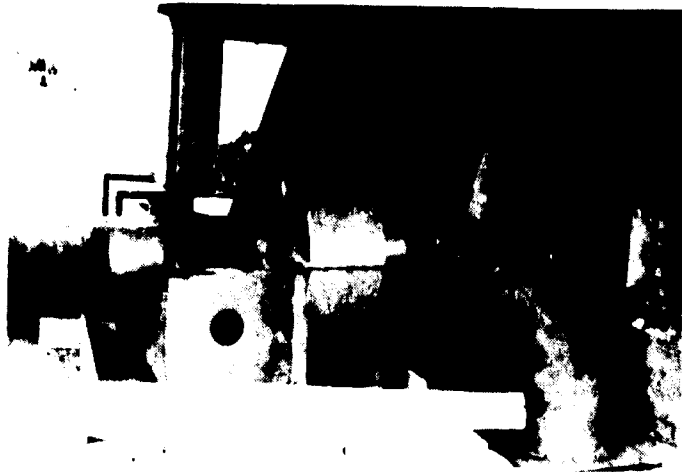
Le ventilateur servant à évacuer les gaz a été livré et est en cours d'installation.

Le conduit de raccordement du ventilateur, conçu par l'expert (figure No X, rapport sur la deuxième phase) a été également installé et le registre proposé par Louis Carton, l'entreprise qui avait construit le four, y a été placé. L'expert avait à l'origine, recommandé un régulateur de vitesse, ce qui aurait constitué une meilleure solution.

Toutefois le registre ne se trouve pas dans un cylindre séparé, comme l'avait suggéré Carton, mais a été monté directement dans le conduit de raccordement coudé (voir figure II). Il ne peut donc pas fonctionner convenablement, car on ne peut le tourner que de 45° et non de 90° , comme il le faudrait. Il faudra donc le démonter et l'installer en suivant exactement les indications de Louis Carton. Le ventilateur devra donc être décalé latéralement pour qu'on puisse installer la pièce où se trouvera le registre.

La cheminée qui doit être raccordée au ventilateur est construite et se trouve sur les lieux.

FIGURE II - LE FOUR DE L'IMPEX



Le ventilateur servant à évacuer les gaz est installé. Le registre qui est monté sur le conduit de raccordement ne fonctionne pas convenablement. Il faudra l'enlever et le placer dans un cylindre séparé. Le ventilateur devra être déplacé d'autant vers la gauche.



Un des hangars où pourrait être installé le matériel servant à éteindre la chaux.



La plateforme d'où les registres peuvent être réglés devra être renforcée et munie d'un garde-fou.

Une partie des travaux énumérés dans le calendrier de l'expert, qui figure dans son rapport sur la phase deux du projet, ont été menés à bien mais il reste encore beaucoup à faire. Ainsi, tous les registres se trouvant à l'arrière du four devront être réparés, et la plateforme y donnant accès, qui a été construite, devra être renforcée et munie d'un garde-fou (figure II).

Après avoir réparé le toit qui protège le four et cimenté le sol de la tranchée qui l'entoure, on a enfin pu évacuer l'eau. Toutefois, l'expert a noté que quelques centimètres seulement séparaient le niveau de l'eau du revêtement placé sous le carneau qui en était entièrement imbibé. C'est pourquoi, il a recommandé que l'on creuse un trou de 50 cm de profondeur dans le revêtement en ciment pour y installer une pompe de drainage et faire ainsi baisser le niveau de l'eau. C'est ce que l'on a fait, et les résultats ont été satisfaisants. Mais la pompe devra rester là en permanence et être automatisée.

On a séché le four par des feux de bois allumés dans toutes les chambres et entretenus pendant quelques semaines. Mais on ne l'a malheureusement pas fait comme l'expert l'avait recommandé, c'est-à-dire en utilisant les conduits d'évacuation et une cheminée provisoire. C'est pourquoi les conduits d'évacuation n'ont pas séché et les grands trous de contrôle n'ont pas été obturés. Il faudra, avant d'obturer ces trous, procéder à une inspection et à un contrôle attentifs des conduits d'évacuation et des registres qui s'y trouvent. On est en train de poser dans les chambres des dalles en mortier réfractaire pour remplacer celles qui étaient cassées ou manquaient dans le dallage couvrant les conduits d'évacuation.

Le four sera tôt ou tard achevé et prêt à entrer en fonctionnement, mais il manque toujours un responsable technique - l'IMPEX n'a eu jusqu'ici qu'un rôle purement commercial - qui puisse diriger, prendre des décisions et coordonner les travaux, et qui soit capable de comprendre et d'exécuter les nombreuses suggestions et recommandations formulées par l'expert dans ses précédents rapports. La lenteur des progrès est imputable pour une large part à la charge financière que représente cette opération et qui a jusqu'ici été assumée uniquement par l'IMPEX.

Le jour où le four sera prêt à entrer en service, il restera encore un autre problème à résoudre, celui de l'extraction du calcaire.

