



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

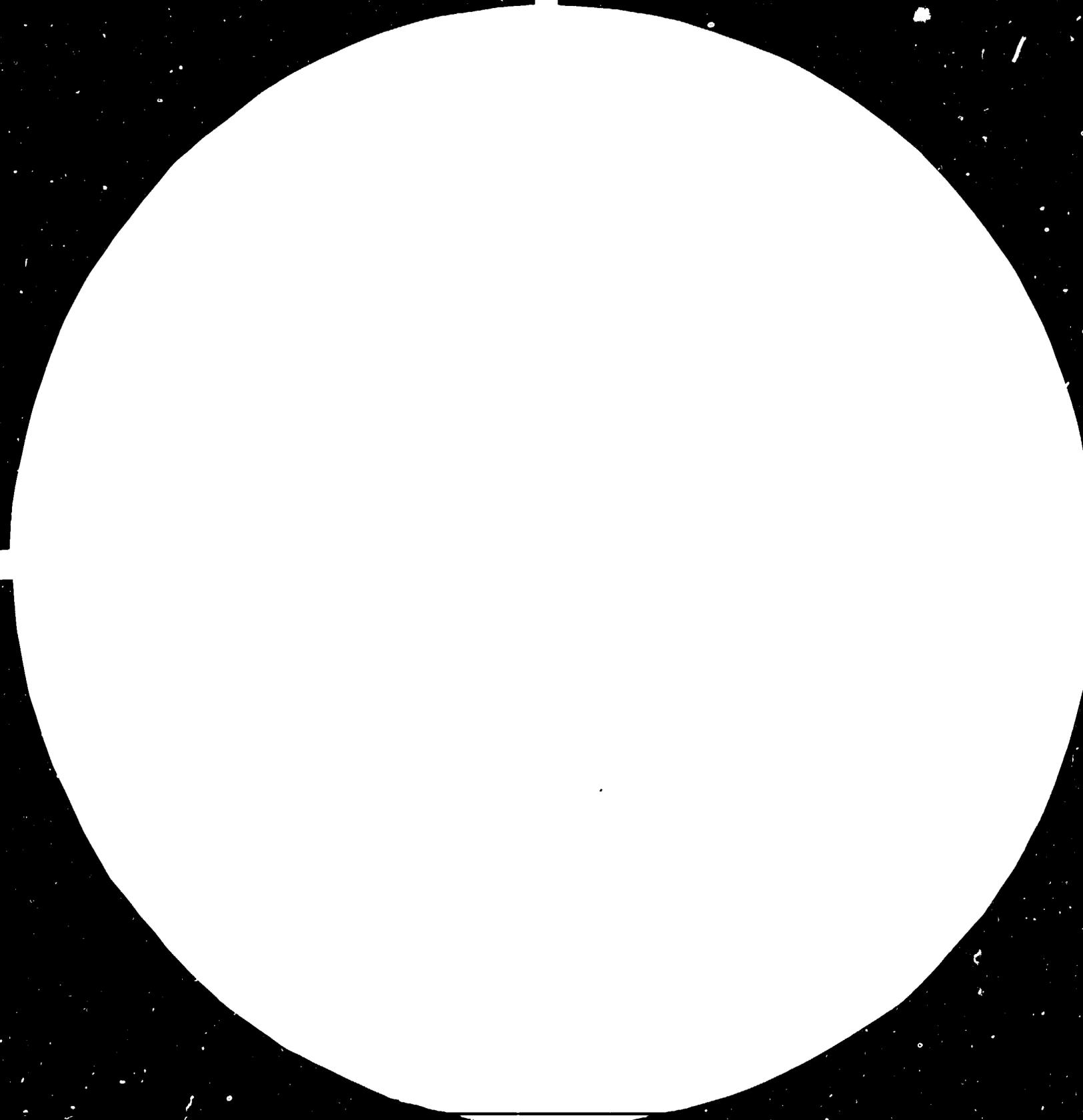
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

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

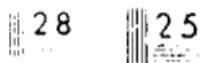




3.2

3.6

4



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1908A
APR 1963 (E) TEST CHART #1-21



12987-F



Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Distr. LIMITEE

ID/WG.406/1
17 octobre 1983

FRANCAIS
Original : ANGLAIS

Quatrième Consultation
sur l'industrie des engrais
New Delhi (Inde), 23-27 janvier 1984

DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET
COUTS DE PRODUCTION DES ENGRAIS*

Document rédigé par

William F. Sheldrick
Conseiller en matière d'engrais
Département de l'industrie
Banque mondiale

1298

* Document présenté initialement à la Commission des engrais de la FAO, huitième session, Rome, janvier 1983.

