



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

07730-F

Distr. RESTREINTE

UNIDO/IOD. 110

14 juin 1977

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

FRANCAIS

Original : ANGLAIS

CONSULTATIONS AVEC LES GOUVERNEMENTS DE CERTAINS PAYS D'AFRIQUE,
D'AMERIQUE LATINE ET D'ASIE CONCERNANT UNE ASSISTANCE EVENTUELLE
DE L'ONUDI POUR LA MISE EN VALEUR DES RESSOURCES EN PHOSPHATE
ET LE DEVELOPPEMENT DES INDUSTRIES FONDEES SUR LE PHOSPHATE

RP/GLO/77/001

Conclusions et recommandations

Document établi d'après le rapport de M. Indu G. Jhingran,
ingénieur-conseil pour l'industrie extractive

id.77-6694

Notes explicatives

La virgule (,) indique les décimales.

Sauf indication contraire, le terme "tonne" s'entend de la tonne métrique.

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

Les taux de change par rapport au dollar des Etats-Unis utilisés dans le présent document sont les suivants :

<u>Pays</u>	<u>Monnaie</u>	<u>Taux de change de 1 dollar des E.U. pour la période considérée</u>
Arabie Saoudite	riyal de l'A.S.	18,36 (valeur moyenne)
Chili	escudo chilien	250
Madagascar	franc malgache	50
Mauritanie	franc CFA	70,93 (valeur moyenne)
Pérou	sol	3,52
Rép.-Unie de Tanzanie	shilling tanzanien	8,88
Sri Lanka	roupie de Sri Lanka	8,31

Les abréviations ci-après ont été utilisées dans le présent document :

BDPI	Bureau de développement et de promotion industriels
BRCM	Bureau de recherches géologiques et minières
COFIDE	Corporación Financiera de Desarrollo (Société de financement du développement)
ENADISMA	Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Minerales (Société nationale de recherches minières d'Adaro)
ENCI	Empresa Nacional de Comercialización de Insumos (Société nationale de marketing)
IIG	Instituto de Investigaciones Geológicas (Institut de recherches géologiques)
INGEOMIN	Instituto Geológico Minero (Institut géologique et minier)
NIDC	National Industrial Development Corporation (Société nationale pour le développement industriel)

PB	Phosphate biammonique
SNIM	Société nationale industrielle et minière
SOCHIF	Sociedad Chilena de Fertilizantes (Société chilienne des engrais)
SOFIM	Société française des îles de Madagascar
SOQUIMICH	Sociedad Química y Minera de Chile (Société chimique et minière du Chili)
SPS	Superphosphate simple
SPT	Superphosphate triple
STAMICO	State Mining Corporation (Société nationale minière)
TFC	Tanzania Fertilizer Company (Société tanzanienne des engrais)
TVA	Tennessee Valley Authority

Les appellations employées dans cette publication ainsi que la présentation des données 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 ou territoire ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières.

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

RESUME

Le projet intitulé "Consultations avec les gouvernements de certains pays d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie concernant une assistance éventuelle de l'ONUDI pour la mise en valeur des ressources en phosphate et le développement des industries fondées sur le phosphate" (RP/GLO/77/001) avait pour objectif la collecte et l'analyse de données sur les gisements de phosphate et les industries fondées sur le phosphate dans divers pays, en vue d'évaluer les possibilités de développement dans ce domaine. Le projet intéressait les pays suivants : Arabie Saoudite, Chili, Madagascar, Mauritanie, Pérou, Sri Lanka et Tanzanie.

La mission, d'une durée de trois mois, a commencé à la mi-janvier 1977. Certaines des principales conclusions et recommandations de l'expert sont résumées ci-après.

En Arabie Saoudite, l'exploitation des phosphates naturels n'est pas une activité prioritaire et ce, en raison de la composition peu favorable des gisements, de difficultés en matière de transport et d'approvisionnement en eau, et du fait que les phosphates peuvent être aisément importés des pays voisins.

Au Chili, les gisements connus de phosphate sont peu importants et les perspectives qui s'offrent à ce pays pour le développement de son industrie des engrais à partir des ressources locales sont de ce fait limitées.

Les gisements de phosphate de Madagascar sont suffisamment importants pour satisfaire les besoins en phosphate du pays au cours des cinq prochaines années.

En Mauritanie, on n'a pas encore découvert de gisements de phosphate d'importance commerciale, mais il est très probable, étant donné la répartition des phosphates dans la région du Sahara occidental, que les réserves de la Mauritanie soient considérables.

Le Pérou possède d'importants gisements de phosphate naturel qui lui permettraient de devenir un des principaux fournisseurs de phosphate des pays andins et peut-être aussi des pays d'Asie.

A Sri Lanka, on a découvert et exploré des gisements qui permettraient au pays de couvrir ses besoins en phosphates naturels. Des mesures consécutives s'imposent d'urgence.

En Tanzanie, il conviendrait de mettre en oeuvre un programme complet d'exploration afin de découvrir de nouveaux gisements de phosphate, bien que les réserves connues permettent de couvrir les besoins du pays jusqu'à la fin des années 80.

TABLE DES MATIERES

<u>Chapitre</u>	<u>Page</u>
I. INTRODUCTION	7
II. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	10
A. Arabie Saoudite	10
B. Chili	11
C. Madagascar	12
D. Mauritanie	13
E. Pérou	14
F. République-Unie de Tanzanie	16
G. Sri Lanka	18
III. LES GISEMENTS DE PHOSPHATE NATUREL ET L'INDUSTRIE DES ENGRAIS PHOSPHATES : SITUATION ACTUELLE	20
A. Arabie Saoudite	20
B. Chili	24
C. Madagascar	28
D. Mauritanie	31
E. Pérou	36
F. République-Unie de Tanzanie	45
G. Sri Lanka	53
<u>Tableaux</u>	
1. Composition des échantillons de minerai	21
2. Composition de quelques échantillons de phosphate	23
3. Consommation d'engrais phosphatés	27
4. Structure financière du projet	41
5. Ventilation des dépenses	42
6. Statistiques récentes relatives au phosphate	43

I. INTRODUCTION

Le projet intitulé "Consultations avec les gouvernements de certains pays d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie concernant une assistance éventuelle de l'ONUDI pour la mise en valeur des ressources en phosphate et le développement des industries fondées sur le phosphate" (RP/GLO/77/001) portait sur les pays suivants : Arabie Saoudite, Chili, Madagascar, Mauritanie, Pérou, Sri Lanka et Tanzanie. Un budget s'élevant à 19 300 dollars des Etats-Unis a été approuvé en janvier 1977 et la mission, d'une durée de trois mois, a commencé peu après.

Les objectifs de la mission étaient les suivants :

- a) Recueillir des données sur la localisation, l'importance et la composition des gisements de phosphate naturel;
- b) Faire l'inventaire des mesures prises ou envisagées par les gouvernements des pays intéressés pour l'exploitation et la mise en valeur commerciales des gisements;
- c) Tenir des consultations concernant une assistance possible de l'ONUDI visant à accélérer la mise en valeur des gisements de phosphate;
- d) Réunir des informations et examiner dans quelle mesure l'ONUDI pourrait fournir une assistance pour le développement de l'industrie des engrais phosphatés dans les pays intéressés.

Des entrevues avec les fonctionnaires responsables ont été organisées, dans chacun des pays visités, par les soins des Représentants résidents du PNUD et la documentation disponible a été soigneusement examinée.

En Arabie Saoudite, l'expert s'est rendu à Riyadh, la capitale, et à Jidda, villes où se trouvent les services de la Direction générale des ressources minières et l'Institut de géologie appliquée. Il s'est entretenu avec le Conseiller technique principal et le Chef de la Division de géologie économique de ce dernier organisme. Il a également rencontré le Directeur adjoint de Petromin, société chargée de la mise en valeur des gisements de phosphate en Arabie Saoudite.

Au Chili, l'expert s'est entretenu avec des fabricants d'engrais et avec des fonctionnaires du service gouvernemental chargé de l'exploration des gisements de phosphate et de la coordination de la recherche scientifique et technologique.

A Madagascar, l'expert a eu de longs entretiens avec des fonctionnaires du Service géologique, du Bureau de développement et de promotion industriels (BDPI), de la Division de l'agronomie du Centre de recherches agronomiques et de développement rural, et du Service géologique et minier du Ministère de l'économie et du commerce. Il a également consulté un haut fonctionnaire du Ministère du Plan. Tous ces organismes s'occupent de la mise en valeur des gisements de phosphate en République malgache, projet auquel le Gouvernement accorde un rang de priorité très élevé.

En Mauritanie, l'expert a rencontré des responsables de la Société nationale industrielle et minière (SNIM), organisme gouvernemental chargé de la mise en valeur des gisements de phosphate naturel du pays. Les activités dans ce domaine n'en étant encore qu'à leurs débuts, il n'a pas été possible de réunir beaucoup de données.

Au Pérou, l'expert s'est entretenu principalement avec des spécialistes techniques de la Minero Peru, organisme gouvernemental qui a consacré d'importantes activités aux gisements de phosphate et qui travaille actuellement à l'établissement d'un complexe d'engrais utilisant des concentrés qui seront produits à partir des réserves de phosphate naturel de la région de Sechura. Des spécialistes de l'Instituto Geológico Minero (INGEOMIN) ont fourni des données géologiques concernant les gisements. L'Empresa Nacional de Comercialización de Insumos (ENCI) a fourni de nombreux renseignements sur les importations et la consommation d'engrais au Pérou, et l'Instituto Nacional de Planificación a exposé à l'expert les travaux de forage qui seront nécessaires avant que soit prise une décision en ce qui concerne les investissements pour le projet.

A Sri Lanka, l'expert s'est entretenu avec des responsables des services et organismes gouvernementaux s'occupant des gisements de carbonatite d'Eppawala, qu'il a visités au cours de sa mission. Des entrevues avec des responsables des deux sociétés nationales de production d'engrais ont également permis de recueillir des informations précieuses sur divers points en rapport avec la mission.

En Tanzanie, l'expert s'est longuement entretenu avec des fonctionnaires des services gouvernementaux chargés des questions concernant les engrais et le phosphate naturel. Si l'expert n'a pu se rendre au gisement de phosphate naturel de Minjungu, il a pu obtenir une vaste documentation auprès de la State Mining Corporation (STAMICO), ce qui l'a considérablement aidé à se faire une idée plus précise des réserves de Minjungu. Des renseignements précieux ont également été fournis par la Tanzania Fertilizer Company (TFC) et la Tanzania Industrial Studies and Consultancy Organization (TISCO).

II. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

A. Arabie Saoudite

Il existe en Arabie Saoudite deux importants gisements de phosphate, mais il semble que rien n'ait été entrepris pour les mettre en valeur. Le rapport très élevé minéral/morts-terrains des horizons de phosphate, qui fait de l'extraction souterraine une nécessité presque absolue, ainsi que la perte de teneur en P_2O_5 , les difficultés d'enrichissement du minéral, les problèmes de transport et l'incertitude de l'approvisionnement en eau compliqueraient considérablement l'exploitation de ces gisements. Ces facteurs, joints au fait que le phosphate est un minéral bon marché et qu'il est facile de l'importer des pays voisins, expliquent peut-être le peu d'intérêt accordé à l'exploration des phosphates naturels, en comparaison des métaux non ferreux ou nobles. Les gisements sont cependant assez importants pour justifier la mise en oeuvre d'un plan d'action qui suivrait les grandes lignes ci-après.

Des deux gisements de phosphate d'importance commerciale connus actuellement, celui de la haute région de Turayf pourrait être exploité rapidement. Les résultats obtenus par Cerphos (France) en ce qui concerne la concentration des minéraux calcaireux de cette région devraient être analysés et soumis à des essais en installation pilote. Le combustible étant bon marché en Arabie Saoudite, il sera facile d'appliquer, pour l'enrichissement, le procédé de la calcination. Il faudra procéder à une reconnaissance approfondie du minéral de phosphate calcaireux de la région de Turayf pour estimer de façon plus réaliste l'importance et la teneur des réserves. Ce travail devrait être confié à un organisme spécialisé.

Il faudrait s'assurer les services de laboratoires de traitement des minerais, qui étudieraient la possibilité d'améliorer les minerais argileux du gisement de Thanivat en retirant les fractions argileuses. En d'autres termes une étude des procédés d'enrichissement serait nécessaire.

Il faudra également disposer d'études préliminaires donnant une évaluation approximative des coûts de production. L'expert n'ayant pu obtenir de données à cet égard, on ne peut dire si de telles études ont été faites. Les programmes de forage devraient être intensifiés. D'autres travaux seraient également utiles; ainsi, on devrait étudier le phosphate naturel à faible teneur (de minéralisation différente) des environs de Turayf. Il conviendrait par ailleurs de faire une première évaluation des disponibilités en eau de la zone Thaniyat-Turayf. Une étude de l'infrastructure dans les régions où se trouvent les gisements fournira les données de base pour une estimation des coûts de production.

B. Chili

Compte tenu de la superficie du pays, les gisements connus de phosphate n'offrent pas de perspectives intéressantes pour le développement de ses industries des engrais fondées sur les ressources locales en phosphate. Tant que l'on n'aura pas découvert de nouveaux horizons de phosphorite, le Chili devra continuer à importer du phosphate naturel, et ce bien que sa consommation d'engrais phosphatés soit encore faible.

On estime à 27 millions de tonnes les réserves du principal gisement de phosphate du pays, celui de Mejillones; malgré son importance, ce gisement n'est pas très intéressant à exploiter en raison de la faible teneur en P_2O_5 (7% en moyenne). Etant donné cependant que le minerai du gisement de Jacupiranga, au Brésil, dont la teneur en P_2O_5 est à peu près la même, a pu être enrichi jusqu'à une teneur acceptable pour l'industrie des engrais phosphatés, il paraît tout à fait justifié d'appliquer la même formule pour le gisement de Mejillones. Le plan d'action ci-après est proposé à cet effet.