Le calcaire

Il a déjà été décidé que, pour commencer, la matière première utilisée pour la cuisson de la chaux serait le travertin de Gihungwe; ce gisement est en effet le plus proche de Bujumbura, la hauteur stérile est minime et la teneur en magnésie faible. Toutefois, comme c'est un gisement peu important - 17 000 tonnes - l'expert a recommandé à plusieurs reprises que le calcaire dolomitique de Bubanza fasse entre temps l'objet d'une étude.

Pour l'extraction du travertin de Gihungwe, l'IMPEX a conclu un accord verbal avec l'AMSAR, une entreprise de construction routière, qui est disposée à extraire 10 000 tonnes en moins d'un mois mais dont la note s'élève à 10 millions de francs burundais, ce qui soulève un problème. Il est vrai que la Banque de développement du Burundi a approuvé un prêt de 17 millions de francs burundais en faveur de l'IMPEX, mais ce prêt est assorti de conditions telles que l'IMPEX n'a pas jugé possible de les accepter. Il faut sortir de l'impasse et seul le gouvernement peut dénouer la situation.

Une deuxième possibilité serait que l'entreprise minière roumano-burundaise récemment créée se charge d'extraire le calcaire, mais comme elle n'est pas encore opérationnelle, c'est une question qui concerne l'avenir.

Reste la troisième possibilité : que la société IMPEX organise elle-même l'extraction de manière semi-artisanale ou semi-industrielle. Ici encore, il manque un responsable technique capable de prendre les décisions nécessaires et d'organiser le travail.

En tout état de cause, il faut résoudre le problème de l'extraction du calcaire et cela rapidement, sans quoi il sera impossible de produire de la chaux, ce qui créera pour le Burundi des difficultés d'autant plus graves que les importations de ciment deviennent très problématiques. Sans ciment et sans chaux, toute activité de construction cessera et les conséquences seront très sérieuses.

Ciment

Le gros des importations de ciment du Burundi provenait de la République populaire démocratique de Corée et du Zaïre. Les importations provenant de la Corée ont cessé et il en sera bientôt de même pour celles du Zaïre qui proviennent de Kalémie. La cimenterie de Kalémie a arrêté la production il y a deux mois et la prochaine livraison de ciment sera la dernière. Apparemment, cette usine manque de matériel de réparation et de pièces de rechange. Il convient de signaler que si la cimenterie a pu fonctionner jusqu'ici, c'est dans une large mesure grâce à l'IMPEX qui lui envoyait toutes sortes d'articles dont elle avait besoin et lui fournissait une aide considérable. A l'heure actuelle, on ne peut pas dire si et quand la production reprendra.

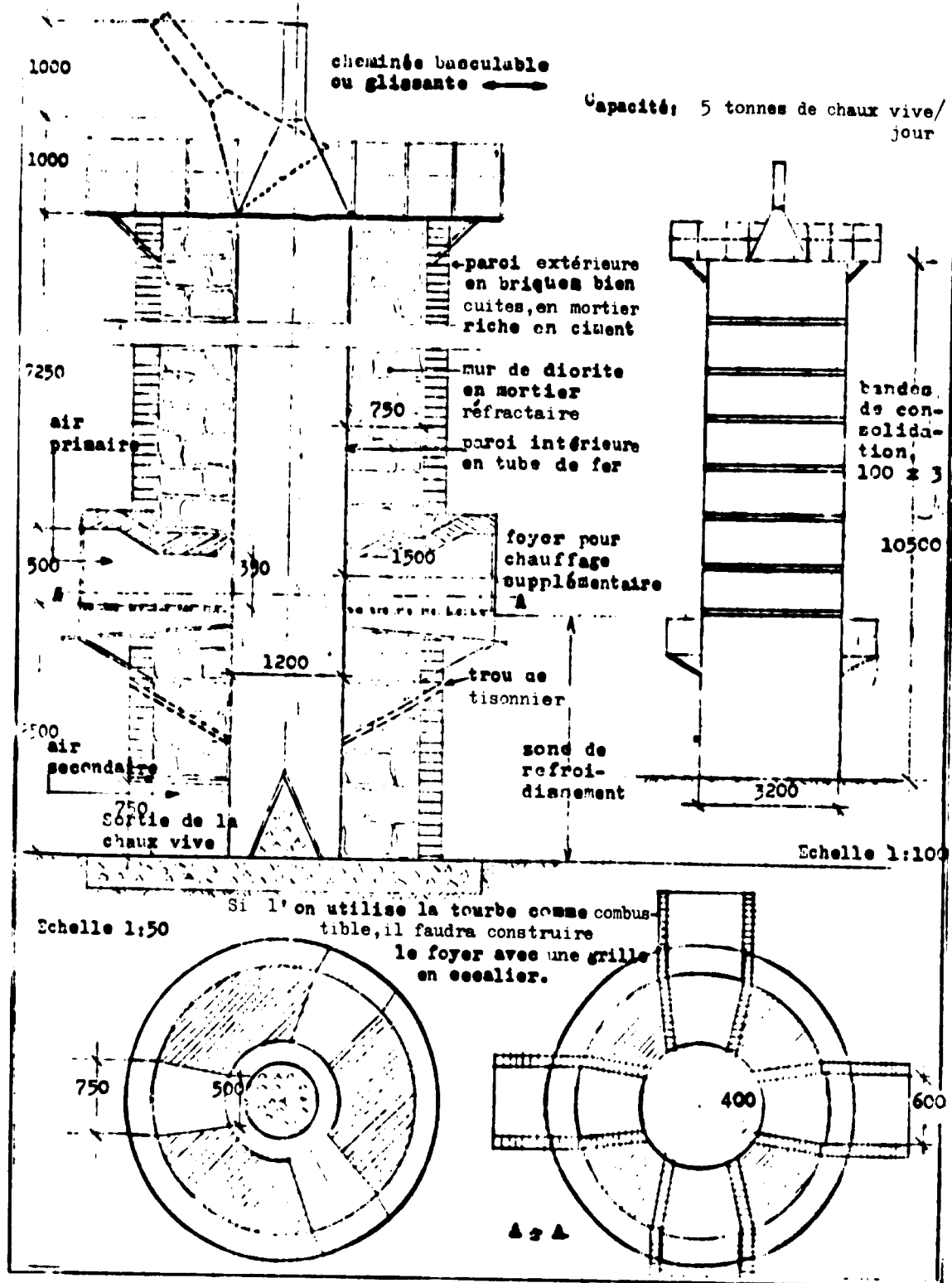
Ceci placera le Burundi dans une situation extrêmement difficile. Le Directeur général du Ministère des travaux publics a informé l'expert que l'AMSAR avait dû licencier 500 ouvriers à cause de la pénurie de ciment. Il est évident que le Gouvernement doit intervenir et faire quelque chose pour remédier à cette situation.