Les opinions exprimées dans le présent document sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du Secrétariat de l'ONUDI. Traduction d'un document n'ayant pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

V.83-62894

F 8 P 5 1

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
I. <u>RESUME ET CONCLUSIONS</u>	1
II. <u>INTRODUCTION - BASE D'ESTIMATION DES COUTS</u>	3
III. <u>LA FABRICATION DE L'UREE</u>	7
Tableau 1: Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production pour la fabrication d'urée	11
IV. <u>COUTS D'EXTRACTION ET D'ENRICHISSEMENT DU PHOSPHATE NATUREL</u>	12
Tableau 2: Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production pour le phosphate naturel	16
V. <u>LA FABRICATION DES ENGRAIS PHOSPHATES</u>	17
A. <u>ENGRAIS A BASE D'ACIDE PHOSPHORIQUE</u>	17
Tableau 3: Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production de l'acide phosphorique	23
Tableau 4: Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production du superphosphate triple granulé	24
Tableau 5: Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production du phosphate diammoniacal	25
B. <u>NITROPHOSPHATES</u>	27
Tableau 6: Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production pour nitrophosphate et nitrate d'ammonium	31
VI. <u>EXTRACTION ET ENRICHISSEMENT DE LA POTASSE</u>	33
Tableau 7: Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production pour la potasse	36

DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET COUTS DE PRODUCTION DES ENGRAIS

I. RESUME ET CONCLUSIONS

1. La présente étude est la quatrième d'une série de rapports sur le coût des engrais, présentée par la Banque mondiale à la Commission des engrais de la FAO. Les documents précédents avaient pour but de mettre à jour les données sur les dépenses d'investissement intéressant les principaux engrais azotés, phosphatés et potassiques, en particulier ceux qui forment la base du marché d'exportation, et d'examiner également le cas spécial de la fabrication de superphosphates. Dans ce quatrième document, la gamme des matériaux étudiés a été élargie pour inclure les nitrophosphates. On a examiné et mis à jour tant les données sur les dépenses d'investissement que sur les coûts de production pour les principales matières premières, en tenant compte de l'inflation dans les divers pays, et de l'ajustement des cours internationaux jusqu'à la mi-1982. On a aussi étudié plus en détail l'utilisation et le coût de l'énergie.

2. Les deux principaux facteurs qui déterminent les coûts des engrais, à savoir le prix de revient de la matière première et les dépenses d'investissement, peuvent varier sensiblement à différents emplacements, ce dont il importe de tenir compte quand on projette les coûts et prix des engrais. Parfois, il arrive qu'on dispose de matières premières à bas prix, mais cet avantage peut être annulé par des dépenses d'investissement plus élevées et des taux d'exploitation moins bons que si les usines doivent être construites dans des emplacements éloignés.

3. Pour apprécier plus exactement les facteurs qui influent sur le coût des engrais et pouvoir établir des projections plus réalistes sur leurs prix futurs, on a estimé des coûts en fonction d'une certaine gamme de conditions et de matériaux de base. Compte tenu de la variabilité considérable des prix de ces derniers et des engrais, cette étude a pour but principal d'établir une "enveloppe coûts" pouvant être facilement utilisée aux fins d'évaluer les dépenses d'investissement et les coûts de production des engrais dans n'importe quelle situation. On a procédé à des comparaisons en se servant du "prix de vente", c'est-à-dire le prix requis pour justifier de nouveaux investissements dans une situation hypothétique et on a évalué trois grandes variables (coût du matériau de base, taux de fonctionnement et charges du capital). Il convient de souligner, toutefois, que le "prix de vente", tel qu'il est employé ici, représente fondamentalement un coût global et ne reflète pas nécessairement les prix d'exportation futurs des engrais qui dépendent de beaucoup d'autres facteurs dont le présent document ne tient pas compte.

Zones et dépenses d'investissement

4. Pour cette étude on a envisagé trois hypothèses de manière à figurer un large éventail de possibilités d'emplacement. La première porte sur une zone disposant d'une infrastructure d'appui. Normalement, ce serait dans un pays développé, mais il pourrait aussi s'agir d'un pays en développement qui possède déjà une industrie d'engrais avancée. La seconde hypothèse vise une zone qui dispose de quelques facilités mais où manque encore une certaine infrastructure. Quant à la troisième situation, c'est celle d'une usine implantée dans un endroit éloigné dénué de toute infrastructure. Les deux dernières situations se rencontrent le plus souvent dans un pays en développement. Pour ce qui est de la potasse, seul le Canada a été considéré, car on estime qu'en dehors de ce pays et de l'URSS les possibilités d'ouvrir une nouvelle mine de potasse sont limitées.

Charges du capital et taux de fonctionnement

5. Aux fins d'évaluer et de comparer les différentes hypothèses, on s'est servi d'une certaine gamme de charges du capital pour rentabiliser suffisamment les actions, assurer le service de la dette, etc. On a préparé une série de tableaux indiquant la variabilité des prix de vente en fonction de différentes charges du capital et divers taux d'exploitation.

Coûts des matières premières

6. Le coût des matières premières varie considérablement d'un emplacement à l'autre pour les engrais, en particulier les phosphates, selon la nature de la matière première,

le prix du transport, etc. Bien qu'on ait adopté certains coûts typiques, ils servent essentiellement à illustrer la méthodologie et, pour des cas spécifiques, il faudra ajuster les données. On a préparé des tableaux, qui, dans le cas des engrais azotés, associent les prix de vente au prix du gaz, et, dans le cas des engrais phosphatés, au prix du soufre et du phosphate naturel, permettant ainsi d'effectuer ces ajustements.