Il convient de recourir aux services d'un géologue ayant une expérience de l'exploration du phosphate naturel, qui serait chargé d'établir un plan précis d'exploration, avec calendrier des travaux, et de veiller à la mise en oeuvre conformément à ce calendrier. Le Chili ne produisant pas de matériel de forage pour la prospection, il faudra étudier sérieusement la possibilité d'utiliser le matériel employé dans l'extraction du cuivre et

la métallurgie, afin d'économiser les devises. Le Gouvernement devra prendre une décision en ce qui concerne la mise en valeur accélérée des matières premières locales, particulièrement de celles qui ne font pas actuellement partie du secteur orienté vers l'économie de devises. Bien que la teneur en P_2O_5 du gisement de Mejillones soit faible, il convient d'examiner la possibilité de porter, par flottation, le minerai à la teneur requise pour fabriquer de l'acide phosphorique en utilisant l'acide sulfurique obtenu comme sous-produit à la fonderie de cuivre de Chuquicamata située à proximité. D'après l'analyse effectuée, il semble que le déséquilibre entre P_2O_5 et Cao, avec forte concentration de Na, permette de supposer une substitution structurale de Na dans le réseau cristallin du phosphate. Il convient en conséquence de procéder à un examen minéralogique approfondi du phosphate naturel de la région de Mejillones.

C. Madagascar

On estime à un million de tonnes seulement les réserves des gisements de guano des îles Stériles. Cependant, étant donné que les besoins en phosphate de Madagascar sont faibles, ces réserves devraient être suffisantes pour permettre au pays de ne plus importer de phosphate naturel. Comme l'exploitation de ces gisements suppose le prélèvement du guano et son expédition vers Madagascar pour traitement, un grand soin doit être apporté à l'organisation des transports. En ce qui concerne l'utilisation, il serait préférable de retenir la formule de l'application directe, eu égard à la solubilité à l'eau probablement assez élevée; la formule des engrais traités serait inévitablement plus coûteuse. Les points ci-après doivent également être pris en considération.

Le projet des phosphates des îles Stériles est simple et d'ampleur modeste. Il semble cependant que sa mise en oeuvre n'ait guère avancé au cours des deux dernières années. Le Centre de recherches doit encore présenter ses conclusions sur les aspects agronomiques du projet, dont l'importance est capitale. Le BDPI compte que le rapport sur la faisabilité du projet sera prêt dans trois ou quatre mois. Cela ne paraît pas réaliste,

eu égard à l'état d'avancement des travaux au Service géologique et au Centre de recherches. L'analyse chimique elle-même reste à faire, alors que l'évaluation du gisement a commencé, dit-on, dans le courant de 1976. Entre-temps le coût du projet a augmenté. Il convient d'établir dans les plus brefs délais un programme et un calendrier précis des travaux en prévoyant la coordination voulue entre les divers organismes intéressés, ainsi qu'un rapport sur le projet, qui servira de base aux décisions d'investissement. Selon l'expert, toutes ces activités ne devraient pas prendre plus de six mois.

Le Service géologique s'intéresse vivement à l'exploration des nodules du Bassin de Majunga, mais il manque à la fois de personnel expérimenté et de matériel. Il faudrait s'assurer, dans les plus brefs délais, le concours d'un géologue expérimenté. Même dans le cas des gisements insulaires, il serait utile de disposer des services d'un spécialiste qui superviserait et orienterait la prospection, veillerait à ce que soient réunies les données nécessaires et ferait les travaux préparatoires à l'établissement du rapport du projet. Etant donné la faible ampleur du projet, ces activités ne devraient pas prendre beaucoup de temps. Il faudrait ensuite s'assurer les services d'un directeur des mines qui dirigerait le projet pendant une brève période, un an par exemple, au cours de laquelle le personnel local recevrait la formation nécessaire pour pouvoir prendre la relève et assurer le fonctionnement du projet sans aucune aide extérieure.

D. Mauritanie

Bien que l'on ait identifié un certain nombre d'emplacements où pourraient se trouver des horizons de phosphorite, aucun gisement d'importance commerciale n'a encore été découvert en Mauritanie. La répartition des phosphates dans la région du Sahara Occidental fait cependant apparaître comme très probable l'existence en Mauritanie d'importants gisements de phosphate naturel. Il faudra toutefois que le Gouvernement accorde un rang de priorité suffisamment élevé au programme d'exploration, qui seul permettra de se faire une idée assez claire de la question. Si les résultats sont positifs, le phosphate naturel pourrait, avec le temps, devenir un des principaux produits d'exportation de la Mauritanie. Le plan d'action proposé est brièvement exposé ci-après.

Il faudra entreprendre une campagne intensive de forage pour déterminer l'importance et la teneur des gisements et réserves de phosphate naturel. L'importance des réserves ferrophosphoreuses de la zone de Oued Chig n'est pas connue. Faut-il d'essais, on ne sait pas si les constituants ferreux peuvent être extraits de la fraction phosphatée par traitement thermique avec des additifs appropriés. Il conviendrait de faire des essais en laboratoire sur des échantillons provenant de cette région.

Les renseignements dont on dispose sur les réserves de minerai et la teneur des lits de phosphate de la région de Cive ne donnent aucune indication sur les possibilités du gisement.

La forte proportion de carbonate associé dans l'horizon de phosphate de Boghe laisse prévoir un pourcentage élevé de perte au feu. Si l'on trouve des réserves considérables de minerai, il pourrait être nécessaire de recourir au procédé thermique d'enrichissement. Il est indispensable d'exécuter dans les plus brefs délais un programme systématique d'exploration par forage en réseau serré pour déterminer l'importance et la teneur des réserves.

E. Pérou

Des phosphorites ont été trouvées dans les boues à diatomées du plateau continental au sud-ouest de l'Afrique et au large du Pérou et du Chili; ce sont les plus récentes des phosphorites trouvées jusqu'ici dans les mers (holocène, fin du pléistocène). Ce type de gisement contient généralement d'énormes réserves de phosphate.

Le gisement de Sechura, qui a une réserve prouvée de près de 500 millions de tonnes et une réserve probable de 10 milliards de tonnes, devrait permettre au Pérou non seulement de couvrir ses besoins en engrais phosphatés, mais aussi de devenir le principal fournisseur de phosphate des pays andins et peut-être aussi de divers pays d'Asie. Il ne fait pas de doute que l'achèvement du programme systématique d'exploration, d'extraction, d'enrichissement et d'utilisation des phosphates de ce gisement entraînera des changements dans l'économie du Pérou. Pour diverses raisons le projet concernant le phosphate

naturel n'a pu être exécuté dans le passé. Il est indispensable de réaliser, selon le plan prévu, l'ambitieux projet actuel. Pour que le gisement soit exploité de façon satisfaisante il faudra établir un programme bien coordonné. On trouvera ci-après quelques remarques concernant la mise en oeuvre rapide du projet.

Les gisements de phosphate naturel du Pérou sont importants et constitueraient une excellente base pour un projet régional, particulièrement dans le groupe des pays andins. D'après les informations reçues, la Bolivie pourrait augmenter encore ses capacités en matière de fonderie de cuivre si elle trouvait un débouché pour l'acide sulfurique obtenu comme sous produit. Le phosphate naturel du Pérou offre des perspectives à cet égard.

Pour ce qui est des exportations d'engrais ou de concentrés, la situation du Pérou est très incertaine. Le phosphate naturel pourrait être écoulé facilement sur les marchés des pays voisins, peut-être aussi en Asie. Cependant il faudrait pour cela disposer d'une étude des marchés tant national qu'extérieur. L'impossibilité de trouver des débouchés pour les concentrés/engrais aurait des conséquences désastreuses. Le problème est encore plus grave eu égard à la demande intérieure d'engrais, qui est à la fois irrégulière et faible. Il faudra prendre des mesures d'urgence pour développer l'utilisation d'engrais équilibrés. Une enquête est nécessaire à cet égard. Il est indispensable de faire une étude approfondie afin d'identifier les facteurs qui empêchent une utilisation plus intensive des engrais et les mesures à prendre pour remédier à cet état de choses.

Des opérations en association étant envisagées avec l'Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Minerales, S.A. (ENADIMSA) (Société nationale de recherche minière d'Adaro), on escompte qu'une formation appropriée sera assurée pour le personnel local. A cet égard, il faudra attacher une attention particulière à la formation de personnel tant semi-qualifié que qualifié pour les mines de phosphates et l'installation d'enrichissement.

Bien que les travaux des institutions de recherche aient donné des résultats encourageants, l'application directe du phosphate naturel n'est pas poursuivie, faute de crédits. Il importe de faire l'inventaire des besoins en matière de recherche agronomique, si possible avec l'aide

d'un expert étranger. La mer constituant la source d'approvisionnement en eau nécessaire à des fins industrielles et autres, le traitement de l'eau occupera une place extrêmement importante dans la formulation du projet. Il faudra s'assurer dans les plus brefs délais les services d'un expert dans ce domaine. La question du type d'engrais à fabriquer à Bayovar doit être examinée de manière plus approfondie; là encore, il faut faire appel à un expert.

Les travaux d'exploration de Sechura devraient être rapidement étendus à l'ensemble de la région. Le projet de Bayovar doit être exécuté dans les délais fixés, car tout retard nuirait à sa viabilité. Par ailleurs, il conviendrait de faire une brève réévaluation du projet "phosphate naturel" dont la faisabilité a été étudiée il y a déjà un certain temps. Etant donné qu'on se propose d'intégrer ce projet à celui du complexe d'engrais, toute hausse de ses coûts se répercuterait sur les aspects économiques du projet de Bayovar.

F. République-Unie de Tanzanie

En Tanzanie le seul gisement qui mérite d'être exploité commercialement est le gisement fossile du type guano de la région de Minjingu-Kopji. Les réserves totales prouvées sont de l'ordre de 4 380 000 tonnes. Bien que peu importantes, elles devraient permettre au pays de couvrir entièrement ses besoins en engrais phosphatés pendant une douzaine d'années. Divers organismes spécialisés ont accompli un travail considérable en matière de recherche géologique et de traitement du minerai. Il conviendrait de faire une évaluation plus réaliste des besoins en phosphate naturel de l'usine d'engrais de Tanga, après quoi on établirait un rapport relatif au projet et prendrait la décision d'investir. Il faudrait également élaborer et exécuter, pour découvrir de nouveaux gisements de phosphorite, un programme complet d'exploration fondé sur les méthodes modernes de recherche en matière de phosphate.

Jusqu'ici l'usine de Tanga n'a pas utilisé plus de 60 % de sa capacité installée. La STAMICO devra rechercher d'autres marchés si, pour une raison quelconque, l'usine de Tanga ne consomme pas 120 000 tonnes

de concentrés, capacité prévue pour le projet "phosphate naturel". Il sera difficile d'exporter les concentrés, surtout dans les circonstances actuelles. Selon les services commerciaux de la TFC, les besoins annuels en phosphate naturel jordanien ne sont que de 80 000 tonnes. Ces facteurs influent considérablement sur la capacité et la rentabilité du projet de Minjugu. Quant à l'emploi de minerai dur pour l'application directe au sol, il exigerait, pour que l'on puisse se prononcer à son sujet, que soient d'abord prises diverses mesures telles que activités de formation et de vulgarisation à l'intention des cultivateurs, essais et démonstrations faits à grande échelle sur le terrain, etc. Il faut souligner que l'on devrait réexaminer ces deux questions avant de fixer la capacité de l'installation d'enrichissement. La possibilité d'une application directe du minerai dur demande à être utilisée plus avant, et ce assez rapidement; inutilisé, le minerai dur sera en effet rejeté, ce qui augmentera le cours du projet. En ce qui concerne la recherche agronomique, il est recommandé de faire appel à un expert étranger.

La durée de vie des mines prévue par la STAMICO est assez courte. Il est difficile de dire ce qui se passerait faute d'utilisation par l'usine de Tanga du minerai enrichi de Minjugu. Une assez grande quantité de minerai devra être utilisée dans l'usine d'engrais avant que soit prise la décision d'investir concernant l'installation d'enrichissement. Il pourrait être nécessaire de mélanger le minerai avec un autre minerai importé de Jordanie ou d'ailleurs, si l'emploi exclusif du minerai enrichi de Minjugu nuit à l'efficacité de l'usine. Les services de spécialistes de l'extraction et du traitement du minerai seraient nécessaires dans les premiers stades du projet; ces experts pourraient également former le personnel local.

Il faudra faire appel à un géologue, qui établira un plan pour l'exploration de zones paraissant intéressantes et fera une brève prospection en vue de découvrir d'autres gisements possible de phosphate.

G. Sri Lanka

La découverte du complexe de carbonates d'Eppawala et son exploration, dont le mérite revient au Service géologique de Sri Lanka, ont révélé le potentiel du pays en matière de gisements de phosphate commercialement exploitables. Le gisement en question pourrait permettre à Sri Lanka de couvrir ses besoins en phosphate naturel; rien ne devrait donc être négligé pour assurer une prompte exploitation des réserves de phosphate du complexe de carbonates d'Eppawala. Les divers essais d'enrichissement visant à extraire les composants indésirables du minerai doivent être entrepris immédiatement. Un plan d'action est proposé ci-après.

Il conviendrait de vérifier que le pourcentage de récupération des carottes est faible. Le forage à sec (seulement pour la zone à apatite) pourrait être appliqué en quelques points proches d'un trou de sonde où le forage humide a été pratiqué antérieurement avec un faible taux de récupération. On pourrait alors comparer les résultats des deux types de forage et en déterminer l'exactitude. Pour définir l'épaisseur des zones de lessivage à apatite, il convient de forer des trous de sonde dans les niveaux supérieurs des massifs de carbonatite. Les différences de composition - horizontalement et verticalement - devraient être déterminées par forage en réseau serré de 60 m et l'analyse des échantillons carottés devrait se faire à intervalles verticaux de 60 cm. La présence dans le complexe de carbonates d'Eppawala de cristaux géants d'apatite mesurant plus de 30 cm appelle une étude attentive. Les associations de minéraux du complexe de carbonatite font paraître très probable une phase de minéralisation des carbonates. Par ailleurs, il est rare qu'un massif de carbonatite produise des cristaux géants, qui ne se forment que par lent refroidissement à basse température avec une substance fondue à très faible viscosité. Cette question présentant un grand intérêt du point de vue théorique, il serait souhaitable de l'étudier en coopération avec un département universitaire.