En attendant, l'IMPEX a pris contact avec la Zambie pour des importations éventuelles de ciment, mais à ce jour ces contacts n'ont pas abouti.

En janvier 1976, un projet a été élaboré pour la production de ciment à partir de clinker importé qui serait broyé dans le broyeur de l'IMPEX. Le projet a été approuvé par la Commission des investissements ainsi que par la Banque de développement du Burundi. Toutefois, il n'a pas été mis à exécution car les garanties offertes par l'IMPEX n'ont pas été jugées suffisantes.

Le moment semble venu pour le Gouvernement d'intervenir, de prendre la situation en main et s'assumer la responsabilité de la production de chaux et de ciment du pays, faute de quoi les activités de construction cesseront et le chômage s'aggravera. Tout porte à croire que les plans devront être remaniés et cela rapidement.

FIGURE III - Four à chaux vertical
à charge mixte avec chauffage supplé-
mentaire. Combustible: bois ou coke
de tourbe. Cuisson continue.



L'expert a signalé les possibilités de produire des liants hydrauliques au Burundi; il s'est livré à des travaux de recherche considérables et a également fait des suggestions sur la poursuite des opérations.

Ces possibilités sont les suivantes :

- a) Production de chaux à partir du calcaire du Gihungwe dans le four CIMENTAL de Bujumbura. Elle pourrait démarrer dans un délai de deux ou trois mois. Capacité : 20 tonnes de chaux vive par jour, ce qui correspond à environ 25 tonnes de chaux hydratée;
- b) Production de chaux à l'intérieur du pays (à Busiga, Murama et Kiofi) dans le four à chaux conçu par l'expert (figure III), qui peut utiliser comme combustibles le bois, le coke ou semi-coke de tourbe ou la tourbe et n'exige pas d'électricité. Ce four peut être construit en trois mois. Capacité : 5 tonnes de chaux vive par jour. (on pourrait penser que, dans une installation de ce type, le tourbe proprement dite ne pourrait pas être utilisée parce qu'elle se tasserait sous le poids des couches de calcaire, ce qui empêcherait l'air de circuler dans le four. Toutefois, l'expert a été informé qu'un essai effectué dans un des vieux fours artisanaux a permis de constater que l'emploi d'une charge mixte tourbe-calcaire ne perturbait pas le tirage. Il s'agit là, bien entendu, d'une découverte très importante, dont il faut tirer parti. Il est vrai que la situation pourrait être quelque peu différente dans le four de l'expert, dont la hauteur totale est de 10,5 mètres alors que les fours de Mosso font de 3,5 mètres de haut. De toute façon, la tourbe peut être utilisée dans la chambre de combustion supplémentaire dont l'expert a doté le four qu'il a conçu. Dans ce cas toutefois, la grille devra être construite en escalier et il devra y avoir quatre brûleurs au lieu de deux.)

- c) Production de chaux hydraulique ou de ciment à base de chaux pouzzolaniques à partir de matières premières locales. La pouzzolane étant elle aussi fabriquée dans le four CIMENTAL. Pour produire ce type de ciment, le broyeur doit être remis en état. L'IMPEX a déjà acheté du matériel à cet effet, notamment un transformateur, les moteurs électriques nécessaires, etc., mais il reste à commander les équipements auxiliaires, dont on a déjà les spécifications. Lorsqu'on aura dégagé les ressources nécessaires, il devrait être possible de mettre le broyeur en état de fonctionnement en moins de six mois;
- d) Production de ciment Portland-pouzzolanique à partir de pouzzolane d'origine locale et de clinker d'importation. Cette production nécessiterait aussi le broyeur susmentionné et pourrait également démarrer dans un délai de six mois;
- e) Production de ciment Portland à partir de clinker et de gypse importés. Mêmes remarques que ci-dessus;
- f) Production de ciment Portland de catégorie II, ou ciment à maçonner, à partir de clinker importé mélangé à un matériau inerte comme le calcaire.