Engrais azotés

7. L'étude montre que, pour la production d'urée, le coût de l'énergie et les coûts liés aux investissements sont d'importance égale et que les autres coûts sont relativement modestes. Jusqu'à récemment, de nombreux pays développés bénéficiaient aussi bien d'une énergie bon marché que de faibles coûts d'investissement, mais cet avantage commence à disparaître à mesure que les coûts du gaz naturel dans ces pays augmentent pour atteindre les niveaux des prix du pétrole, et aussi à mesure qu'il devient relativement moins cher de construire, et plus facile d'exploiter, les usines dans les pays en développement. De toute évidence, le fait de l'accroissement des prix de l'énergie favorisera à la longue les pays dotés de gaz naturel bon marché.

Engrais phosphatés

8. Le coût des matières premières est beaucoup plus important que les dépenses d'investissement, comparé aux engrais azotés et, dans certains cas, il peut atteindre jusqu'à 70 pour cent du prix de vente. Etant donné que les matières premières ont tendance à être plus concentrées dans quelques emplacements précis que ne l'est le gaz naturel, et par conséquent les engrais azotés, les producteurs de ces matières premières bénéficient d'un avantage aussi bien pour ce qui est de leurs ventes que pour la fabrication d'engrais phosphatés. Les nouvelles usines d'engrais phosphatés, en particulier pour ceux destinés à l'exportation, seront donc le plus souvent construites à proximité de gisements de phosphates naturels où la matière première est moins chère, ou bien peut-être d'une source bon marché de soufre ou d'acide sulfurique.

Les nitrophosphates

9. Les nitrophosphates permettent de réaliser des économies considérables en consommation de soufre, ce qui revêt de plus en plus d'importance. Toutefois, il faut tenir compte des dépenses d'investissement plus élevées et, lorsque le phosphate naturel est importé, du fret relativement plus cher. L'avantage global que présente l'utilisation des nitrophosphates dépendra beaucoup, selon le cas, des coûts du soufre et du transport ainsi que des types d'engrais et de mélanges requis. Le présent rapport fournit des données comparatives sur les coûts de production des nitrophosphates, ainsi que sur d'autres possibilités de production.

Phosphate naturel

10. Les dépenses d'investissement et les charges connexes élevées, en particulier pour l'infrastructure, constituent le principal élément du prix de revient de l'extraction du phosphate naturel, notamment dans les pays en développement. Les prix de revient du phosphate naturel varient fortement d'un emplacement à l'autre. Toutefois, les prix du phosphate naturel ne sont pas tombés autant que ceux des engrais phosphatés et, dans certains emplacements, les prix à l'exportation sont encore assez élevés pour encourager de nouveaux investissements. Il en est particulièrement ainsi là où les coûts de transport vers les principaux marchés en croissance sont relativement faibles.

Potasse

11. Les prix futurs de la potasse dépendront des coûts de production de cette dernière au Canada et en URSS. Ces coûts se rapportent surtout aux dépenses d'investissement et de transport et, pour ce qui est du Canada, à celui des charges fiscales. Les disponibilités en potasse ne semblent se heurter à aucune contrainte, en particulier au Canada.

12. Si on tient compte, d'une part, du rapport entre le coût de la matière première et celui des investissements, et d'autre part de l'emplacement probable d'usines nouvelles, la fourchette des prix de vente justifiant la création d'usines d'engrais dans de nouvelles zones devrait se présenter comme suit:

Fourchette du prix de vente*
En dollars E.-U./tonne à mi-1982

Urée (en sacs)	260-290
Acide phosphorique (à 100 % de P ₂ O ₅)	425-450
Superphosphate triple (en vrac)	200-220
Phosphate diammoniacal (en vrac)	300-320
Phosphate naturel (70 BPL)	38- 48
Potasse (FOB Vancouver)	120-130

* Ces chiffres ne tiennent pas compte de l'accroissement des coûts de l'énergie en termes réels, qui influeraient sur les coûts de production futurs.

Fondamentalement, ces prix de vente représentent les niveaux des prix d'exportation qui suffiraient pour attirer de nouveaux investissements de la part de producteurs favorablement situés, en général ceux qui peuvent s'agrandir dans des zones développées existantes ou pour lesquels les coûts des matières premières présentent des avantages sensibles.

13. Cette situation ne changera pas tant qu'on pourra satisfaire la demande croissante d'engrais à partir de ces sources bon marché. Toutefois, si la demande devait dépasser la capacité d'offre de ces emplacements, les prix augmenteront, permettant ainsi à des producteurs plus chers de pénétrer sur le marché. En pareil cas, les prix d'exportation seraient déterminés par le coût total ou le prix de vente des producteurs marginaux, ce qui pourrait fort bien se produire dans le cas des engrais phosphatés, pour lesquels le nombre de zones développées disposant de matières premières est limité et pour lesquels, en raison de la demande, d'autres producteurs plus chers devront peut-être s'introduire sur le marché.