Le rapport morts-terrains/minerai est très faible, ce qui, joint au fait que les morts-terrains et les horizons de minerai sont assez mous, facilite l'extraction. La consommation d'explosifs devrait également être faible. La mécanisation progressive des mines sera rentable et permettra de réduire la sujétion aux sources étrangères et de former

la main-d'oeuvre à des travaux spécialisés d'extraction, ce qui aura pour effet d'augmenter à la fois sa productivité et ses salaires. Le pourcentage élevé de P_2O_5 et les grandes quantités de chlore de substitution s'opposent à la production d'acide phosphorique par voie humide et à la fabrication de superphosphate triple. Il faudra donc commencer par enrichir le minerai pour le débarrasser de ses constituants indésirables. La défluoration suppose un grillage à haute température et une grande quantité d'énergie thermique. La production d'acide phosphorique par le procédé phosphoreux basique mérite examen.

Il convient d'étudier plus avant les possibilités d'application directe dans les sols acides. On pourrait procéder à des études agronomiques (culture en pot) d'échantillons d'apatite d'Eppawala pour déterminer l'efficacité de leur application directe à divers types de sols et de cultures. Ce faisant on devrait broyer les constituants du phosphate jusqu'à divers degrés de finesse.

III. LES GISEMENTS DE PHOSPHATE NATUREL ET L'INDUSTRIE
DES MINÉRAIS PHOSPHATÉS : SITUATION ACTUELLE

A. Arabie Saoudite

En Arabie Saoudite, on a constaté la présence de deux horizons importants de phosphorite dont l'exploitation pourrait être rentable, et qui font partie du bassin sédimentaire de Sirhan-Turayf, situé à l'extrême nord du pays, dans une zone allant de 29°15' à 32°00' de latitude nord et de 37°00' à 40°00' de longitude est. Au début, c'est la présence de fragments de phosphate naturel à la surface du sol dans la zone de Turayf, dans la partie nord-est de ce bassin qui a attiré l'attention des géologues. Par la suite, le programme d'exploration entrepris par la Tennessee Valley Authority entre 1966 et 1969 a entraîné la découverte d'un gisement de phosphate dont l'exploitation pourrait être rentable le long de la bordure sud-ouest du bassin, dans la zone de Thaniyat. Du point de vue géologique, les gisements de phosphorite de cette zone appartiennent à la partie inférieure de la formation de Hibr ainsi qu'à la formation susjacente d'Aruma, du crétacé supérieur. Nettement séparé de cette dernière formation, dans les plaines désertiques situées dans la partie nord-est du bassin sédimentaire de Sirhan-Turayf, se trouve le gisement de phosphate de Turayf, qui se présente en trois zones et qui fait partie de la formation paléocène et eocène de Hibr.

De tous les gisements de phosphate reconnus jusqu'à présent en Arabie Saoudite, celui de la formation Aruma dans la région de Thaniyat semble offrir les perspectives les plus intéressantes. Les meilleurs lits de phosphate - au nombre de deux - se trouvent dans le secteur dit "Thaniyat-ouest". Le lit supérieur est trop mince pour justifier à lui seul l'extraction souterraine mais il présenterait un intérêt si on pouvait mettre en valeur toute la zone. En revanche le lit inférieur est assez épais pour être exploité seul par extraction souterraine (épaisseur des couches de morts-terrains variant de 20 à 100 mètres). Ce lit inférieur s'étend sur 10 km le long de la falaise orientée est-ouest. Des sondages géologiques peu profonds ont révélé qu'il s'agissait d'un lit plat souterrain, s'étendant vers le nord, et dont l'épaisseur allait de 1 à 2,50 mètres l'épaisseur moyenne étant de 1,65 mètre. Le gisement contient du minerai de qualité moyenne, dont la teneur en P_2O_5 est de 20 % à 26 % (moyenne 23 %).

Tendre et friable, le minerai est composé de granules d'apatite, de sable quartzeux et de matières argileuses. D'après les estimations préliminaires, les réserves totales seraient de l'ordre de 20 millions de tonnes de minerai (30 millions de tonnes de P_2O_5).

Dans la région de Turayf, on a délimité une zone de 2 000 km² riche en phosphorite, après avoir utilisé la cartographie de surface et procédé à des forages dans trois zones contenant du phosphate. De ces trois zones, la zone supérieure est la plus riche, car elle comporte 3 à 5 lits, parfois plus, et atteint près de 12 m à l'endroit le moins profond. L'épaisseur moyenne de l'agrégat est de 2,5 m, le dosage moyen de P_2O_5 étant de 16 %. Les réserves totales de concentré de P_2O_5 dans la zone supérieure atteignent un milliard de tonnes environ^{1/}. Le phosphate naturel de la région de Turayf est dur et solide, et se présente sous forme de granules d'apatite solidement reliés par de la calcite et de la silice. Cependant on a aussi trouvé, par endroits, du phosphate calcaire friable.

La composition chimique des phosphates de Thaniyat-ouest a été établie à partir d'échantillons prélevés à la fois dans un affleurement de phosphorite désagrégée et dans une galerie creusée par la TVA. Les résultats de l'analyse qui visait à déterminer si le phosphate frais était aussi tendre et aussi friable que les matières désagrégées provenant de l'affleurement, et s'il avait une composition analogue, figurent dans le tableau 1 ci-après^{2/}.

Tableau 1
Composition^{a/} des échantillons de minerai

<u>Constituants</u>	<u>Lit No 1</u>		<u>Lit No 2</u>	
	<u>Affleurement</u>	<u>Galerie</u>	<u>Affleurement</u>	<u>Galerie</u>
P_2O_5	30,2	29,2	25,2	23,5
Fe_2O_3	0,9	0,7	1,1	1,2
Al_2O_3	0,7	1,0	1,0	1,3
Acide insoluble	2,4	6,6	25,9	28,4

^{a/} Les chiffres indiquent le pourcentage du constituant dans l'échantillon.

^{1/} Projet concernant l'Arabie Saoudite

^{2/} Source : rapport de la TVA.

Le pourcentage élevé d'acide insoluble confirme la présence d'un pourcentage élevé de quartz dans les échantillons de phosphate prélevés dans le lit No 2, par rapport aux échantillons prélevés dans le lit No 1. Outre le quartz, ces échantillons contiennent deux types d'argile. Le phosphate naturel dans les deux lits contient de l'apatite carbonatée formée de granules ovales et de fragments fossiles, notamment coquilles et autres parties solides d'invertébrés, fragments d'os et dents. La composition de l'apatite est indiquée ci-dessous.

<u>Composition chimique</u>	<u>Pourcentage</u>
CaO	55
Na ₂ O	0,6
MgO	0,2
CO ₂	3,1
F	4,4
P ₂ O ₅	38,2

La TVA a fait des essais de laboratoire complets, en vue d'enrichir les échantillons provenant de la galerie, prélevés dans les lits 1 et 2. Les résultats de ces essais indiquent que le broyage à sec complété par l'enrichissement à l'air permettrait d'obtenir un produit dosant 31,4 % de P₂O₅ avec un taux de récupération de 81 %. On pourrait obtenir un concentré de qualité supérieure par flottation mais le taux de récupération serait aussi faible car plus de la moitié du minerai est trop tendre pour subir la flottation. En revanche l'analyse des échantillons prélevés dans la carotte provenant des forages effectués à Thaniyat-ouest a montré que ceux-ci n'avaient ni la même composition, ni la même réaction aux techniques d'enrichissement. Une grande partie du phosphate de la carotte contenait plus d'argile que les échantillons prélevés dans l'affleurement et dans la galerie et réagissait mal aux techniques d'enrichissement appliquées sur les échantillons de minerai provenant de cette galerie.

Les échantillons de phosphate naturel prélevés en surface et recueillis dans la région de Turayf sont durs et cimentés par de la calcite ou de la silice. La composition chimique des six échantillons de phosphate choisis (trois échantillons calcaires et trois siliceux) est indiquée dans le tableau 2 ^{3/}.

^{3/} Source : Rapport de la TVA.

Tableau 2

Composition^{a/} de quelques échantillons de phosphate

<u>Type</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>CaO</u>	<u>Al₂O₃</u>	<u>Fe₂O₃</u>	<u>SiO₂</u>	<u>Acide insoluble</u>	<u>F</u>
<u>Echantillons calcaires</u>							
No 1	5,0	26,2	0,82	1,66	6,98	9,21	0,42
No 2	13,6	53,8	0,21	0,10	0,51	0,61	1,62
No 3	22,6	53,7	0,09	0,03	0,17	0,17	2,82
<u>Echantillons siliceux</u>							
No 1	6,9	13,3	0,27	0,12	69,4	74,6	0,72
No 2	14,6	22,4	0,22	0,12	55,1	56,87	1,55
No 3	20,6	30,0	0,07	0,06	36,6	45,20	2,34

^{a/} Les chiffres représentent le pourcentage du constituant dans l'échantillon.

Le phosphate naturel contenu dans les échantillons de Turayf est de la fluorapatite carbonatée. Le phosphate calcaireux contient de la calcite comme élément principal, tandis que la dolomite apparaît dans quelques échantillons. Le phosphate siliceux contient toujours du quartz ressemblant à du chert (ciment et pâte matrice) comme élément principal, la calcite n'étant qu'un constituant marginal. Des essais d'enrichissement réalisés sur le phosphate calcaireux ont indiqué que le grillage suivi de tamisage et de flottation permettrait d'obtenir un phosphate de qualité commerciale. Pour le phosphate siliceux, la flottation et l'acidification n'ont pas donné de bons résultats.

Les essais en laboratoire entrepris par la Société Cerphos (France) se sont révélés très intéressants^{4/}. En effet, d'après les résultats obtenus, le phosphate calcaireux de cette région pourrait être enrichi de façon à doser jusqu'à 37 % de P₂O₅, avec un taux de récupération de P₂O₅ excellent et un rapport Ca/P₂O₅ très satisfaisant. Les essais de calcination entrepris en laboratoire sur le phosphate naturel calcaireux ont indiqué un taux de récupération au poids de 49 %, et l'on a pu, en appliquant un traitement après calcination, obtenir un concentré dosant 37 % de P₂O₅ avec un taux de récupération de P₂O₅ atteignant 88 %^{4/}.

^{4/} Communication écrite (1968) de MM. Foutheir et Grassart.

Actuellement, il semble que l'activité soit nulle dans le secteur des phosphates naturels. La prospection du plomb, du zinc, de l'or et de l'argent a la priorité absolue dans le programme de prospection du pays. Le Ministère du pétrole et des ressources minérales a défini les facteurs qui font obstacle à la mise en valeur des gisements de phosphate naturel dans l'immédiat, à savoir : médiocre qualité du minerai, difficultés que présente l'enrichissement en raison de la quantité importante d'arsenic dans le gisement de phosphorite de Thaniyat-ouest, nécessité de recourir aux techniques d'extraction souterraine en raison de l'épaisseur des mortoterrains (dans six forages, l'épaisseur de la couche de calcaire formant les mortoterrains varie de 26 à 100 mètres), éloignement de la côte, (400 km) et incertitude de l'approvisionnement en eau⁵.

B. Chili

Au Chili les études préliminaires des gisements de phosphate naturel sont faites par un organisme gouvernemental, l'Instituto de Investigaciones Geologicas (IIG). Le gisement qui paraît le plus intéressant est celui de Mejillones, où les travaux se poursuivent; il est situé à 2 000 m d'altitude, dans les déserts du nord du pays (21°14' Sud, 70°25' Ouest). La ville la plus proche est le port maritime de Antofagasta, qui se trouve à 45 km au sud du gisement, non loin des mines de cuivre de Chuquicamata, d'Exotica et de Mantos Blancas. La ville de Mejillones, à 20 km au nord du gisement, est également un port maritime; selon les renseignements obtenus, elle dispose d'installations pour la manutention du phosphate naturel et des engrais. Des routes pavées relient la zone où se trouve le gisement aux villes d'Antofagasta et Mejillones, et une voie ferrée la traverse.

Le bassin où se trouve le phosphate naturel a une étendue de 10 km x 12 km et le gisement atteint une profondeur de 60 m. Les travaux d'exploration en sont à leurs premiers stades. Les réserves possibles sont estimées à

⁵/ Economic status of Mineral Deposits of Western Saudi Arabia, Technical Record TR-1974-1, Ministère du pétrole et des ressources minérales.

plus de 27 millions de tonnes de minerai dosant en moyenne 7 % de P_2O_5 . Les réserves prouvées depuis le commencement des recherches, en mars 1976, ne sont que d'un peu plus de 2 millions de tonnes. Le lit du minerai est horizontal et a une largeur moyenne de 1,50 m. La roche est molle, avec peu de morts-terrains.

L'analyse du phosphate naturel en donne la composition suivante^{6/}:

SiO_2	5,04
Al_2O_3	5,63
FeO	1,68
MgO	1,69
CaO	20,68
Na_2O	10,57
S	0,63
I_2	0,12
P_2O_5	11,66

Il se peut que l'échantillon sur lequel a porté cette analyse ne soit pas représentatif.

Il faudra analyser des échantillons plus importants avant de pouvoir exprimer une opinion précise sur la composition chimique du phosphate naturel de Mejillones. Les prospections n'en sont qu'à leur tout début et les travaux doivent être intensifiés.

Les études préliminaires des roches sédimentaires, faites par l'IIG en 1972, couvrent le bassin de Tongoy, l'île Quiciquina (crétacé supérieur), Quebradas Melendez, Carrillos et Chanareillo (crétacé inférieur) et Quebrada Asientos (jurassique inférieur)^{7/}. Le gisement de Tongoy (30°25' Sud, 71°34' Ouest) est situé à 180 mètres d'altitude dans la zone aride. Les villes les plus proches sont Coquimbo et Serena. Une route de près de 30 km

^{6/} Source : IIG.