Comme nous l'avons vu, plusieurs solutions sont possibles pour remplacer les importations de ciment qui diminuent, mais il faut que le Gouvernement parvienne à une décision, prenne le contrôle des opérations et agisse.

Les possibilités mentionnées ci-dessus concernent l'avenir immédiat. A un stade ultérieur, le four CIMENTAL pourra peut-être être réservé à la production de pouzzolane, car ce n'est pas le four idéal pour la cuisson de la chaux. Quant la demande augmentera, il conviendra d'envisager la construction d'un four vertical moderne qui consomme moins de combustible et nécessite moins de main-d'oeuvre. Il faudrait également envisager à plus long terme d'abandonner le four CIMENTAL - quant il aura rempli son rôle - et d'installer un petit four rotatif pour la production de pouzzolane, car un four de ce type permet de mieux contrôler la qualité, est plus facile à exploiter et est plus économique.

Extinction de la chaux

Avec un four qui produit une vingtaine de tonnes de chaux vive par jour il faut renoncer aux méthodes artisanales d'extinction, une telle quantité de chaux étant trop difficile à manier. Les solutions de rechange qui s'offrent sont les suivantes :

- a) Vendre la chaux vive, à charge pour les utilisateurs de l'éteindre à pied d'oeuvre;
- b) Vendre une partie de la production sous forme de chaux vive et éteindre le reste à l'usine, soit par la voie sèche, soit par la voie humide;
- c) Mettre en place une installation industrielle d'extinction.

La solution a), la plus simple, n'a guère les faveurs de l'expert. S'il s'agissait d'une chaux pure, à forte teneur en calcium, il n'y aurait pas de problème, mais les chaux du Burundi sont toutes magnésiques et même dolomitiques, ce qui signifie qu'elles sont difficiles à éteindre complètement. La cuisson n'est pas tout; l'hydratation aussi exige des précautions considérables. Pour un constructeur sachant la faire convenablement, combien gâcheront le travail ? Or un produit défectueux donne de mauvais résultats, et la chaux peut facilement acquérir une mauvaise réputation; dès lors elle ne trouvera plus ni acheteur ni utilisateur.

La solution b) pose aussi des problèmes. Si par exemple l'on décide d'hydrater la moitié de la production à l'usine, la quantité à traiter (10 tonnes par jour) reste considérable. Et si l'on utilise le procédé humide, qui en un sens est plus facile et donne de meilleurs résultats, les 10 tonnes de chaux vive par jour donneront, également par jour, 20 m³ de pâte de chaux. Il faudra donc un bassin de stockage de 600 m², profond d'un mètre, pour chaque mois de production; ces bassins finiraient par occuper une superficie considérable.

La solution c), qui consiste à mettre en place une installation industrielle d'extinction est de toute évidence la meilleure - si l'on peut trouver les ressources financières nécessaires. Le directeur du projet d'assistance de l'ONUDI a mentionné la possibilité de recourir au Fonds d'équipement du PNUD pour le financement éventuel d'une installation de ce type. Le coût approximatif des investissements pour une installation d'extinction de la chaux serait le suivant :

	<u>Dollars des E.U.</u>
1 hydrateur Peach-Rower	40 840
1 séparateur à air	20 420
Plans pour la construction au Burundi de silos, d'élévateurs et d'autres équipements auxiliaires	3 740
Frais de transport, 20 %	13 000
Matériel de fabrication locale	30 000
Installation, montage de l'usine	10 000
Installation, frais locaux	15 000
Dépenses imprévues et extraordinaires	<u>14 000</u>
Total	150 000

Il y a déjà sur les lieux un broyeur à marteaux qui permettrait d'écraser la chaux vive à la grosseur voulue (voir figure IV); il suffirait de l'équiper d'un nouveau jeu de marteaux et d'un moteur électrique. On dispose également d'une machine à ensacher qui pourrait être utilisée pour conditionner le produit fini.

FIGURE IV

Le four de la société IMPEX



Le broyeur à marteaux qui
pourra être utilisé pour
concasser la chaux vive.



Un ancien silo à ciment
où l'on pourra stocker
la chaux vive broyée.

Extinction de la chaux = dispositions provisoires

Si la production de chaux vive commence avant qu'une installation d'hydratation ait été mise en place; il est recommandé de prendre les dispositions suivantes :

La chaux vive sortant du four sera transportée à la brouette jusqu'à l'ancien hangar à clinker, ou il faudrait installer le broyeur à marteaux. La chaux sera alors broyée, puis transportée par élévateur dans l'un des anciens silos à ciment. Le broyeur devra être correctement isolé et équipé d'un filtre à poussière pour éviter la propagation de la poudre de chaux qui constitue un risque sanitaire et rend les conditions de travail difficiles.