14. Dans l'ensemble, les prix des engrais ont beaucoup baissé, la plupart s'établissant, en termes réels, bien au-dessous de leur niveau moyen prix historiques ces quelque vingt dernières années. Dans la majorité des cas, il faudra considérablement relever les prix pour justifier de nouveaux investissements.

II. INTRODUCTION - BASE D'ESTIMATION DES COÛTS

15. Les dépenses d'investissement et les coûts de production des engrais sont extrêmement variables, selon l'emplacement de l'usine, le prix de revient des matières premières, les charges financières du projet, etc. Il est donc très difficile, et pourrait être fallacieux, d'exprimer ces données sous une forme unique et généralisée. En outre, beaucoup d'études ne discernent pas dans quelle mesure la nécessité d'une infrastructure ni son coût peuvent influencer sur celui des engrais, en particulier dans les pays en développement. Dans certaines études importantes effectuées par le passé, les coûts de production des engrais ont été évalués uniquement d'après les estimations des dépenses d'investissement pour la création d'une nouvelle capacité, estimations fournies par des firmes d'ingénierie et, bien qu'une telle méthode puisse parfois présenter des avantages du point de vue du producteur pour évaluer les programmes d'expansion dans des emplacements existants, il ne faut pas perdre de vue que les coûts à long terme et globaux de production des engrais doivent inclure ceux de l'infrastructure connexe et le capital de roulement.

16. Un autre facteur important qui influe sur les dépenses d'investissement et les coûts de production est la taille de l'exploitation. Dans la plupart des cas, les coûts de production peuvent être réduits en augmentant l'échelle, mais il importe de ne pas limiter cette comparaison au seul coût des usines; il faut aussi y inclure les dépenses totales d'investissement, infrastructure comprise. Dans certains cas, les coûts du matériel ne dépassent pas 40 pour cent des dépenses d'investissement totales, et les avantages qu'offrent la souplesse et la fiabilité l'emportent bien souvent sur l'inconvénient présenté par les dépenses d'investissement et les coûts d'exploitation supplémentaires entraînés par l'emploi de deux grandes, plutôt qu'une seule très grande unité.

17. Le taux d'exploitation est un autre facteur très important - peut-être le plus important - dont il faut tenir compte dans les calculs des coûts de production. Dans beaucoup de grands complexes industriels d'engrais, les frais fixes constituent, isolément, les postes de dépenses les plus importants, et toute augmentation provenant d'un

mauvais rendement de l'exploitation risque d'annuler rapidement le gain sur le coût des matières premières. Bien que la plupart des évaluations de projets d'engrais soient fondées sur un taux d'utilisation de 90 pour cent, il ressort de l'expérience passée que dans bien des pays en développement il est difficile d'obtenir un taux d'utilisation aussi élevé, en particulier pendant les premières années de fonctionnement. Les estimations des dépenses d'investissement doivent aussi inclure une aide technique et administrative suffisante pour garantir le démarrage efficace de l'usine et obtenir le taux d'utilisation voulu sur une période de temps raisonnable.

18. Dans la comparaison des coûts de production selon les emplacements, il faut aussi considérer que nombre des facteurs en jeu ont un caractère dynamique: certaines valeurs comparées peuvent très bien évoluer durant la vie de l'entreprise. Ainsi, une usine située dans un pays en développement peut fort bien avoir dans les premières années un faible taux d'utilisation qui tient à l'inexpérience des opérateurs et à l'absence de structures d'appui; mais cet état de choses s'améliore avec le temps, et des faits récents ont montré que de nombreuses usines implantées dans des pays en développement ont, après un départ médiocre, atteint des taux d'exploitation comparables à ceux des usines des pays industrialisés. De même, il semble probable que les valeurs relatives de certains matériaux de base ou sources d'énergie évolueront durant la vie du projet. Par exemple, les coûts de l'énergie ont subi des modifications majeures au cours des dernières années, entraînant des conséquences graves pour les coûts de production des engrais azotés.

19. Il importe donc, quand on présente des données sur le prix des engrais, de faire ressortir aussi bien l'effet des principaux facteurs que l'effet relatif des changements qui pourraient intervenir dans ces facteurs. Dans le présent rapport, on s'est proposé de calculer les dépenses d'investissement et les coûts d'exploitation en fonction d'une certaine gamme de conditions de fabrication. Bien que les meilleures données disponibles sur les coûts absolus aient été utilisées, étant donné qu'ils varient constamment en raison de l'inflation et autres facteurs, on s'est surtout efforcé de maintenir des coûts relatifs appropriés. De plus, en fournissant des informations supplémentaires sur l'effet des divers paramètres, il est possible d'interpoler les données en fonction d'une situation précise.