^{7/} Rapport de P. de Angello, 1972, IIG, Apartado No 72.

relic cette zone à la Route panaméricaine en un point éloigné de 50 km environ de Coquimbo et de 60 km environ de La Serena. Santiago, principale ville industrielle du nord du Chili, est à près de 350 km. A l'heure actuelle aucune voie ferrée ne relie la zone du gisement au port maritime de Coquimbo. Le gisement couvre une superficie de 30 km². Le phosphate naturel se trouve à une profondeur de 80 à 100 mètres au-dessous de grès blancs, et l'épaisseur moyenne de la couche est de 0,60 m. Les réserves estimées sont de 2 700 000 à 3 240 000 tonnes de phosphate tricalcique. Selon les renseignements communiqués, la teneur en P₂O₅ est supérieure à la teneur moyenne en P₂O₅ de Mejillones. Aucune donnée n'a cependant été fournie à l'expert à l'appui de cette information.

On sait très peu de choses sur les trois autres zones. Selon l'IIG, les phosphates de la zone de Quiriquina dosent en moyenne 2 % à 5 % de P₂O₅. Dans les roches du crétacé supérieur, il existerait des couches de calcaire phosphaté - associé à du chert noir et à de l'ampélite - dosant 5 % à 6 % de P₂O₅ et ayant une épaisseur de près de 100 mètres. Des couches de schiste calcaire de 0,5 à 1 m d'épaisseur, dosant moins de 5 % de P₂O₅, se trouveraient dans les roches jurassiques^{8/}. L'association ampélite-chert noir est caractéristique de nombreuses zones contenant du phosphore. La présence de P₂O₅, bien que de faible concentration, nécessite une prospection géochimique approfondie des séquences à intercalations de la zone de Quiriquina. Il n'est pas possible de présenter des propositions quant à des travaux ultérieurs tant que toutes ces régions n'auront pas fait l'objet d'explorations et de prospections intensives. Il n'existe pas de données concernant les prévisions de la consommation d'engrais au Chili. Jusqu'en 1974 le Chili importait du phosphate naturel, principalement des Etats-Unis (Floride), du Maroc et du Sénégal; depuis cette date il importe des engrais finis.

Entre 1969 et 1974 les importations de phosphate naturel ont porté sur les volumes ci-après^{9/} :

8/ Source : IIG.

9/ Source : Compañía Sudamericana de Fosfatos.

<u>Année</u>	<u>Tonnes</u>
1969	23 500
1970	75 400
1971	37 000
1972	50 000
1973	75 000
1974	80 000

Selon les renseignements communiqués, une partie du phosphate naturel importé antérieurement n'aurait toujours pas été utilisée. L'usine de superphosphate triple ne produirait que du superphosphate simple et il serait moins coûteux d'importer le superphosphate triple.

Les données concernant la consommation d'engrais phosphatés sont présentées ci-après^{10/}:

Tableau 3. Consommation d'engrais phosphatés^{a/}

<u>Année</u>	<u>Ventes d'engrais</u>	<u>SPT (P₂O₅)</u>	<u>SPS (P₂O₅)</u>	<u>PB (P₂O₅)</u>
1971	103 642	72 901	4 718	9 598
1972	84 659	47 370	4 861	5 097
1973	121 151	44 086	7 153	46 647
1974	103 479	57 008	5 231	28 416
1975	57 544	29 412	5 800	10 204
1976	70 848	40 881	3 755	15 206
1977	84 660 (estimation)	46 000	6 250	23 000

a/ Les quantités sont indiquées en tonnes.

La différence entre les chiffres indiqués pour la consommation totale et la somme des chiffres indiqués pour les consommations de SPT/SPS/PB correspond au guano fourni par la Sociedad Chilena de Fertilizantes (SOCHIF). Selon

10/ Source : COSAF.

la Sociedad Quimica y Minera de Chile, S.A. (SOQUIMICH), les variations de la demande d'engrais au cours des dernières années sont dues à la baisse des coûts des produits agricoles, qui rend difficile l'établissement de projections de la demande. L'expert n'a pas eu la possibilité de s'entretenir avec un représentant du Ministère de l'Agriculture.

Dans ces conditions il est difficile d'imaginer comment le phosphate naturel local pourrait être utilisé par l'industrie nationale des engrais. Le problème est encore aggravé par le fait que les gisements n'ont pas été entièrement explorés et qu'on ne peut, en l'absence de données complètes, déterminer leur viabilité. Pour des raisons évidentes, le Gouvernement n'accorde pas une priorité élevée à l'exploitation du phosphate naturel.

C. Madagascar

Il n'existe à Madagascar aucun grand gisement de phosphate naturel mais on y a noté la présence de plusieurs types de phosphates dont certains présentent un intérêt du point de vue économique, particulièrement si l'on tient compte des besoins en P_2O_5 du pays. Selon le BDPI, ces besoins seraient de 8 500 à 11 400 tonnes en 1980^{11/}. Les gisements dont il est question dans le présent rapport constituent une source de phosphates suffisante pour répondre aux besoins du pays au cours des prochaines années.

On trouve de l'apatite dans la partie sud de l'île, à Bekily, Ampandrandava et Keraketa, où elle est associée avec du mica des pegmatites. Cependant, la teneur en P_2O_5 des gisements est faible (2,6-7,9 %) et leur importance est trop limitée pour justifier une exploitation. Le faible dosage de P_2O_5 exclut en outre l'utilisation directe en agriculture. Les nodules phosphatés du bassin de Majunga sont d'origine marine sédimentaire. Les réserves connues sont peu importantes et leur teneur en P_2O_5 est de l'ordre de 15 %. Au stade actuel les nodules ne présentent aucun intérêt économique. D'autres nodules sont dispersés

^{11/} Source : BDPI.

dans les régions d'Ambato, Boeni, Anjiagia, Maevarano, Marovoay, Soalala et Narini. Les gisements de guano de la région de Tulcar contiennent 4 % d'azote, 15 % de P_2O_5 et 1 % de K_2O . Les réserves ont été estimées à environ 10 000 tonnes seulement (soit 1 500 tonnes de P_2O_5). La faible importance des réserves et les difficultés d'accès font que le gisement pourrait, au mieux, ne présenter d'intérêt qu'à l'échelon régional. Le bétail constitue une autre source de P, à savoir le phosphate des os, qui est du reste le seul phosphate d'origine locale.

Un grand nombre d'îles du canal de Mozambique possèdent des couches de phosphate dont l'origine est le guano. Ces ressources présentent une importance économique particulière pour Madagascar. L'île de Juan de Nova, à 135 km à l'ouest de Madagascar, a fait l'objet d'investigations et d'une exploitation régulière par la Société française des îles de Madagascar (SOFIM) de 1952 à 1968. En 1968 Juan de Nova a été vendu au Club Méditerranée. Les réserves totales de l'île sont estimées à 4 millions de tonnes environ. L'exploitation était faite à la main et l'humidité ramenée de 16 % à 8-10 % par séchage au soleil. Le matériau de haute teneur (30 % de P_2O_5) était exporté en Afrique du Sud pour la fabrication d'acide phosphorique, tandis que le matériau à faible teneur (20 % de P_2O_5) était exporté vers Maurice où il servait à l'application directe dans les plantations de canne à sucre.

Des phosphates analogues à ceux de Juan de Nova existent dans les îles situées à une distance de 50 à 100 km à l'ouest et au nord-est de Madagascar. Malheureusement il n'a encore été dressé aucun inventaire complet de ces réserves. Le Service géologique effectue actuellement des investigations dans ces îles, parmi lesquelles les plus intéressantes sont les îles Stériles, dont le sous-sol contiendrait près de 400 000 tonnes de phosphate, soit une quantité suffisante pour couvrir les besoins en P_2O_5 de Madagascar au cours des 10 prochaines années, à raison de 20 000 tonnes par an de minerai dosant 25 %.

Il semble qu'il y ait dans ces îles de 0,5 à 1 million de tonnes de phosphorites^{12/} groupées dans des couches analogues aux gisements de Juan de Nova. Ces gisements se présentent comme des poches de forme circulaire (1 à 3 m

^{12/} Source : Service géologique.

de diamètre) ou allongées (jusqu'à 10 m). Ils se composent d'un lit superficiel de poudre grisâtre, d'une épaisseur moyenne de 0,5 m, dosant de 15 à 20 % de P_2O_5 sous forme de phosphate tricalcique, et d'un lit plus dur, parfois rocheux, de couleur rouge foncé. Le Service géologique analyse actuellement les échantillons. L'analyse du matériau à forte teneur de Juan de Nova est donnée ci-après^{13/}:

<u>Constituant</u>	<u>Pourcentage</u>
Phosphate tricalcique d'os	66-70
$CaCO_3$	0,3
CaO	8,5
Al_2O_3	0,24
H_2O	8
Perte au feu à 110°C	4,0
Matières organiques	1,3

Les quatre îles du groupe des îles Stériles sont Maroantaly, Nosy Andotra, Nosy Andrano et Nosy Lava. On a également relevé la présence de phosphates dans d'autres îles : Mangiho (40 km au nord-ouest d'Ambilobe, 2 000 tonnes de poudre de phosphate, 15 % de P_2O_5), îles Glorieuses (au nord-ouest de Madagascar, environ 45 m de long sur 20 m de large, corps de minerai de 75 à 130 mm d'épaisseur), île de Lys, Mananjeba, etc., (on a très peu d'information sur ces dernières). L'exploitation des gisements des îles Stériles ne semble pas poser de problèmes graves. Cette question a été étudiée par F.J.E Van Dierendonck dans un rapport de mars 1975. Compte tenu de l'expérience de la SOFIM il a été indiqué que l'exploitation manuelle des gisements, avec transport du minerai par remorques, est économiquement viable. Il conviendrait de classer le minerai tout-venant pour le porter à un dosage de 25 % de P_2O_5 . Etant donné que le phosphate se présente sous la forme tricalcique et qu'il est nécessaire pour la culture du riz, on a recommandé un traitement en trois étapes : uniformisation de la teneur en P_2O_5 , filtrage destiné à la porter à 25 % et réduction à 4 % de la teneur en humidité, le broyage au broyeur à boulets et le séchage en circuit fermé complétant les opérations. Il a en

^{13/} BDPI : Projet de production d'engrais à Madagascar, Vol. II
(Source : SOFIM).

autre été recommandé que les moyens de traitement soient installés sur la côte ouest de Madagascar où se trouvent des installations portuaires, de manière que le produit fini puisse être transporté aux centres de consommation à l'intérieur du pays. Le minerai tout-venant pourrait être transporté en vrac jusqu'à l'installation de traitement, par bateaux de 400 à 600 tonnes. Les sacs en plastique pourraient supporter une teneur en humidité plus élevée mais il a été recommandé d'utiliser pour l'emballage des sacs en papier, qui sont meilleur marché. D'après les calculs effectués, le coût total du projet serait de 242 000 dollars, non compris le fonds de roulement et les licences d'exploitation. Le prix de vente maximum serait de 20 000 francs malgaches la tonne. En 1974 le prix à l'importation était de 55 000 francs malgaches la tonne ex Tamatave; les frais de manutention portaient ce prix à 75 000 francs et le gouvernement subventionnait à 50 % la vente d'engrais importés. Il serait donc beaucoup moins coûteux de mettre en valeur les phosphates de l'île et de les utiliser directement comme engrais. Aucune mesure n'a été prise jusqu'ici pour exécuter le projet.

Comme il a été indiqué plus haut, le Gouvernement entend réaliser le projet. Le Service géologique et le Centre de recherche agronomiques et de développement rural étudient la faisabilité de l'opération qui, d'après les informations reçues, a fait l'objet d'un accord de principe de la part du gouvernement. Les activités devraient être terminées vers la fin de l'année en cours; la décision d'investir serait alors prise par le Ministère du développement rural. Le BDPI coordonne les activités des organismes intéressés. Il a été décidé, à titre provisoire, d'implanter l'installation de traitement à Majunga. La durée des travaux de réalisation du projet devrait être de six mois.

D. Mauritanie

En Mauritanie les phosphates se trouvent dans deux zones géologiques différentes de formation différente du bassin de Taoudenni (plateau ouest-africain) et dans les sédiments de l'éocène du bassin Senegalo-Mauritanien. Les travaux ont porté jusqu'ici principalement sur les sédiments de l'éocène mais il n'a pas encore été trouvé de réserves exploitables commercialement.

Les phosphates de la région de Taoudenni sont situés dans deux zones, respectivement à l'est d'Atar et au sud de Chinguetti. La minéralisation est concentrée au nord de la ligne Atar-Chinguetti, autour d'un point situé en 20°40' Nord et 13° Ouest et le long d'un profil sud-ouest du point situé en 20° Nord et 12° Ouest. La première de ces zones est accessible par la route. Le climat de la région est désertique, avec des températures maximum de 30° C et minimum de 15°C dans les mois d'hiver (novembre à mars). Les valeurs correspondantes pour les mois d'été (juin à septembre) sont de 41°C et 26°C. Les pluies (moyenne 100 mm) sont les plus fréquentes en août et septembre. De fortes pluies ont été enregistrées dans le passé : jusqu'à 71 mm en un seul jour.