Du silo, la chaux peut être transportée à l'ensacheuse pour conditionnement.

Si l'on décide d'appliquer le procédé sec, on pourra utiliser de grandes cuves basses en bois où la chaux sera mélangée à l'eau dans des proportions déterminées. Si l'extinction s'effectue dans une cuve ouverte, il faudra tenir compte de l'évaporation. On évitera d'utiliser des quantités excessives d'eau (la chaux éteinte de Mosso contenait 18,5 % d'eau à l'état libre !). L'extinction doit se faire graduellement pour éviter toute "surchauffe" et pour ne pas "noyer" la chaux. Il faudra couvrir la cuve dès que l'extinction aura été achevée, car l'hydrate absorbe facilement l'humidité et le gaz carbonique de l'air. Une fois l'hydrate refroidi, on le fait passer par un tamis vibrant pour en extraire le sable et les particules non calcinées. Ce tamis doit lui aussi être isolé et muni d'un filtre à poussière. Il ne pourra pas être aussi fin qu'on le souhaiterait, car il se boucherait facilement. Des perforations d'environ 1,5 mm conviendrait vraisemblablement. (Les installations industrielles d'extinction utilisent un séparateur à air.) On se débarrasse des refus du tamis et la chaux tamisée est mise en sacs. Si l'on souhaite opérer par voie humide, on procède de la même façon que pour l'extinction par voie sèche, à ceci près qu'après l'extinction, le contenu des cuves est chassé à grande eau, à travers un filtre vers des bassins placés en contrebas. On laisse alors la chaux se déposer sous forme de pâte au fond du bassin avec une eau limpide en surface. Cette pâte de chaux peut être mise en bidons, en barils, dans des caisses de bois ou dans des sacs en plastique.

Constitution d'une collection d'échantillons

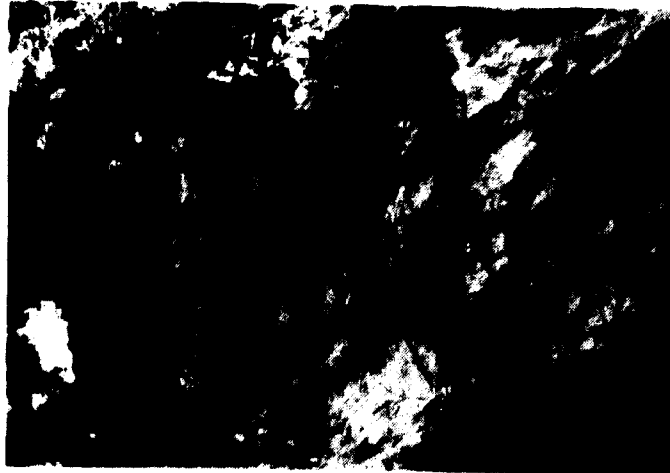
Un des principaux objectifs de la mission était de rassembler des échantillons de matières premières pouvant servir à la fabrication de pouzzolane artificielle de bonne qualité. Les échantillons ci-après ont été choisis :

- A1 = Grane 2, gneiss altéré, Mútanga (voir figure V)
- A2 = Grane 8, argile, Kamenge
- A3 = Grane 9, argile kaolinitique Múmumu (voir figure V)
- A4 = Grane 11, argile, Kágumuzi
- A5 = Grane 15, argile, Náozi
- A6 = Grane 14, lave, Nyamagana
- A7 = pierre calcaire (travertin), G/hungwe
- A8 = pierre calcaire (magnésique) Búbanza
- A9 = pierre calcaire (dolomitique), Mósso
- A10 = pierre calcaire, Kálémie
- A11 = sable du Lac Tanganyika

L'échantillon A9 a été prélevé à Múrama où l'on cuit la chaux dans de petits fours artisanaux (voir figure VI). Il n'y a pas à proprement parler d'abattage en carrière dans cette région; les ouvriers se contentent de ramasser les grands blocs de dolomite qui y jonchent le sol (voir figure VII). En prélevant cet échantillon, l'expert a noté qu'à 3 km environ vers le nord, de l'autre côté d'une vallée, le flanc de la montagne semblait ouvert par une faille naturelle où affleuvait une roche d'un gris bleuâtre. L'expert s'est donc rendu à pied à cet endroit où il a découvert un ravin profond causé par l'érosion, et la présence manifeste de dolomite. Même la nature sédimentaire du gisement apparaissait à l'oeil nu (voir figures VIII et IX). Le ravin était long de 300 mètres environ et profond d'une cinquantaine de mètres. L'échantillon prélevé à cet endroit a été étiqueté A12 Mútanga (voir figure X). Si l'on s'aperçoit à l'analyse qu'il se prête à la fabrication de la chaux, le gisement dont il provient pourra de toute évidence être exploité dans de bonnes conditions à l'échelle industrielle.