20. Les chiffres concernant les dépenses d'investissement, présentés à la Commission des engrais dans les rapports précédents de cette série, étaient fondés sur une analyse détaillée de projets de la Banque, ainsi que sur les prix et coûts en vigueur pendant la deuxième moitié de 1980. Pendant la deuxième moitié de 1982, en raison de la fluctuation majeure des valeurs monétaires et de la nécessité de mettre à jour ces chiffres sur les coûts de production des engrais, le Département de l'industrie de la Banque mondiale a établi une nouvelle base de données d'investissement. On a examiné, avec différentes firmes d'ingénierie importantes représentant divers pays, les niveaux et les tendances actuels des coûts. En outre, on a étudié les données relatives aux dépenses d'investissement et aux coûts de production pour plusieurs grands projets d'engrais azotés et phosphatés. On a obtenu de nouvelles données sur les dépenses d'investissement et les coûts de production des nitrophosphates, présentées dans cette série pour la première fois.

21. Il est évident que les coûts de l'équipement peuvent fortement varier selon la source de fabrication, le souhait d'obtenir de nouveaux travaux et, parfois, l'aide fournie par le gouvernement, de sorte qu'il est difficile d'élaborer des coûts cohérents pour l'usine à partir de quelques listes détaillées d'équipement, en particulier du fait que les données relatives aux coûts ne sont pas toujours présentées sous une forme facilement comparable. On a soigneusement étudié le meilleur moyen d'établir les dépenses d'investissement total qui, dans le passé, étaient constituées par les principales composantes des dépenses d'ingénierie estimées pour différents types d'emplacements. Dans la présente étude, les coûts comprennent les dépenses d'investissement pour la création d'une nouvelle capacité, plus les dépenses encourues en dehors de l'usine, plus l'infrastructure pour les différents emplacements.

22. Des comparaisons entre les coûts comptabilisés de nombreux projets montrent que même pour ceux qui sont basés sur des usines et des taux de production analogues, il existe généralement des différences appréciables en ce qui concerne les dépenses d'investissement qui varient selon l'emplacement, l'ampleur du projet, etc. Pour

essayer, toutefois, de classer les projets par grandes catégories, on a supposé que, d'une manière générale, un projet entrerait plus ou moins dans l'un des trois groupes ci-après:

- a) Une zone dotée d'une infrastructure. Dans ce cas, l'essentiel de l'infrastructure existe déjà. Par exemple, il y a des routes, un port, une voie ferrée, une infrastructure sociale qui fournira du personnel pour construire l'usine et y travailler, des écoles, des hôpitaux, etc. L'équipement peut souvent être obtenu sur place et, dans certains cas, son entretien peut être assuré grâce aux installations locales. Aux fins du présent document, il s'agit d'une zone développée.
- b) Une zone avec une certaine infrastructure. Dans ce cas, il existe déjà, tant du point de vue social qu'industriel, une certaine infrastructure qui peut contribuer utilement au projet, mais non pas dans la même mesure qu'en (a). La main-d'oeuvre pour la construction sera disponible sur place, ainsi qu'une partie des matériaux. Les services spécialisés locaux seront limités. Parmi les pays auxquels se rapporte ce cas, il convient de citer l'Indonésie, le Brésil, l'Inde, le Pakistan, etc. Aux fins du présent document, il s'agit d'une zone en développement.
- c) Une usine dans un emplacement éloigné, sans aucune infrastructure, comme au Proche-Orient ou en Afrique, par exemple. Dans ce cas, on ne disposera d'infrastructure d'aucune sorte, et les routes, voies ferrées, ports, ouvrages de génie civil, etc. seront à créer sur le budget du projet. Tout le matériel devra être importé; la plus grande partie de la main-d'oeuvre pour construire et faire fonctionner l'usine proviendra aussi de l'extérieur. Il n'y aurait aucune infrastructure de soutien technique. Aux fins du présent document, il s'agit d'une zone en développement - emplacement éloigné.

23. Ces catégories ne sont ici spécifiées que pour servir essentiellement de guide. C'est ainsi que certains projets à créer dans des pays en développement disposant d'une infrastructure industrielle avancée en matière d'engrais, par exemple en Inde ou au Brésil, pourront fort bien entrer dans le groupe (a). De même, des usines à construire dans des lieux éloignés de pays industrialisés, en Australie par exemple, pourront demander une infrastructure coûteuse, de grande envergure. Dans d'autres cas, il y aura lieu d'estimer qu'une situation particulière est intermédiaire entre deux catégories.

24. Un autre aspect important du cas (c) est que, même si l'implantation d'une première usine est onéreuse vu qu'elle doit couvrir l'infrastructure initiale, les coûts entraînés par des installations successives pourront être beaucoup plus faibles. Dans certains cas, en Arabie saoudite par exemple, la création de zones industrielles qui répartissent les coûts de l'infrastructure entre un certain nombre d'usines chimiques, dont les usines d'engrais, a déjà commencé à faire baisser les demandes d'investissement. Certains emplacements qui, auparavant, auraient été "éloignés" et se seraient rangés dans la catégorie (c) peuvent désormais appartenir à la catégorie (b) grâce au développement de l'infrastructure.