Les gisements de la partie nord sont accessibles par la route Atar-Chinguetti, ceux de la partie sud le long des oueds. La population de la région est concentrée à Atar. On n'a trouvé que peu de phosphate dans les roches sédimentaires partiellement métamorphisées du cambrien inférieur appartenant au groupe d'Atar. L'existence de traces de phosphate a été confirmée par des tests au molybdate d'ammonium dans les grès quartzeux de 1,5 m d'épaisseur. Des traces de phosphate ont également été trouvées dans du grès quartzeux de 2 m d'épaisseur de l'Oued Agbodana. Il est probable que les séquences de grès de Nouatil, Bathat Ergil, Jbeliat et Bathat Ntichedid (cambrien et ordovicien) contiennent également des phosphates. Ces zones s'étendent sur plus de 80 km. Il est impossible de porter un jugement sur ces gisements tant qu'ils n'auront pas fait l'objet d'études détaillées. Ces dernières seront cependant fortement compliquées par les difficultés d'accès et le climat rigoureux des déserts. Le long de la bordure sud de l'Adrar, dans une zone s'étendant sur plus de 100 km de Ouad Chig à la zone de Mauritanides, existent des lits de galets ferrophosphateux, de quartz et oxyde de fer et de minéraux hydroxydes, ayant 5 à 30 cm d'épaisseur. On a également observé des phosphates à colithes de 200 microns présentant une structure concentrique remarquable. Des phosphates de couleur brune, à grains très fins, apparaissent également comme matériau de liaison entre les grains de quartz. L'analyse de cinq échantillons prélevés dans les niveaux les plus riches donne la composition moyenne suivante^{14/} :

^{14/} Source : SNIM.

	<u>Pourcentage</u>
P ₂ O ₅	19
Fe ₂ O ₃	22
Al ₂ O ₃	6
SiO ₂	39
CaO	1-2

Ces phosphates sont peut-être le résultat d'une double transformation des phosphates de calcium en phosphates d'aluminium puis en phosphates de fer.

Les autres localisations importantes se trouvent le long du fleuve Sénégal, entre Cive et Boghe. Deux gisements ont été reconnus, celui de Cive (150 000 tonnes) et celui de la région de Boghe - Kaedi - Aleg, où le consortium de phosphates de Mauritanie a effectué en 1974 et 1975 des travaux d'exploration auxquels doit faire suite un programme de forage. Les gisements sont bordés au nord-est par des formations de couleur jaune appartenant à l'éocène et au sud-ouest par des alluvions récentes.

Les températures maximum et minimum de décembre à février sont de 31° à 35°C et 13° à 16°C, respectivement. Les valeurs correspondantes pour la période avril-octobre sont de 35-43°C et 22°-26°C. La saison des pluies (675 mm environ) va de juin à octobre. Selon les renseignements fournis, les routes Nouakchott-Boutilimit-Aleg-Kadi-Meghama et Nouakchott-Rosso-Boghe-Kaedi sont en grande partie macadamisées et en bon état, mais certaines portions sont endommagées pendant la saison des pluies. Kaedi est relié à Nouakchott par air et le fleuve lui assure un accès au port.

Dans le gisement de Cive, les phosphates sont concentrées dans quatre lits à intercalations. La teneur en P₂O₅ est de 25 % à 27 %, mais les réserves sont modestes. Il n'est pas prévu de poursuivre la prospection dans cette zone. Le deuxième gisement de phosphate, dans la région Kaedi-Boghe-Aleg, est limité à des formations lutéliennes. Les minéraux associés sont notamment les calcaires, les dolomites et les argiles. Le gisement a été prospecté par un consortium formé par la SNIM, le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), la Geomin (Roumanie) et la Société sénégalaise des phosphates de Thiès. Les campagnes de forage de 1974 et 1975 ont seulement permis de déterminer les secteurs intéressants^{15/}.

^{15/} Ibid.

Il n'a pas été établi d'estimations des réserves probables. Le lit contenant des phosphates a une épaisseur de 2,10 à 5,30 m et la teneur en P_2O_5 va de 11,6 % à 20 %. Une partie du secteur où l'on a foré sept trous de sonde espacés de 5 km couvre une superficie de 100 km² environ. La prospection a cessé en 1976, certains membres du consortium n'étant pas disposés à poursuivre les travaux. L'absence de matériel de forage convenant pour la prospection du phosphate naturel a également entravé l'exécution du programme. La plupart des appareils de sondage sont utilisés pour le programme national d'exploration du cuivre. Il semble cependant que la SNIM pourrait en affecter quelques-uns à l'exploration des phosphates, ce qui permettrait certainement d'accélérer les travaux, mais le temps dont on dispose, pour l'année en cours, n'est plus que de trois mois. Comme la disponibilité des appareils de sondage dépendait de la date d'achèvement du programme d'exploration du cuivre, il n'a été établi aucun plan précis pour l'exploration des phosphates.

L'analyse des phosphates naturels de Cive donne la composition chimique suivante^{16/} :

	<u>Pourcentage</u>
P_2O_5	25-27
CaO	29-35
SiO_2	17-19
Al_2O_3	7-10
Fe_2O_3	4-7
Autres constituants chimiques (non analysés)	6-8

Des échantillons provenant de gisements de la région de Kaedi-Boghe-Aleg ont été soumis à une analyse, qui indique la composition suivante^{17/} :

^{16/} Ibid.

^{17/} Ibid.

	<u>Pourcentage</u>
P_2O_5	11-20
Fe_2O_3	0,5-1,7
SiO_2	3,62
CaO	27,16-38,24
Al_2O_3	0,96-3,00
Perte au feu à 1 000°C	6,90-33,84

E. Pérou

Le gisement de phosphate naturel de Bayovar, le plus important du pays, est situé dans le désert de Sechura entre $5^{\circ} 0,9'$ - $6^{\circ} 15'$ de latitude sud et $80^{\circ} 30'$ - $81^{\circ} 0,5'$ de longitude ouest. Le climat est de type désertique, avec de très faibles précipitations. La température maximale atteint $32,7^{\circ} \text{C}$ et la température minimale descend jusqu'à $14,1^{\circ} \text{C}$, la teneur en humidité variant entre un maximum de 94 % et un minimum de 20 %. Le gisement, qui est à 30 mètres au-dessus du niveau de la mer, est situé dans le district de Sechura, province de Piura à 120 km de Piura et à 60 km de Sechura. Piura se trouve à 1 030 km environ au nord de Lima et à 300 km environ de l'Equateur. Le gisement est accessible par terre et par air. La route est asphaltée entre Piura et Sechura (60 km) et pavée entre Sechura et les mines. Un aéroport permet l'atterrissage de petits avions. Le gisement est distant d'une trentaine de kilomètres du port de la Société Petro Peru, qui est parfaitement équipé pour le chargement et le déchargement du pétrole; Petro Peru s'en réservant l'usage exclusif, on envisage de créer des installations de manutention de phosphate naturel à 3 km environ du port. La ville de Piura compte 700 000 habitants. La population de la région se consacre principalement à l'agriculture et à la pêche. En ce qui concerne le niveau d'instruction, peu de personnes dépassent celui de l'école primaire. Il faudra donc faire venir d'autres régions des travailleurs semi-spécialisés et spécialisés pour mener à bien le projet d'extraction et d'enrichissement jusqu'à ce que le personnel local soit formé.

Le gisement de phosphate de Sechura s'étend sur une zone d'alluvions quaternaires de 680 km sur 200 km. Les roches sédimentaires d'origine marine qui forment la cuvette sont de l'ère tertiaire. Les réserves probables seraient de l'ordre de 10 milliards de tonnes, dont 500 millions de tonnes environ ont déjà été reconnues. Les recherches se poursuivent et l'Ingeomin a dressé un programme précis dans ce domaine. La prospection des zones explorées n'a révélé l'existence d'aucune anomalie structurelle, due à une influence régionale quelconque. Le gisement est formé de sept lits de phosphorite qui alternent avec d'autres couches, ce qui fait de l'ensemble du gisement une formation presque uniforme. Qu'il s'agisse de la teneur en P_2O_5 , des caractéristiques structurelles ou de la minéralisation, les lits et les couches

alternées ne présentent pas de différences majeures. Les lits ont une épaisseur régulière comprise entre 0,30 m et 0,40 m pour les moins importants et 1,20 m et 2 m pour les plus importants et leur teneur moyenne en P_2O_5 est d'environ 15 %. Les couches alternées ont une épaisseur de 3 à 7 m et une teneur en P_2O_5 de 3,5 % à 7 %, avec de la diatomite comme impureté.

Jusqu'à présent, neuf zones ont été explorées, dont deux ont été appelées zone I et zone II. La zone II étant plus riche et offrant des perspectives plus intéressantes, la Société Minero Peru a décidé de commencer l'extraction dans cette région. Cette décision se fonde surtout sur le fait que le rapport minéral/morts-terrains est plus favorable, ce qui réduira le coût de l'extraction pendant les premières années de l'exploitation. C'est pourquoi, on a procédé dans ces zones à des sondages, prélèvements d'échantillons et analyses plus approfondis que dans les autres zones. Le phosphate naturel de Bayovar a fait l'objet d'une analyse détaillée, qui a permis d'établir la composition chimique indiquée ci-après^{18/} :

	<u>Pourcentage</u>
P_2O_5	16,64 (moyenne)
K	0,23 - 0,31
Ca	37 - 42
Mg	1,00 - 5,20
S	2,40 - 3,44
Na	2,99 - 5,52
Cl	2,63 - 5,43
Si	19,50 - 20,75
Al	0,11 - 1,36
Fe	0,40 - 0,71
F	5,00 - 6,80
Mn	0,003 - 0,009
Cr	0,00 - 0,0184
B	0,002 - 0,0010
Cu	0,0400 - 0,0660
Zn	0,47 - 0,67
Ba	0,35 - 0,68

^{18/} Source : Minero Peru.

On a effectué des essais en usine pilote. Le minerai enrichi aura la composition suivante^{19/} :

	<u>Pourcentage</u>
P ₂ O ₅	30,50
CaO	47,80
K ₂ O	0,10
SiO ₂	3,25
Al ₂ O ₃	0,85
Fe ₂ O ₃	0,63
F	2,91
CO ₂	3,25
Na ₂ O	1,74
MgO	0,76
Cl ₂	0,06
Perte au feu à 850°C	9,31
Matières organiques et autres	3,20

La zone II du gisement de Bayovar est située dans la partie occidentale de la grande dépression du gisement de Seohura. Son centre est à 45 km environ au sud-est de l'emplacement prévu pour le projet. Selon les caractéristiques géologiques, on distingue deux zones très nettes : la zone d'affleurement et la zone qui n'a pas subi d'érosion. La zone d'affleurement de forme allongée et orientée sud-est/nord-ouest, couvre une étendue de 10 km sur 2 km et représente 38 % de la superficie totale explorée de la zone II. Le secteur qui, du point de vue des conditions géologiques, se prête le mieux à l'extraction est constitué par la partie centrale et la partie allongée orientée vers le sud-est où l'on vient de faire des prospections intensives qui ont permis les constatations suivantes^{20/} :

19/ Ibid.

20/ Ibid.

Pli de terrain peu accentué, orienté sud-est nord-est, à pente maximale de 1,4 %.

Pente faible et lits presque uniformes orientés sud-est nord-est (inclinaison maximale 2,3 %).

Structure uniforme des diatomites argilo-tufacées contenant en moyenne 30 % de H₂O.

Fissures et cassures minces entraînant des déplacements de faible tension allant jusqu'à 0,3 m, avec des veines de gypse cristallisé qui constituent des passages par lesquels l'eau s'infiltré.

Les réserves ont été calculées suivant la méthode dite de la zone d'influence générale : superficie totale du secteur exploré, multipliée par l'épaisseur moyenne et par la densité spécifique.

Il est évident que la Société Minero Peru a réalisé un travail très sérieux sur la zone II du gisement de Sechura. En fait, le rapport concernant l'extraction dans cette zone est achevé, mais les travaux n'ont pas commencé faute de crédits. Comme on l'a dit plus haut, les essais réalisés à l'échelle pilote ont confirmé que le phosphate naturel de Sechura pouvait être enrichi de façon à donner un concentré sec dosant 30,5 % de P₂O₅. On prévoit que le projet d'extraction et d'enrichissement du minerai permettra de produire, au cours de la première phase, 880 000 tonnes par an de concentrés. Dans la seconde phase, la production annuelle devrait être de 2 millions de tonnes, mais cette phase n'en est qu'au stade de la planification; les études préalables de faisabilité n'ont même pas encore été établies. La Société Minero Peru envisage l'emploi de scrapers pour l'extraction au cours des trois premières années. De la quatrième année à la vingtième année de la période d'exploitation du projet, on utilisera des excavateurs. Le matériel d'appoint comprendra également des bulldozers, des tracteurs, des arroseuses, des pompes, des ateliers mobiles de graissage, des camions et des générateurs. Le coût de l'extraction à l'aide de scrapers est estimé à 5,24 dollars la tonne et celui de l'extraction par excavateurs à godets à 2,4 dollars la tonne. Lorsque l'exploitation se fera à pleine capacité, le produit fini devrait revenir à 12,32 dollars la tonne. Pour obtenir 880 000 tonnes par an de concentré, il faudra manipuler 6 millions de tonnes environ de phosphate naturel par an^{21/}. A 27 dollars la tonne de concentré, la rémunération du capital est estimée à 7 %; elle atteindra 11,4 % si le prix est fixé à 30 dollars la tonne.

21/ Ibid.

La Société Minero Peru négocie actuellement une association d'entreprises avec l'ENADIMSA, filiale de l'Institut national espagnol d'industrie, en vue de créer une usine d'engrais qui utiliserait les gisements de phosphate comme mines captives. Le projet d'extraction et d'enrichissement fournira 880 000 tonnes par an de concentrés, qui serviront à produire 450 000 tonnes par an de super-phosphate triple et 85 000 tonnes par an de phosphate diammonique principalement destinées à l'exportation. L'usine d'acide sulfurique, qui sera construite à Ilo, aura une capacité de 600 000 tonnes par an et fera partie du complexe. Les quantités nécessaires d'ammoniac seront fournies par Petro Peru. L'acide sulfurique de Ilo et le phosphate naturel permettront de produire 200 000 tonnes par an d'acide phosphorique à 54 % de P_2O_5 . L'ENADIMSA établit actuellement l'étude de faisabilité pour l'usine d'engrais, qui doit être terminée à la fin de 1977. La décision concernant les investissements sera prise ensuite.

Si les négociations concernant un accord d'association entre Minero Peru et l'ENADIMSA sont bien avancées, l'approbation des pouvoirs publics reste à obtenir. Il semble cependant que le gouvernement ait donné son accord de principe à la proposition. L'ENADIMSA doit prendre une participation au capital, assumer toutes les dépenses d'investissements préalables et se charger de l'élément devises étrangères du projet. Une fois le projet approuvé, une nouvelle société (Empresa Minera Especial) sera créée avec la participation de l'ENADIMSA et de Minero Peru^{22/}.