Sur le versant sud du ravin, l'expert a noté la présence de grandes quantités de marne jaune rougeâtre fortement érodée. Comme ce minéral pourrait se révéler lui aussi utilisable pour la fabrication de ciment naturel, malgré une carence possible de CaO, l'expert en a prélevé un échantillon qui a été marqué A13 Mátéga. On sera peut-être surpris de trouver dans la liste des échantillons établie par l'expert la pierre calcaire de Kálémie au Zaïre (échantillon A10). Plusieurs raisons ont inspiré cette décision.

FIGURE V
Les gisements de Mtanga et de Msumvu



Le gisement de Mtanga est le plus proche de Bujubura, mais on n'a pas la moindre idée de l'importance des réserves. L'expert a recommandé dans un rapport précédent, de commencer immédiatement la prospection de ce gisement.



Extraction de kaolin
à Msumvu.

FIGURE VI

Fours à chaux artisanaux à Mirama, Mésso



Deux fours verticaux
à charge mixte bois-
pierre calcaire.



FIGURE VII

Gisement de dolomite à Mirama, M~~o~~so



Les blocs de dolomite
jonchant le sol, à proximité
du four.



Les blocs de dolomite déterrés
et mis en tas. Ils seront
transportés au four et
broyés manuellement.

FIGURE VIII
Gisement de dolomite à Máttega, Mésso



Le gisement de Máttega est visible du sommet de la colline de Mírama.



De près, la structure sédimentaire du gisement apparaît nettement.

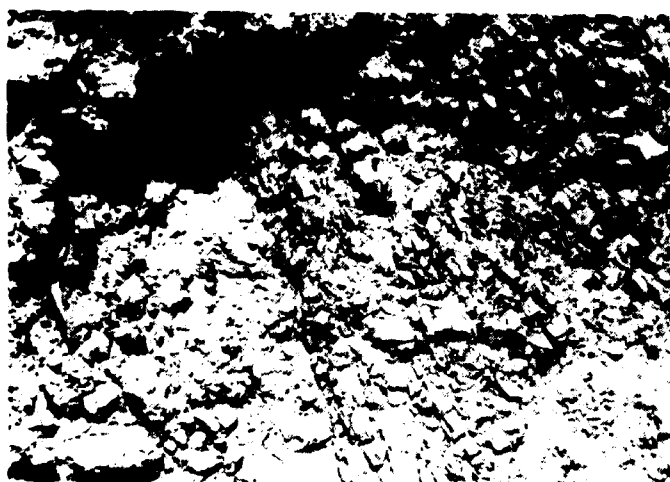


Vue du ravin long de 500 m, environ.

FIGURE IX
Gisement de dolomite à Mytega, Misso



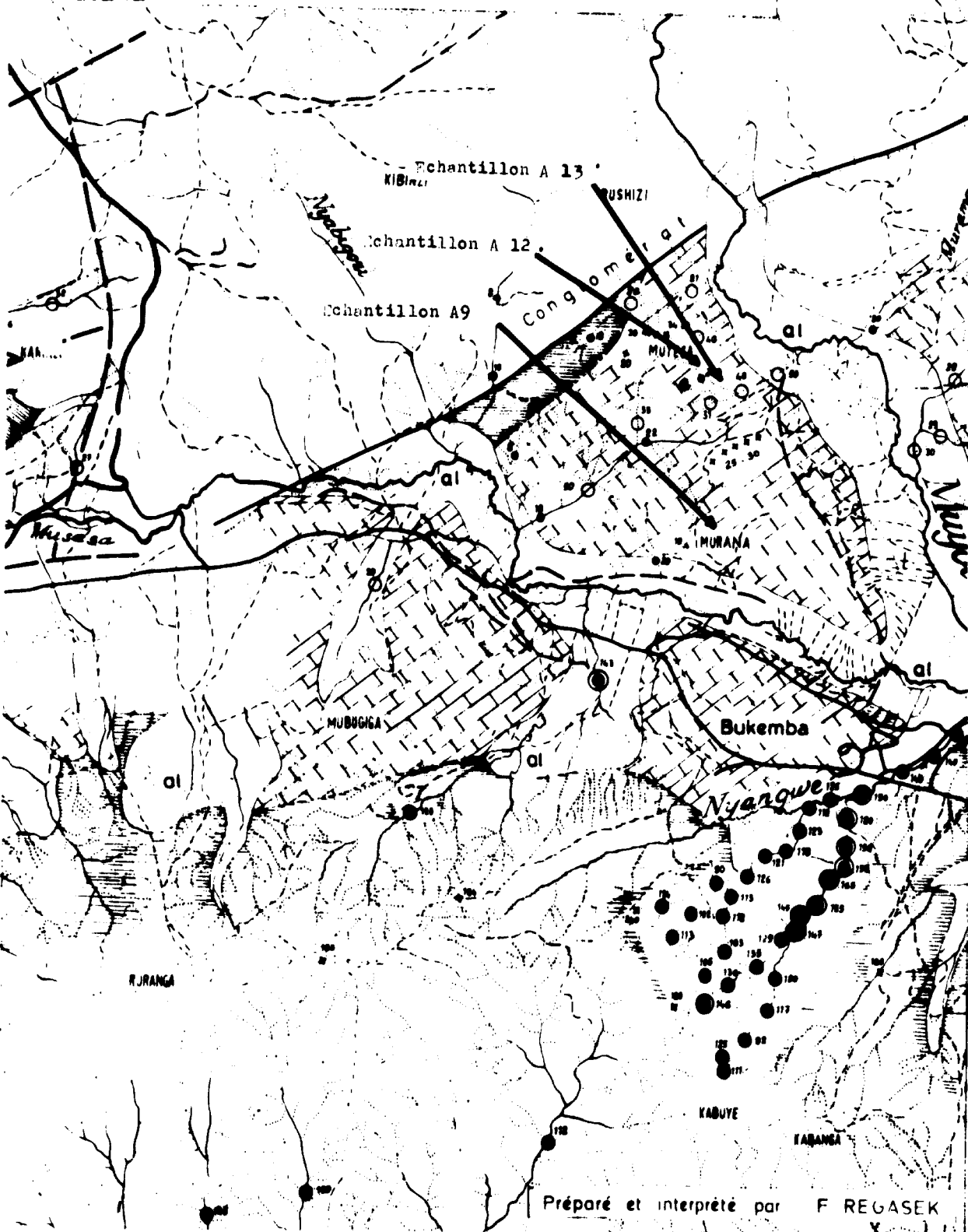
Le ravin atteint une profondeur
de 50 m au moins. L'extraction
à cet endroit est facile.