25. Les dépenses d'investissement s'appliquent à toutes les usines à construire sur de nouveaux emplacements, et sont établies sur la base des prix en vigueur pendant la seconde moitié de 1982. On a calculé les prix de vente moyens qu'il serait nécessaire d'obtenir pour réaliser un revenu raisonnable d'investissement pour une usine entreprise en 1982 et qui devrait entrer en plein fonctionnement en l'espace de trois à quatre ans. Pour couvrir les postes tels que l'intérêt à payer sur les emprunts et le revenu de l'investissement, et pour simplifier les calculs, on a fait figurer un élément "charges du capital". Etant donné que cet exercice ne tient pas compte du plan de financement ou de la situation de cash flow, les intérêts à payer pendant la construction n'ont pas été inclus dans le financement total exigé.

Besoins en énergie pour la production d'engrais chimiques

26. Afin d'évaluer avec plus d'exactitude l'effet qu'auront les coûts de l'énergie sur les coûts futurs de production d'engrais, on a examiné en détail les besoins de nouvelles usines. Une grande partie des informations publiées à ce sujet est fondée sur

les estimations d'entreprises d'ingénierie à partir des dépenses d'investissement nécessaires pour la création d'une nouvelle capacité durant la période initiale de fonctionnement. En général, dans de telles circonstances, les besoins en énergie sont beaucoup plus faibles qu'ils ne le sont dans la pratique lorsqu'il faut aussi tenir compte des coûts de l'infrastructure ou des coûts d'exploitation transitoires lorsqu'une usine démarre, ou ferme, ou encore pendant des périodes de fonctionnement défectueux.

27. En 1980, le Fertilizer Institute (TFI) des Etats-Unis a mené une enquête très utile sur ses membres 1/ qui a donné les renseignements ci-après sur les besoins énergétiques en matière d'engrais. Pour des raisons de cohérence, les renseignements du TFI ont été convertis en tonnes métriques de produit.

Besoins moyens par tonne métrique de produit - milliers de BTU 2/

	Azote (Urée-46%N) <u>a/</u>	Phosphate (SPT-46%P ₂ O ₅) <u>b/</u>	Potasse (KCl-60%K ₂ O) <u>c/</u>
Gaz naturel	30 552	920	1 356
Electricité	2 334	2 600	1 063
Mazout	26	730	1
Valeur importée	<u>6 152</u>	<u>360</u>	<u>-</u>
Total	39 064	4 610	2 420

a/ Sur la base d'usines d'ammoniac faisant appel à des compresseurs centrifugeurs.

b/ Energie totale estimée, y compris la production de phosphate naturel et l'énergie récupérée à partir de la fabrication d'acide sulfurique.

c/ Sur la base de l'extraction en profondeur.

28. Toutes les estimations des besoins en énergie ont été exprimées en termes d'équivalent carburant, et l'énergie électrique et mécanique ainsi que la vapeur ont été converties en quantités de carburant exigées pour les couvrir. On suppose qu'un nouveau grand projet ferait appel à un programme d'énergie intégrée, incorporant dans la mesure du possible tous les dispositifs permettant d'économiser l'énergie. Néanmoins, les estimations de la consommation d'énergie pour chaque fertilisant sont fondées sur des prévisions concrètes plutôt que théoriques. Dans la plupart des cas, on présume que la performance d'une nouvelle usine dépassera sensiblement celle que l'on peut tirer des chiffres moyens de l'enquête du TFI. Faute de données, on s'est servi des chiffres de consommation du TFI.

Prix de vente

29. Les prix de vente ont été calculés en fonction d'une gamme des charges du capital, car le niveau du revenu sur l'investissement que l'on estimera satisfaisant peut varier selon le cas. Par exemple, actuellement, les pays riches en sources d'énergie qui disposent de fonds excédentaires à investir peuvent être prêts à accepter un taux de rentabilité moindre que ne le ferait une firme commerciale des Etats-Unis ou d'Europe. Il est évident qu'il faut procéder à l'utilisation d'un seul taux de charges du capital avec prudence, puisqu'il ne peut pas mesurer les effets des pressions financières, des avantages fiscaux, de la durée d'exécution des projets et de beaucoup d'autres facteurs. Naturellement, il faudrait effectuer une analyse financière plus détaillée faisant appel au cash flow actualisé pour obtenir une évaluation plus complète de la rentabilité d'un projet. Toutefois, pour déterminer s'il est justifié d'utiliser un seul taux de charges du capital et pour l'évaluer comparativement aux autres étalons financiers, on a procédé aux calculs nécessaires en utilisant les données sur les coûts préparées pour la production d'urée sur trois emplacements d'usines.

1/ Energy Use Surveys, Année civile 1978, The Fertilizer Institute (Etats-Unis), 1980.

2/ British Thermal Units.

30. Les prix de vente ont été comparés à partir de charges du capital et de taux de revenu internes analogues. Cette comparaison renfermait l'hypothèse que les dépenses d'investissement seraient semblables pour les trois différents emplacements envisagés. On a présumé que l'usine serait construite sur trois ans et qu'il faudrait trois ans supplémentaires pour atteindre un taux d'utilisation de 90 pour cent. On a prévu une marge de 16 ans avant de récupérer le capital de roulement et 10 pour cent de l'investissement initial. Les différences entre les charges du capital et les taux de revenu internes étaient relativement faibles, confirmant que la méthode des charges du capital est simple, mais suffisante pour évaluer et comparer les différentes situations. Sur cette base, on a supposé qu'en général des charges du capital de 15 pour cent représenteraient une rentabilité satisfaisante de l'investissement.