D'après les estimations préliminaires, le projet "phosphate naturel" devrait coûter 92 958 000 dollars. Le coût de l'usine d'engrais est estimé à 114 millions 290 000 dollars et celui de l'usine d'acide sulfurique à 56 millions 243 000 dollars, soit un total de 263 millions 700 000 dollars, auquel s'ajoutent des dépenses de refinancement s'élevant à 9 millions 381 000 dollars. Le coût total du projet peut donc être estimé à 273 millions 081 000 dollars. Sur ce montant, l'équivalent de 93 millions 161 000 dollars sera versé en devises étrangères et le reste, soit 170 millions 539 000 dollars plus 9 millions 381 000 dollars, en monnaie locale. D'après les renseignements recueillis jusqu'à présent, le projet devrait être achevé au 1er janvier 1981^{23/}.

^{22/} Ibid.

^{23/} Ibid.

Les dépenses en monnaie locale seront à la charge de Minero Peru et de la Corporacion Financiera de Desarrollo (COFIDE), qui est la société nationale de financement. Au Pérou, les études, les programmes et l'évaluation concernant tous les investissements publics sont entrepris par l'intermédiaire de l'Institut national de planification. Les coûts prévus pour le projet, même s'il ne s'agit que d'estimations provisoires, semblent être un peu faibles. Le montant indiqué augmentera probablement si le calendrier des travaux n'est pas respecté. Etant donné leur état actuel d'avancement, la date fixée pour leur achèvement, à savoir le 1er janvier 1981, semble optimiste. La mise en place de l'infrastructure nécessaire demandera à la fois de l'argent et du temps, notamment en ce qui concerne l'eau pour le traitement et l'usine ou pour les installations portuaires. La réalisation complète du projet devrait s'échelonner sur cinq ans, les travaux étant répartis comme suit : les deux premières années seraient consacrées à la partie "extraction et enrichissement du phosphate naturel" et les trois années suivantes à la création de l'usine d'acide sulfurique et de l'usine d'engrais. La production de phosphate naturel devrait commencer au cours de la troisième année et celle des engrais au cours de la sixième. D'après les estimations, la durée de vie du projet serait de 20 ans. Ainsi qu'on l'a indiqué plus haut, la date prévue pour la mise en fonctionnement du projet intégré est le 1er janvier 1981. La structure financière du projet apparaît dans le tableau 4 ci-après^{24/}.

Tableau 4. Structure financière du projet

Poste	Dépenses (en milliers de dollars des Etats-Unis)		
	Monnaie nationale	Devises étrangères	Total
Achats et construction	116 969	75 772	192 741
Ingénierie et administration	16 575	6 572	23 147
Capitaux consacrés à la recherche	22 220	980	23 200
Intérêts pour la période précédant la mise en service	14 775	9 837	24 612
	<u>170 539</u>	<u>93 161</u>	<u>263 700</u>
Refinancement			<u>9 381</u>
			273 081

^{24/} Ibid.

Le tableau 5 ci-après^{25/} donne la ventilation des dépenses pour le projet "phosphate naturel".

Tableau 5. Ventilation des dépenses

Poste	Dépenses (en milliers de dollars des Etats-Unis)		
	Monnaie nationale	Devises étrangères	Total
Opérations préalables à l'extraction	846	1 042	1 891
Extraction	340	5 851	6 191
Usine	1 900	8 300	10 200
Eau de mer	2 912	6 558	9 470
Eau douce	227	100	327
Energie	1 646	1 776	3 423
Ateliers et magasins	2 796	1 004	3 800
Logements	1 021	-	1 021
Routes	3 059	-	3 059
Installations portuaires	8 944	1 752	10 696
Ingénierie et administration	8 645	1 966	10 611
Dépenses imprévues	3 780	2 540	6 320
Fonds de roulement	5 400	980	6 380
Intérêts pour la période précédant la mise en service	1 993	2 127	4 120
Investissements	4 857	148	5 000
Total	58 819	34 139	92 958

Les expériences réalisées sur le terrain par certains organismes de recherche et notamment par l'Institut agronomique de Lima ont donné des résultats encourageants en ce qui concerne l'application directe de phosphate naturel concentré (à 30,5 % de P_2O_5) sur les sols acides des hautes terres de la région centrale et septentrionale du Pérou. Les quantités appliquées allaient de 150 à 400 kg par hectare^{26/}. Le programme d'application directe a dû être abandonné faute de crédits.

^{25/} Ibid.

^{26/} Ibid.

La Société Minero Peru estime que 10 millions de soles environ devront être consacrés à d'autres recherches dans cette voie au cours des 18 prochains mois et qu'un nouveau montant de 150 millions de soles sera nécessaire pour que le programme puisse être appliqué avec succès. La difficulté d'accès aux zones d'extraction et les dépenses de personnel expliquent le coût élevé du programme, pour lequel aucun crédit n'est prévu dans le plan actuel de développement du pays.

La demande d'engrais phosphatés au Pérou est faible et il est vraisemblable qu'elle n'augmentera pas sensiblement à moins qu'une campagne de promotion dynamique soit entreprise. La demande de phosphate naturel est par conséquent modeste. La moyenne des importations au cours des cinq dernières années se situe aux environs de 30 000 tonnes, niveau auquel elle peut se maintenir pendant trois ans encore. Le tableau 6 ci-après donne des précisions sur la consommation, la production et l'importation de phosphate diammonique, de superphosphate triple et de superphosphate simple^{27/}.

Tableau 6. Statistiques récentes relatives au phosphate^{a/}

Année	Phosphate diammonique			Superphosphate triple			Superphosphate simple		
	Consom- mation	Impor- tation	Production nationale	Consom- mation	Impor- tation	Production nationale	Consom- mation	Impor- tation	Production nationale
1975	6,2	36,7	-	4,2	12,4	-	7,7	-	6,3
1976	17,1	-	-	7,2	-	-	7,5	-	9,9
1977	19,0	2,5	-	10,0	12,0	-	10,0	-	8,5
(estimations)									

a/ En milliers de tonnes.

La consommation, en termes de P_2O_5 , devrait atteindre 14 492 tonnes en 1978, 16 165 tonnes en 1979 et 17 941 tonnes en 1980, d'après les projections actuelles^{28/}. L'usine de superphosphate simple de la INDUS fonctionne très au-dessous de sa capacité. La consommation d'engrais phosphatés n'a pas augmenté au cours de ces dernières années et ce pour plusieurs raisons, notamment l'absence d'une campagne de promotion, l'existence de goulots d'étranglement dans la distribution, les prix élevés des engrais, et la préférence marquée des agriculteurs pour les engrais azotés. A moins que des mesures immédiates ne soient prises en vue d'accroître l'emploi des engrais phosphatés au Pérou, la quasi totalité de la future production d'engrais devra être exportée.

^{27/} Source : ENCI.

^{28/} Ibid.

L'extraction à ciel ouvert du gisement de Sechura peut être entreprise dès maintenant, mais les travaux n'ont pas commencé, faute de crédits. C'est peut-être la raison pour laquelle on cherche à établir avec l'ENADISMA une association d'entreprises qui permettrait de réunir les capitaux nécessaires et notamment les devises étrangères qui interviennent pour plus de 60 % dans le coût du projet. Le Pérou ne fabriquant pas de matériel de terrassement, celui-ci devra être importé en totalité. Les résultats des entretiens qui ont eu lieu avec les autorités compétentes ne nous permettent pas d'affirmer que l'ENADISMA s'est engagée à assurer la commercialisation des produits finis. Le marché d'exportation des engrais est un marché difficile, qui doit être surveillé attentivement. C'est dans ce contexte qu'il faut étudier avec soin la possibilité de ne produire que des concentrés pendant la première phase. Les recettes en devises provenant de la vente des phosphates naturels pourraient couvrir en partie les dépenses entraînées par la mise en oeuvre de la deuxième phase du projet. Sur ce point c'est au Gouvernement péruvien qu'il appartient de prendre la décision.

F. République-Unie de Tanzanie

Le gisement de phosphate naturel de Minjingu a été découvert en 1958 par la Société New Consolidated Gold Fields d'Afrique du Sud, qui a estimé les réserves à 5 millions de tonnes pour le minerai dur et 4,8 millions de tonnes pour le minerai tendre, la teneur moyenne en P_2O_5 étant respectivement de 21,4 % et 18,5 %. Par la suite, plusieurs organismes, dont la société allemande Klockner Industries Anlagar GmbH, le Japan Consulting Institute et la Société Geomin de Roumanie, ont exploré le gisement. La Société Klockner, qui a effectué des travaux détaillés de recherches géologiques et autres, a donné des estimations plus prudentes que celles de la New Consolidated Gold Fields; d'après elle, le gisement de Minjingu contient 3 millions de tonnes de minerai tendre et 1,3 million de tonnes de minerai dur, soit une réserve totale de 4 338 millions de tonnes. Toutes les études s'accordent pour reconnaître que le gisement de Minjingu justifierait une exploitation commerciale.

Selon la Société Klockner, la Tanzanie possède les gisements de phosphate naturel suivants^{29/}.

Gisements d'origine volcanique (apatite) : Zizi à Big Ruha River, et gisements de carbonatite de Sengeri et Ngulla.

Guano récent (hydro-collophane) : Sakamnera (à l'ouest de Mbeya), Amboni dans la région de Tanga, île de Lathan (calcaire carbonneux à faible teneur en phosphate).

Phosphate calcaire sédimentaire de guano fossile : Monts Pyramides (à l'ouest du lac Burundi), Minjingu-Kopji (à l'est du lac Manyara).

Les gisements d'origine volcanique et de guano récent sont sans intérêt en raison des réserves limitées et de la faible teneur en P_2O_5 (moins de 10 %). Dans les Monts Pyramides, les horizons de phosphate sont limités à une mince bordure de 20 à 25 mètres. Bien que leur teneur en P_2O_5 soit par endroits élevée, l'exploitation de ces gisements n'est pas rentable car les lits s'amincissent rapidement.

^{29/} Source : rapport de la Société Klockner.

Le seul gisement qui présente un intérêt économique est celui de Minjingu. Le phosphate naturel de Minjingu provient de récents sédiments argileux bordant un large affleurement. Le gisement, dont les coordonnées sont 35°55' Est et 3°43' Sud, se trouve à environ 5,5 km à l'est du lac Manyara, dans la région d'Arasha qui est la grande ville la plus proche (100 km au nord-est par la route). Le gisement est à 100 km à l'ouest de la route principale reliant Arasha à Dodoma. La gare et l'aéroport les plus proches sont ceux de Arasha. La seule usine d'engrais en service en Tanzanie se trouve à Tanga, port maritime distant de 420 km environ du gisement.

La largeur du gisement est de 800 m (orientation ONO-ESE) et sa longueur de 700 m (orientation ENE-OSO). Au pied de Minjingu s'étend l'ancien fond du lac Manyara, qui était beaucoup plus large à l'époque préhistorique et forme, avec ses gisements argileux, une vaste savane. Minjingu se détache tel une île de la zone qui l'entoure. L'aspect général est celui d'un plateau qui descend lentement, comme en terrasses, vers l'ouest. Une terrasse de tracé net et d'une hauteur de près de 2 m se trouve à l'ouest du gisement.

Le climat de la région de Minjingu est tropical. Les températures vont de 32°C (maximum) à 14°C (minimum), la moyenne annuelle étant d'environ 32°C. Les précipitations annuelles varient entre 400-600 mm (maximum) et 250-500 mm (minimum). La saison des pluies dure de décembre à avril. On compte en moyenne 54 jours de pluie par an. Néanmoins, l'approvisionnement en eau de la région minière est insuffisant.

Les résultats des études faites par la Société Klockner en septembre 1970 sont reproduits ci-après^{30/}.

<u>Localisation</u>	<u>Réserves</u> (en tonnes)	
<u>Zone nord</u>		
Minerai tendre	1 730 060	
Minerai dur	188 350	
<u>Zone sud</u>		
Minerai tendre	1 326 080	
Minerai dur	1 093 690	
<u>Total</u>		
Minerai tendre	3 056 140	} 18-20% P ₂ O ₅
Minerai dur	1 282 040	
	4 338 180	

^{30/} Source : Rapport de la Société Klockner sur Minjingu.

Le phosphate constitue une formation de substitution dans les sédiments lacustres reposant sur une base de gneiss et de schiste. Le sol présente une alternance de lits ayant en moyenne 2 m d'épaisseur. Les lits de phosphate se trouvent à une profondeur moyenne de 6 m. Le terrain au-dessus du gisement est dégagé et ne pose pas de problème en ce qui concerne l'évacuation des déchets, le chargement du minerai et l'implantation d'une installation de traitement. D'après les calculs de la Geomin il faudra, pour extraire tout le minerai du gisement, déplacer 1 067 100 tonnes de déblais de mine et de morts-terrains. Pour les lits de phosphate le volume des morts-terrains est de 0,251 m³/t de minerai dans la zone nord et de 0,020 m³/t de minerai dans la zone sud. On considère que la densité est de 2,0 t/m³ pour le minerai tant dur que tendre. Les travaux d'extraction laisseront intacte la nappe phréatique^{31/}. On pourrait trouver d'autres gisements de minerai en étendant la prospection vers le nord-est et le sud.

L'analyse du gisement de Minjingu en a donné la composition chimique suivante^{32/} :

<u>Minerai tendre</u>	<u>Pourcentage</u>
Phosphate de calcium	70
Carbonates (dolomie et calcite)	10
Quartz et silice colloïdale	5-7
Feldspath	3-5
Minerais argileux	7
Biotite, muscovite, amphiboles, pyroxènes, limonite, etc.	faibles quantités
<u>Minerai dur</u>	
Phosphate de calcium	75-80
Quartz et feldspath	15-20
Limonite, minerais argileux et apatite	faibles quantités (moins de 20 %)

Les constituants du minerai non traité (analyse par diffraction des rayons X) sont, par ordre décroissant d'importance, la calcite, le quartz, l'apatite, la dolomite et le feldspath. L'examen au microscope

^{31/} Projet général concernant le gisement de Minjingu, novembre 1974, Geomin, Roumanie.