Un gros plan montre combien
la roche est friable en
surface.

Région de MOSSO

Echelle 1:50.000



Préparé et interprété par F REGASEK

On a décidé que dans un premier temps, de la chaux serait fabriquée à partir du travertin de Gihungwe, mais ce gisement est peu important. Il est ensuite envisagé de procéder à l'extraction du calcaire dolomitique de Bubanza mais comme il a déjà été indiqué :

- Le gisement de Bubanza n'a pas encore été prospecté comme il convient;
- Le calcaire a une teneur élevée en magnésie et les veines contiennent des roches à forte teneur en silice;
- Le gisement est situé à une quarantaine de kilomètres de Bujumbura;
- L'infrastructure fait entièrement défaut.

L'expert a estimé par conséquent qu'il serait intéressant d'étudier la possibilité d'importer ultérieurement du calcaire de Kálémie, d'autant que au vu d'un petit échantillon envoyé par l'IMPEX, ce calcaire semble être de la calcite à l'état pur. L'emploi du calcaire de Kálémie présenterait les avantages suivants :

- Le minéral est un calcaire pur, sa teneur en magnésie est faible ou nulle;
- Il serait plus facile à calciner que le calcaire dolomitique; en effet, il n'est pas essentiel de contrôler vigoureusement la température de cuisson (ce qui de toute manière n'est pas facile à réaliser dans un four à galerie);
- Il est beaucoup plus facile à éteindre que la chaux magnésique;
- L'infrastructure nécessaire est déjà en place;
- La carrière est en pleine exploitation, et l'on dispose des moyens de chargement et de transport nécessaires;
- La carrière est située sur le rivage même du lac, ce qui permettrait de charger facilement les péniches de l'IMPEX que cette société utilise actuellement pour le transport du ciment à Bujumbura.

L'expert recommande donc d'entreprendre - une fois déterminés tous les éléments du prix de revient - une étude comparative du coût des matières premières selon que l'on utilisera le calcaire de Bubanza ou le calcaire importé de Kálémie. Etant donné que le rendement en chaux hydratée ne sera pas le même pour le calcaire dolomitique silicieux et la calcite pure, l'étude devra porter également sur le produit fini.

L'échantillon A11 a été prélevé dans la carrière exploitée par les Travaux publics et située à 1 km de la route Bujumbura-aéroport. Cette carrière est formée de sédiments du Lac Tanganyika.

Les échantillons ont été séchés, broyés et ensachés. Ils sont prêts à être expédiés à un laboratoire spécialisé pour être soumis aux essais suivants :

Echantillons A1-A5

1. Analyse chimique; perte au feu, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$;
2. Calciner chaque échantillon à 750°C pendant 75 minutes;
3. Concasser chaque échantillon et le passer au tamis ASTM 200; établir la masse volumique;
4. Déterminer l'activité pouzzolanique suivant la méthode ASTM;
5. Répéter le même essai, après 7,28 et 60 jours, en maintenant les cubes soumis aux essais à une température de 20°C ;
6. Calciner les deux échantillons les plus actifs à 700°C et à 800°C , afin de déterminer la température optimale pour obtenir l'activité la plus intense;
7. Calciner à nouveau l'échantillon qui a donné les meilleurs résultats, puis le refroidit rapidement dans l'eau, afin de déterminer si ce traitement a des effets positifs;

Echantillon A6

8. Déterminer l'activité pouzzolanique;

Echantillons A7-A10

9. Analyse chimique : perte au feu CaO , MgO , R_2O_3 , insoluble;
10. Calciner chaque échantillon à 1000°C et déterminer le rapport temps : perte au feu;