III. LA FABRICATION DE L'UREE

Généralités

31. Jusqu'à environ 1979, plus de 70 pour cent de la production mondiale d'ammoniac étaient fondés sur le gaz naturel, 15 pour cent sur le naphte et le reste sur les huiles lourdes et plusieurs autres sources. En raison de la crise de l'énergie de 1979, qui s'est traduite par des accroissements disproportionnés des prix du naphte, la plupart des usines utilisant ce dernier, en particulier en Europe et au Japon, ont cessé d'être compétitives et ont dû fermer ou se servir de gaz naturel. Bien qu'on envisage désormais sérieusement le charbon comme matière première pour la production d'engrais azotés, et que dans quelques usines qui seront construites on emploiera des techniques améliorées de gazéification du charbon, il semble presque certain, en particulier pour ce qui est des engrais azotés destinés au marché d'exportation, que le gaz naturel restera le principal matériau de base pendant la décennie à venir et au-delà. Les prix d'exportation des engrais azotés dépendront donc surtout des coûts de la production d'ammoniac et d'urée, dans différentes parties du monde, à partir du gaz naturel, et c'est sur cette prémisse que repose l'évaluation des dépenses d'investissement et des coûts de production. On prévoit que l'urée demeurera l'engrais azoté "fini" principal dans le commerce international et que le taux de croissance annuel mondial d'urée, en termes de pourcentage, sera trois fois celui de la capacité de production d'autres types d'engrais azotés finis.

32. La dimension de l'opération est un autre facteur important qui influe sur les dépenses d'investissement et les coûts de production de l'urée. Bien que l'on ait construit des usines produisant jusqu'à 2 000 tonnes d'urée, et 1 500 tonnes d'ammoniac par jour (tpj), les complexes préférés sont sans doute ceux qui comprennent des usines produisant environ 1 000 tpj d'ammoniac et 1 700 tpj d'urée, encore que dans les cas où on a besoin de davantage d'ammoniac, la taille de l'usine pour la production de cette dernière peut être plus élevée en conséquence. Les économies d'échelle pour les très grandes usines d'ammoniac et d'urée semblent pour le moment limitées, bien qu'il puisse y avoir avantage à construire plusieurs grosses usines sur le même emplacement, de manière à répartir les coûts d'infrastructure.

Emplacement

33. Comme indiqué précédemment, trois situations sont envisagées: la première, celle d'un emplacement qui dispose déjà d'une infrastructure (zone développée); la seconde, celle d'un emplacement qui dispose déjà d'une certaine infrastructure (zone en développement); et la troisième, celle d'un emplacement éloigné, qui ne dispose d'infrastructure d'aucune sorte (zone en développement - emplacement éloigné).

Dépenses d'investissement

34. On a estimé comme suit les dépenses d'investissement pour un complexe d'ammoniac/urée sur la base de millions de dollars E.-U. à la mi-1982:

- 1 000 tpe d'ammoniac et 1 700 tpe d'urée -

Millions de dollars E.-U.

Estimations des dépenses d'investissement pour la
création d'une nouvelle capacité - zone développée 140

Dépenses d'investissement totales

Zone développée 231
Fourchette approximative des coûts 200-250

Zone en développement (qui dispose déjà
d'une certaine infrastructure) 323
Fourchette approximative des coûts 250-350

Zone en développement (emplacement éloigné) 405
Fourchette approximative des coûts 350-450*

* Là où il faut prévoir un port ou une voie ferrée majeure, ce chiffre pourrait être plus élevé.

Coûts de l'énergie et de matières premières

35. Le prix du gaz naturel, aussi bien comme combustible que comme matière de base pour la production d'ammoniac et d'urée, devient de plus en plus important pour déterminer la rentabilité et l'emplacement de nouvelles usines d'engrais azotés. Par exemple, jusqu'à récemment, le gaz était relativement bon marché dans certaines zones développées comme les Etats-Unis, et, dans une moindre mesure, l'Europe, et l'une et l'autre de ces régions étaient de grands exportateurs d'engrais azotés. D'après le Fertilizer Institute, pendant l'année civile 1981, les producteurs d'ammoniac ne payaient encore que 2,33 dollars E.-U. par million de BTU.

36. Dans le cas de la situation relative à une zone développée, on présume que les prix du gaz augmenteront sensiblement au cours des prochaines années, mais qu'en moyenne ils auront tout de même tendance à rester inférieurs à ceux du pétrole d'ici 1985. Sur la base du prix du gaz en 1982, on a adopté un prix moyen de 3,0 dollars par million de BTU comme typique de la partie inférieure de la fourchette des prix du gaz. On suppose aussi, toutefois, que le prix payé pour le gaz par les usines d'engrais azotés finira aussi par augmenter pour atteindre un niveau équivalent d'énergie, en particulier dans les zones développées qui doivent ou devront importer le gaz ou le pétrole. Sur la base de cette hypothèse, on a également pris en considération un prix de 5 dollars E.-U. par million de BTU.