^{32/} Source : rapport de la Geomin.

a décelé entre autres la présence d'apatite, de calcite, de quartz, de dolomite, de séricite, etc. L'analyse spectrale d'ensemble des minerais tendres mélangés est donnée ci-après :

<u>Quantité</u> (en pourcentage du poids)	<u>Eléments</u>
10-100	Phosphore, silice, calcium
1- 10	Magnésium, fer
0,1- 1	Aluminium, titane, sodium, potassium, strontium, baryum
0,01- 0,1	Manganèse, vanadium, yttrium
0,001-0,01	Cuivre, chrome, lanthanum
traces	Zirconium, nickel, béryllium, ytterbium.

Divers organismes (New Consolidated Gold Fields, Japan Consulting Institute, Société Klockner, Société Geomin, etc.) ont fait des essais de traitement sur les minerais de Minjingu. Des essais ont également été effectués par les laboratoires de la Division des ressources minérales de Dodoma, par la Tanzania Fertilizer Company Ltd et par une grande société exploitant les gisements de phosphate en Floride (Etats-Unis). Dans son rapport de 1974^{33/} la Geomin a confirmé la possibilité d'obtenir un concentré dosant plus de 30 % de P_2O_5 par simple broyage et criblage. Ce procédé doit également être appliqué au minerai dur, le produit étant destiné à l'application directe, comme il est recommandé dans le rapport de l'ISEC. Le séchage à l'air étant insuffisant, notamment pour l'hiver et la saison des pluies, la Geomin a recommandé le séchage artificiel au séchoir rotatif. Ce procédé permet d'obtenir un concentré dosant 31,4 % de P_2O_5 et ayant une teneur en humidité de 4 %. Le pourcentage de récupération de P_2O_5 est de 64,1 % et le pourcentage de récupération par rapport au poids du minerai tout-venant est de 56 %. Pour le minerai dur ce dernier chiffre est de 20,4 % et le produit final contient 27,71 % de P_2O_5 , 30,45 % de CaO , 19,28 % de SiO_2 et 4,30 % de Al_2O_3 . L'exploitation à ciel ouvert se ferait au moyen de petits excavateurs, camions à bascule, bulldozers, tracto-chargeurs, forets de 100 mm de diamètre, etc.

^{33/} Source : Rapport de la Geomin, 1974, communiqué par la STAMICO.

Le concentré serait transporté par camions de 25 tonnes jusqu'à la gare d'Arasha et de là par voie ferrée jusqu'à Tanga. Il n'est pas recommandé de mode particulier de transport pour le produit destiné à l'application directe, qui est expédié dans plusieurs directions. En ce qui concerne l'infrastructure, l'approvisionnement en eau et en énergie posera un problème. La ligne de transport de force la plus proche est à Arasha. Il faudra prévoir des groupes électrogènes à diesel sur place. L'eau devra être amenée de loin car tous les trous de sonde pratiqués à proximité du gisement n'ont abouti qu'à de l'eau de saline.

Selon les estimations de la Geomin, le coût du projet s'élèverait à 7 600 000 dollars (1974), le coût de production serait de 36,75 \$/t pour les concentrés de minerai tendre et de 30 \$/t pour le minerai dur. Compte tenu d'une marge bénéficiaire de 10 %, le prix de vente en Tanzanie pourrait être de 39,70 et de 32,40 \$ respectivement. Pour obtenir 100 000 t/an de concentrés de minerai tendre, il faudra 200 000 t/an de minerai brut; pour le même volume de production la quantité de minerai dur à extraire sera de 120 000 t/an. La durée de vie du gisement sera donc de 15 ans pour le minerai tendre et de 10 ans pour le minerai dur. Compte tenu de l'importance modeste du gisement, de son éloignement de Tanga, de l'insuffisance de la sélectivité et de la très forte consommation de réactifs pour l'exploitation du matériau insuffisamment broyé, et du fait qu'on ne trouve à Minjingu que de l'eau de saline, la Société Klockner a proposé les quatres formules d'exploitation ci-après^{34/}.

1. Extraction de minerai dur et de minerai tendre et utilisation des deux types de minerais dans un rapport proportionnel à leur importance respective dans le gisement, étant entendu que leur traitement, leur transport et leur dessalement seront effectués séparément.
2. Extraction du seul minerai tendre, le minerai dur étant considéré comme morts-terrains et stocké séparément à proximité de l'installation de traitement, dans une seconde phase, agrandissement de certaines parties de l'usine, adjonction d'une installation de flottation et traitement du minerai dur stocké.

^{34/} Source : rapport de la Société Klockner.

3. Extraction du minerai tendre dans la partie nord du gisement, le minerai dur étant retiré comme morts-terrains; l'extraction du minerai de la partie sud du gisement ne serait pas rentable car la couche de minerai dur y est trop épaisse; compte tenu de la capacité d'extraction exigée par l'usine de Tanga, la durée de vie du projet serait très courte (trois ou quatre ans).

4. Extraction du minerai tendre dans la partie nord du gisement, mais à une capacité adaptée à l'importance des réserves, par exemple 50 000 tonnes par an, pour que soit assurée une durée de vie maximum de 10 ans; dans ce cas le minerai serait utilisé par l'usine d'engrais conjointement avec du minerai importé.

Etant donné la structure du gisement, ces diverses formules méritent un examen attentif. Dans la partie nord du gisement, le minerai tendre est recouvert par du minerai dur et la couche qui les sépare est formée par de l'argile marneuse. Dans la partie sud du gisement, la situation n'est pas aussi simple car les minerais dur et tendre sont probablement trop entremêlés pour qu'on puisse les séparer. La Société Klockner a conclu que la quatrième formule serait la plus réalisable du fait que les conditions de commercialisation du minerai de Minjingu s'améliorent et que l'investissement initial nécessaire est relativement modeste.

En ce qui concerne l'application directe du minerai dur, le Centre de recherche agricole de Mlingano fait actuellement des essais sur le terrain et devrait prochainement présenter un rapport. Des essais analogues, effectués par la station de recherche agricole de Ukiriguru au début des années 60, ont donné des résultats encourageants.

La STAMICO a fait savoir à l'expert qu'elle avait terminé l'étude de faisabilité sur l'extraction et l'enrichissement du minerai de Minjingu et que la décision d'investir sera probablement prise dans les trois prochains mois. L'expert n'a pu obtenir de renseignements sur les grandes lignes du projet. Selon une estimation provisoire, le coût du projet s'élèverait à 9 millions de dollars environ, dont 70 à 80 % en devises^{35/}. Tout le matériel devra être importé. La STAMICO évalue actuellement les propositions (du type "contrat clefs en main") que lui ont envoyées divers fournisseurs d'équipement. Il n'a pas été lancé d'appel d'offres. L'enrichissement ne portera que sur le minerai tendre.

^{35/} Source : STAMICO.

Pour le minerai dur, dont l'enrichissement nécessiterait des opérations assez coûteuses de broyage et de flottation, la STAMICO prévoit un simple broyage et filtrage et l'emploi par application directe comme engrais à faible teneur. La capacité envisagée est d'environ 120 000 tonnes par an de concentrés obtenus à partir de 200 000 tonnes/an de minerai brut; elle correspond à la demande de l'usine de Tanga fonctionnant à pleine capacité. L'eau douce souterraine devra être amenée par canalisations depuis un point situé à 10 km environ.

Se fondant sur les projections de l'offre et de la demande, la NIDC a conclu qu'il existait déjà en Tanzanie une capacité excédentaire, et ce, même s'il est tenu compte des projections de la demande de P_2O_5 pour 1983. Elle a donc exclu l'installation de capacités supplémentaires de production de P_2O_5 . Le tableau ci-après présente l'évolution de la consommation d'engrais azotés (N), phosphatés (P) et potassique (K) en t/an^{36/}.

<u>Année</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Total</u>
1963	1 937	600	1 097	3 634
1968	5 150	3 753	2 325	11 228
1973	11 403	6 184	3 905	21 492

Compte tenu des divers facteurs pertinents, la NIDC a établi les projections ci-après en ce qui concerne la demande probable d'engrais en Tanzanie d'ici à 1983.

<u>Année</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Total</u>
1978	25 680	11 232	8 348	45 260
1983	45 642	18 334	13 602	77 578

Pour l'offre, les chiffres correspondants sont les suivants :

<u>Année</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Total</u>
1978	10 827	28 834	6 375	46 036
1983	11 457	29 098	6 375	46 930

^{36/} Source : rapport sur le plan général pour la production et l'utilisation des engrais de Tanzanie, 1974, NIDC.

Les projections concernant l'offre ont été établies compte tenu du programme d'expansion de l'usine de Tanga, qui prévoit d'ajouter 4 200 tonnes d'azote à la capacité actuelle qui est de 8 530 t/an de N, 30 570 t/an de P_2O_5 et 7 084 t/an de K_2O . Dans son rapport, la NIDC propose diverses mesures telles que recherches orientées vers les besoins des cultivateurs; développement des réseaux d'irrigation, amélioration des services de vulgarisation, facilités de crédit, politique des prix pragmatique, développement intégré de l'agriculture etc., afin d'augmenter le taux de croissance de la consommation d'engrais. Même d'après les estimations les plus optimistes, la NIDC considère qu'en Tanzanie la capacité de P_2O_5 sera plus élevée que la demande jusqu'en 1983. Faute de données suffisantes, le rapport ne traite pas des possibilités d'exportation des engrais phosphatés. On y trouve cependant une mise en garde à l'encontre des exportations, qui est fondée sur le caractère imprévisible de l'évolution du marché.

G. Sri Lanka

La découverte du complexe de carbonatite d'Eppawala, dans le nord-ouest du pays, a placé Sri Lanka au nombre des détenteurs mondiaux de gisements de phosphate commercialement exploitables. L'association presque constante apatite-complexe de carbonatite a conduit les géologues à considérer ce dernier comme une des principales sources d'apatite. Mis à part les énormes complexes de la péninsule de Kola en Union des Républiques socialistes soviétiques, de Jacupiranga au Brésil et de Palbowra en Afrique du Sud, on ne connaît guère de complexes de carbonatite aussi riches en phosphate que celui d'Eppawala.

Le gisement d'Eppawala est situé au sud-ouest d'Amuradhapur, ville du nord-ouest de Sri Lanka, à 200 km environ de Colombo. La gare la plus proche, Talawa, à une quinzaine de kilomètres du gisement, est reliée au réseau ferroviaire national par la voie normale du nord. De la ville d'Eppawala, on accède au gisement par une route d'intérêt secondaire qui suit la lisière orientale du complexe de carbonate. Une ligne à haute tension assure l'approvisionnement de la ville en électricité. La zone où se trouve le gisement fait partie du périmètre couvert par le projet relatif à la mise en valeur du bassin du Mahaweli Ganga (phase II) et de doit constituer une zone de peuplement une fois ce projet achevé. Fort heureusement, il a par la suite été décidé de la réserver à l'exploitation minière. Il n'y a pas de cours d'eau permanent dans la région d'Eppawala. Il est prévu qu'un important canal d'irrigation traverse la zone du gisement et un réservoir devrait être installé au moment du démarrage de l'exploitation. Ce canal constituera la principale source d'approvisionnement en eau de la zone, qui est située dans la région sèche de Sri Lanka où la moyenne des précipitations atmosphériques annuelles est de 1 229 mm. La saison des pluies dure d'octobre à janvier mais les averses sont surtout abondantes à l'époque des cyclones d'automne. La température moyenne est de 27° et la période d'avril à octobre est la plus chaude de l'année. La région est principalement boisée de teak. La partie méridionale du gisement correspond à une zone de culture des cocotiers, qui est habitée. Il est possible de se procurer de la main-d'oeuvre dans la région, notamment à Eppawala et dans les villages voisins. Toutefois, cette main-d'oeuvre est saisonnière car les colons sont en majorité des agriculteurs de type traditionnel qui cultivent leurs terres pendant les saisons de Yala et de Maha. Il faudra donc faire appel à de la main-d'oeuvre spécialisée extérieure pour l'extraction, l'exploitation à la mine ou le travail en usine.

Les masses de carbonatite d'Eppawala, composées de plusieurs corps bas, de forme ovale, orientés nord-sud, affleurent sur un relief par ailleurs assez peu vallonné. Du point de vue géologique, ces masses de carbonatite recouvrent une assise précambrienne métamorphique de gneiss à hornblende, de granite gneissique et de charnockite. Les corps carbonatés comprennent essentiellement du calcaire cristallin, avec adjonction d'apatite et de magnésite, des blocs de latérite mélangée d'apatite et une zone de lessivage, en fer de lance, contenant des xenolites d'apatite. Les affleurements de carbonates frais composés de calcaire cristallin, n'ont été repérés que dans quelques parties de la région nord du complexe; en revanche ils sont bien exposés le long de l'allongement méridional.

Les blocs de latérite à cristaux d'apatite insérés dans une matrice de matière crayeuse/concrétionnaire brun/blanchâtre se présentent sous forme de talus d'éboulis. La zone de lessivage à apatite, qui est similaire aux blocs latéritiques, est très apparente dans les affleurements situés au nord du gisement et atteint une profondeur moyenne de 60 mètres (à partir du point culminant). L'apatite y est concentrée de façon irrégulière et constitue parfois 70 à 80 % de la roche.

Le contact entre les blocs de carbonatite et l'assise rocheuse n'est pas apparent. On s'interroge sur la genèse de ces blocs : sont-ils le résultat d'une cristallisation magnétique ou représentent-ils des masses de carbonates mobilisées, injectées lors de mouvements orogéniques. Du point de vue minéralogique, les massifs de carbonates de la région d'Eppawala sont d'un grand intérêt. En se basant sur les mesures des dimensions des cellules, on a pu identifier deux types de phosphates de calcium : une variété d'apatite intermédiaire entre la chlorapatite et la fluorapatite d'une part et la francolite d'autre part. Le premier type est un composant spécifique de la carbonatite fraîche, tandis que le second représente la substance concrétionnaire blanche très apparente dans la zone de lessivage. Outre la francolite, on a trouvé de la goethite, du rutile et de la martite dans la gangue qui cimente les cristaux, très nettement formés, d'apatite primaire.