11. Concasser les échantillons à moins 3 mm;
12. Préparer de la chaux hydratée à partir de ces quatre échantillons, suivant le procédé sec;
13. Passer la chaux hydratée au tamis ASTM 200 et évaluer le refus (particules insolubles et non cuites);
14. Déterminer l'activité pouzzolanique à l'aide de l'échantillon le plus actif en remplaçant la chaux pure utilisée pour les essais par les chaux visées ci-dessus et comparer les résultats obtenus;

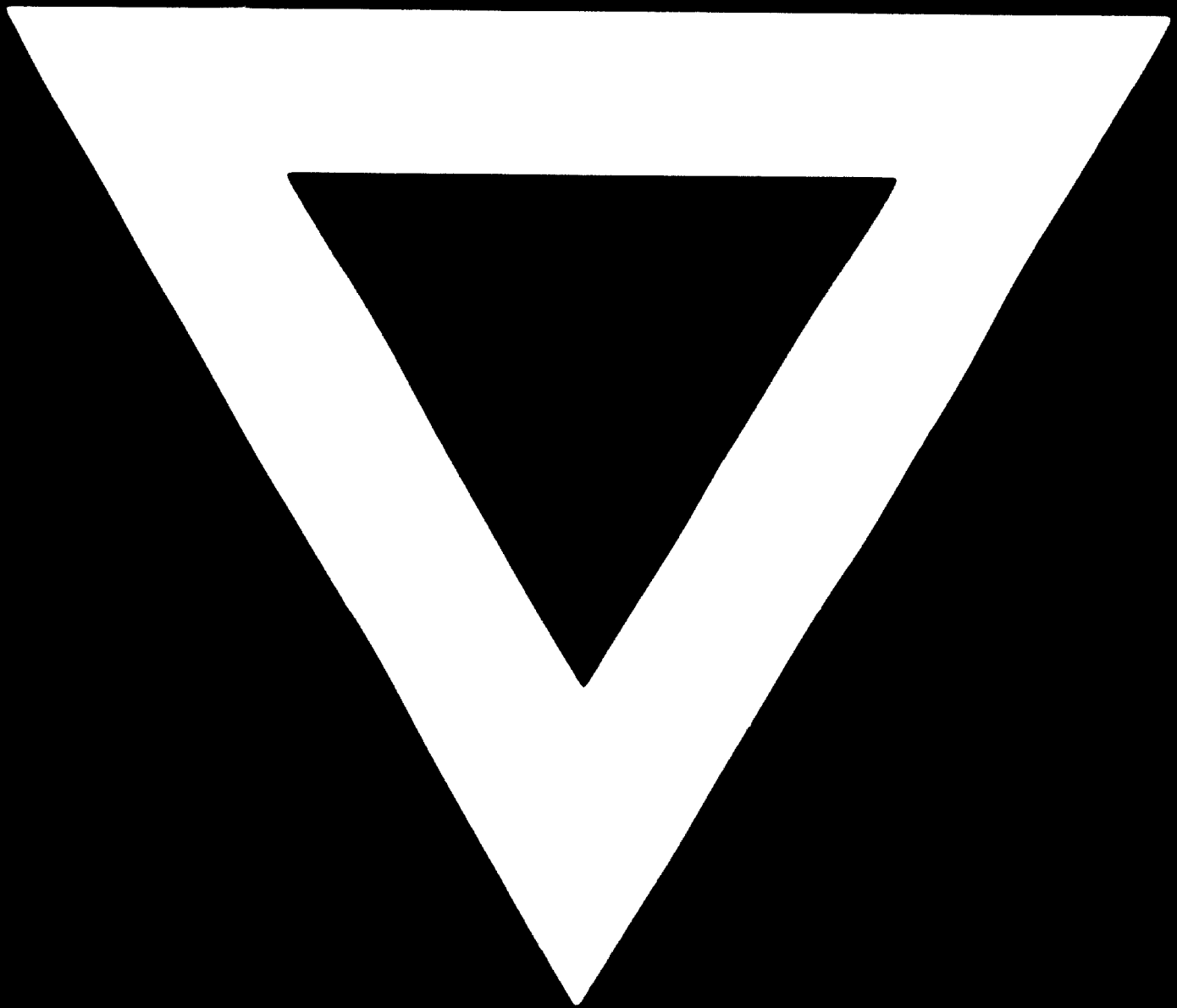
Echantillon A11

15. Déterminer la teneur en humus, en vase et la perte au feu, et procéder à des essais complets au tamis;
16. Répéter l'essai d'activité avec les deux meilleurs échantillons, en remplaçant le sable standard par le sable A11, en vue de déterminer le coefficient de conversion entre les deux sables;
17. Faire un essai de contrôle au tamis du sable standard utilisé.

A partir des résultats obtenus ci-dessus, formuler et recommander des compositions pour la production de mortier, de ciment chaux-pouzzolane et de ciment Portland-pouzzolane. Fabriquer ces liants et déterminer leurs propriétés conformément aux essais normalisés.



C-722



79.01.16