L'importance respective des divers constituants est variable, comme l'a montré l'analyse chimique entreprise sur la carbonatite fraîche d'Eppawala et dans les zones de lessivage, dont les résultats sont indiqués ci-après^{37/}.

	<u>Eppawala</u> (5 analyses)	<u>Zone de lessivage</u> <u>riche en apatite</u>
SiO ₂	0,58 - 1,67	0,21 - 0,97
TiO ₂	Traces	0,14 - 1,20
Al ₂ O ₃	0,01 - 0,04	1,10 - 2,56
Fe ₂ O ₃	0,53 - 1,71	2,27 - 6,15
FeO	-	0,09 - 1,77
MgO	3,93 - 8,29	0,10 - 0,26
CaO	44,36 - 49,46	47,90 - 53,03
Na ₂ O	-	-
K ₂ O	-	-
P ₂ O ₅	Traces (5,97)	31,10 - 37,30
CO ₂		
H ₂ O		
S	Perte au feu	1,79 - 4,50
F	(38,85 - 43,49)	
Cl		

L'analyse chimique de trois roches de lessivage à apatite, qui proviennent du complexe de carbonatite d'Eppawala a donné les résultats suivants^{38/}.

^{37/} The Eppawala carbonatite complex, Geological Survey Department Economic Bulletin No 3.

^{38/} Analyses du Geological Survey Department, Colombo, Sri Lanka.

<u>Constituants</u>	<u>EP/1/P</u>	<u>EP/2/P</u>	<u>EP/3/P</u>
SiO ₂	0,50	0,30	0,60
Al ₂ O ₃	0,95	2,23	7,05
FeO	0,70	0,70	0,54
Fe ₂ O ₃	3,72	2,30	7,70
TiO ₂	0,78	0,78	0,60
P ₂ O ₅	36,60	36,04	33,00
CaO	52,30	51,60	43,63
MgO	0,20	0,23	0,29
SrO	0,66	0,65	0,60
BaO	0,13	0,26	0,62
Na ₂ O	0,09	0,08	0,19
K ₂ O	-	-	-
CO ₂	-	-	-
F	2,40	2,43	1,74
Cl	0,88	1,04	0,98
U ₂ O ₈	-	-	-
ThO ₂	0,02	0,03	0,01
H ₂ O	1,46	2,65	3,60
Total	101,39	101,32	101,15
Moins O pour F	1,01	1,10	0,86
Moins O pour Cl	0,21	0,24	0,22
Total	100,17	99,98	100,07

Le manteau de la zone de lessivage à apatite qui recouvre la carbonatite fraîche et dont la teneur en P₂O₅ varie entre 31,10 % et 37,30 % est un des plus riches dépôts de phosphate parmi tous les complexes connus de carbonatite.

Tous les travaux prévus au programme d'exploration exécuté par le Geological Survey Department de Sri Lanka visaient à établir des estimations réalistes sur les réserves de roches à apatite, principalement concentrées dans la partie supérieure de la zone de lessivage des masses vallonnées. Pour les besoins de l'enquête, les blocs ont été désignés par les lettres A, B, C, D, E, F et G, dans la partie septentrionale du gisement. La prospection a été effectuée par forage et creusement de tranchées. Une carte géologique agrandie à l'échelle 1 pouce pour 8 chains (environ 2,5 cm pour 160 m) a servi de carte de base. Au total, on compte 20 forages d'une longueur totale de 1 555 m. Les forages se poursuivent. La récupération des carottes a très souvent été décevante, ce qui est dû, pense-t-on, à la nature non consolidée de la zone de lessivage à apatite. Grâce au creusement de tranchées, on a pu estimer le volume de la roche à découvert dans la zone de lessivage à apatite. Le prélèvement d'échantillons a été effectué pour le premier des 20 forages, à une profondeur moyenne de 0,60 m. Les résultats indiquent des variations en dosage de P_2O_5 dans la zone de lessivage. La transition de cette zone à une zone contenant de la carbonatite fraîche semble cependant être très brutale. La zone de lessivage, riche en apatite, a été crevée dans la plupart des forages. Cependant, presque tous les forages, parce qu'ils ont été pratiqués à la limite de cette zone sont passés à côté de la carbonatite fraîche et ont atteint directement l'assise rocheuse du complexe. Le fait que les forages ont été effectués dans des pentes abruptes ou sur la crête de collines, où les sédiments ne sont pas consolidés, a compliqué l'appréciation de l'épaisseur réelle de la zone de lessivage contenant de l'apatite.

Les réserves prouvées du complexe de carbonatite d'Eppawala (minerai lixivié) atteignent au total 25 millions de tonnes, dont 23 230 000 tonnes proviennent des blocs B, C et D. Les réserves probables sont estimées à un million de tonnes pour le bloc A et à 16 millions de tonnes pour les blocs E, F et G. Le total des réserves - prouvées et probables - du secteur nord s'élève donc à 40 millions de tonnes. Après déduction de 15 millions de tonnes pour les vides et les déblais, les réserves de minerai lixivié à apatite pour le secteur nord s'établissent à 25 millions de tonnes^{39/}. La partie du gisement qui s'étend au sud de Yoda-Ela n'a pas encore fait l'objet d'une prospection approfondie. Le Geological Survey Department en estime les réserves à 15 millions de tonnes.

^{39/} Source : Geological Survey Department.

La teneur en P_2O_5 de la zone de lessivage à apatite, qui présente des variations verticales erratiques s'établit en moyenne à 33 %. La teneur en composés de formule générale R_2O_3 , bien que notablement faible dans la zone de lessivage riche en apatite où la teneur en P_2O_5 est élevée augmente dans la fraction argileuse meuble et non consolidée. Les roches à apatite ont une solubilité au citrate relativement faible, inférieure de 20 % environ à la valeur minimale recommandée pour l'application directe. Toutefois les recherches entreprises par divers organismes agricoles indiquent que le minerai d'apatite d'Eppawala broyé convient à des cultures de longue durée telles que theïer, hévéa et cocotier.

Les parties élevées de la zone de lessivage contenant de l'apatite sont couvertes par des morts-terrains de trois mètres d'épaisseur. Le complexe de carbonatite du secteur nord d'Eppawala comprend six blocs saillants ayant un relief général de 45 à 60 m, qui se prête à l'extraction à ciel ouvert. La nappe phréatique qui se trouve à 15 m environ du fond de la vallée n'affectera probablement pas l'extraction et ne devrait pas poser de problèmes en ce qui concerne l'assèchement après la mise en route de l'extraction. En fait, cette dernière opération a déjà commencé, à petite échelle. Près de 1 300 tonnes de minerai riche en apatite ont été extraites à ciel ouvert à Eppawala en 1973. Au cours des deux années suivantes, la production a atteint 6 000 à 7 000 tonnes par an. L'extraction a dû être interrompue en 1976, en raison de l'importance des stocks accumulés au cours des deux années précédentes. La production pour l'année en cours est fixée à 13 500 tonnes. La mine emploie un peu plus de 300 personnes. On utilise des marteaux piqueurs pour perforer le roc, et le phosphate extrait est évacué à la main. Les morceaux trop gros sont également brisés à la main avec des marteaux. Le transport vers les broyeurs s'opère au moyen de remorques attelées à un tracteur. Le projet, qui relève du Conseil du développement du district de Anuradhapur met l'accent sur la création d'emplois. Le phosphate broyé est livré à la Fertilizer Corporation pour commercialisation. La production pourrait être augmentée rapidement si l'on mécanisait dès à présent certaines

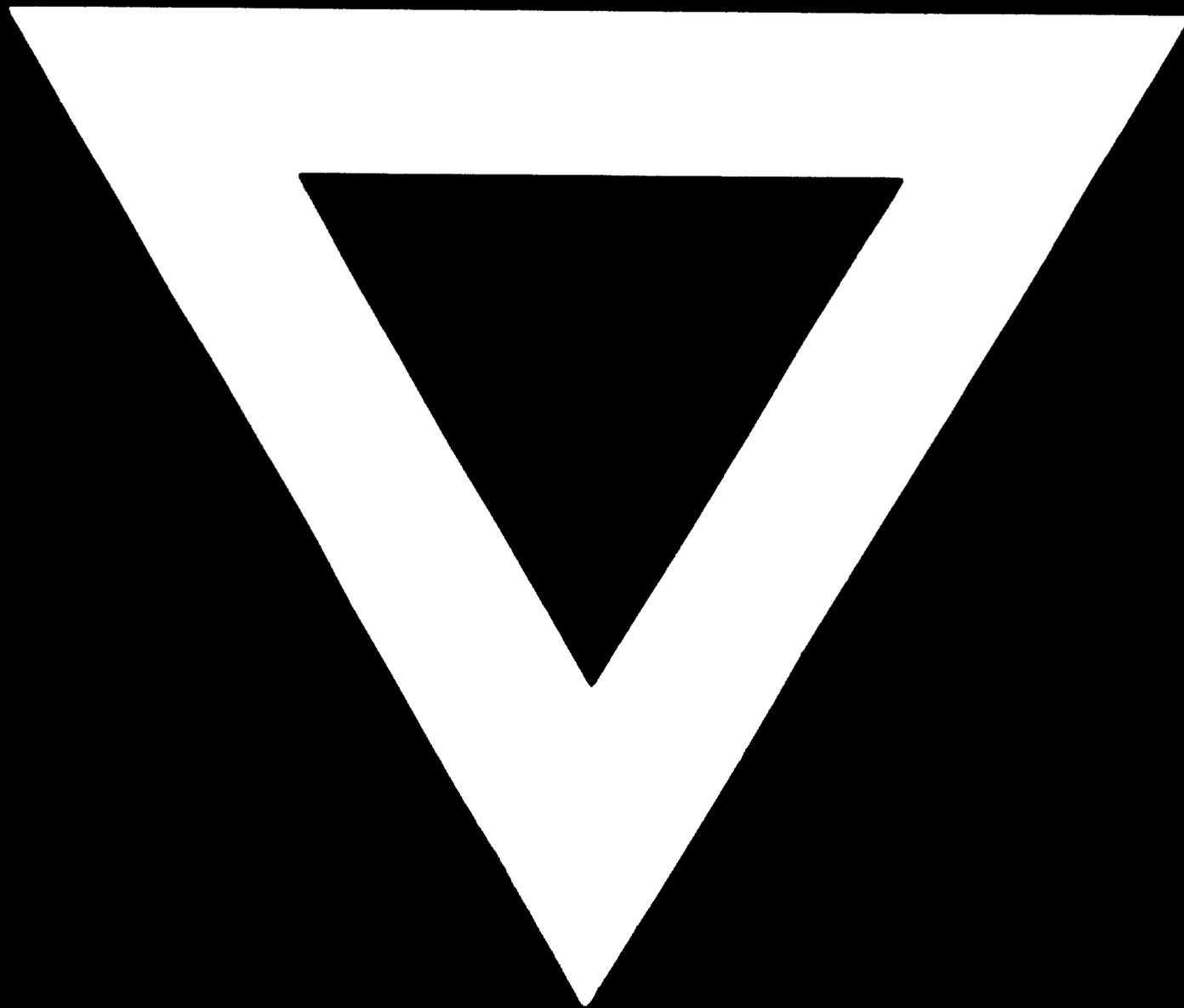
opérations. On suppose que les produits sont destinés à des exploitations agricoles; la prochaine mesure devra donc porter sur l'augmentation de la capacité de broyage. Il faudra également améliorer l'utilisation de la capacité des broyeurs déjà en service et installer de nouveaux broyeurs à boulets pour faire face à l'accroissement de la production. On pourrait réduire considérablement les dépenses en devises consacrées à l'importation de phosphate naturel, en prenant rapidement des mesures pour accroître au maximum la production et augmenter la capacité de broyage, à la fois par la rationalisation de l'utilisation de la capacité existante et par la création de nouvelles capacités.

Le minerai tiré des roches à apatite lixiviées devra être enrichi avant de pouvoir servir à la fabrication du superphosphate. Les principaux constituants de sa gangue sont Fe_2O_3 et Al_2O_3 . La teneur en chlorure des roches à apatite d'Eppawala est également plus élevée que la limite tolérée, ce qui posera de sérieux problèmes de corrosion pour le matériel de l'usine. Le fluor qui est présent à haute dose dans les roches à apatite d'Eppawala pourrait être extrait par calcination pratiquée à haute température en présence de silice et de vapeur. Le produit soluble au citrate constituera une source intéressante de phosphore pour les plantes des sols acides qui reçoivent de fortes précipitations. Une autre méthode de défluoration consisterait à fritter le phosphate naturel finement broyé, en présence de carbonate de sodium et de silice, dans un four rotatif à très haute température.

On a également envisagé la possibilité de fabriquer du phosphate de magnésium fondu à partir du minerai d'Eppawala avec de la serpentine ou de la dolomite. Il semble que les gisements de dolomite de Sri Lanka soient de nature très diverse avec des dosages d'oxyde de magnésium allant de 4 à 21 %. Le Geological Survey Department a signalé des gisements de serpentine (silicate de magnésium) dans diverses régions du pays. Des recherches entreprises récemment ont révélé l'existence à Minigalpalessa, dans la région de Udawalawe, de gisements de serpentine de bonne qualité (environ 33 % de MgO) répartis sur une superficie de 100 hectares. On ne peut actuellement faire aucun commentaire sur ces derniers points, les résultats des travaux n'ayant pas été communiqués à l'expert. De toute façon, il faudra approfondir la question de la technique d'enrichissement avant de pouvoir présenter des conclusions précises sur les avantages respectifs des divers procédés. Cette question doit être étudiée sans tarder.



C-723



79.01.16