37. Dans de nombreuses régions en développement, le coût d'opportunité pour la fabrication de l'ammoniac devrait se situer entre 1,0 et 2,0 dollars E.-U. par million de BTU. Dans certains cas, lorsque le gaz est brûlé et qu'il n'existe apparemment aucune utilisation immédiate de rechange, le coût d'opportunité du gaz est essentiellement le coût de la collecte et de l'adoucissement qui en général serait inférieur à un dollar E.-U. par million de BTU. Là où le gaz peut être utilisé pour produire du gaz naturel liquide, sa valeur nette est d'environ 2,0 dollars E.-U. par million de BTU, selon l'emplacement du gisement et le marché. Les coûts de la production d'urée peuvent être ajustés, comme on le veut en modifiant les prix du gaz, comme l'indique l'Annexe 2.

38. Dans une centrale complètement intégrée pour la production d'ammoniac et d'urée, où l'on utilise ce gaz pour fournir toute l'énergie (électricité, vapeur, carburant et matériau de base pour la production d'urée), l'analyse des rendements des usines existantes en 1980 et des considérations théoriques indiquent comme moyenne raisonnable le chiffre d'environ 35 millions de BTU de gaz par tonne d'urée produite pour les centrales construites à l'époque.

39. D'après le Fertilizer Institute Survey, la consommation moyenne d'énergie de toutes les usines pour produire une tonne d'urée est d'environ 39 millions de BTU, ce qui confirme le chiffre hypothétique de 35 millions de BTU pour une nouvelle usine en 1980. Compte tenu des économies importantes d'énergie qui auraient été réalisées depuis

lors, aux fins du présent document on présume que la consommation d'énergie sera de 31 millions de BTU par tonne d'urée ensachée. Toutefois, si l'on juge qu'il vaut mieux utiliser 35 millions de BTU par tonne métrique d'urée ensachée, il faudra ajouter trois dollars pour chaque dollar au prix du gaz par million de BTU pour obtenir le prix de vente d'une tonne d'urée.

Autres coûts variables

40. De l'analyse de plusieurs projets en pays développés ou en développement, il résulte que, dans le total des frais d'exploitation, le coût des variables autres que les matériaux de base et le combustible ne diffère pas sensiblement d'un emplacement à un autre. Les principaux coûts variables sont pour les sacs et se rangent entre 10 et 15 dollars par tonne de produit, selon la taille et la conception des sacs. Les coûts des catalyseurs et des produits chimiques s'élèvent à environ 2 ou 3 dollars en moyenne (par tonne de produit) et l'eau d'alimentation des chaudières ou de refroidissement revient normalement à moins de un dollar la tonne. Dans l'établissement des devis comparés, on a attribué au poste "autres coûts variables" 18 dollars par tonne d'urée pour tous les types d'emplacements et, bien que l'on sache que les coûts variables sont généralement légèrement plus élevés dans les pays en développement que dans les pays industrialisés, il ne s'agit pas là d'un écart significatif. On n'a pas prévu dans le coût de l'urée de marge additionnelle spéciale pour l'énergie électrique car on a supposé chaque fois que celle-ci serait produite sur place à partir du gaz et qu'une allocation appropriée pour une centrale de 20 MW ^{1/} était prévue dans les dépenses d'investissement ainsi que dans les besoins globaux du gaz.

Frais fixes

a) Main-d'oeuvre et frais généraux

41. On constate que le coût de la main-d'oeuvre et des frais généraux varie peu d'un emplacement à l'autre. Dans une certaine mesure, le faible coût de la main-d'oeuvre locale dans les pays en développement est contrebalancé par l'emploi d'effectifs plus nombreux et parfois d'une main-d'oeuvre expatriée onéreuse. Dans certains pays, comme l'Inde, le Pakistan, etc., où il existe à la fois des ouvriers spécialisés et des manoeuvres non qualifiés, le coût de la main-d'oeuvre sera probablement moins élevé; par contre, dans certains pays du Moyen-Orient où le personnel est surtout étranger, il sera supérieur. Dans tous les cas, les différences ne devraient vraisemblablement s'élever qu'à quelques dollars, et on a donc supposé que les dépenses de main-d'oeuvre et de frais généraux seraient chaque fois identiques. Les coûts de la main-d'oeuvre sont fondés sur des études des coûts d'exploitation intéressant plusieurs grosses usines, à la fois dans les pays développés et en développement. Les frais généraux (administration et surveillance) sont comptés pour 150 pour cent du coût de la main-d'oeuvre.

b) Dépenses liées à l'investissement

42. La durée de l'exploitation de l'usine est calculée sur douze ans (huit et un tiers pour cent des investissements par an). Le matériel d'entretien a été calculé à raison de 3 pour cent par an, et les assurances à raison de 2/3 pour cent par an du coût total de l'investissement. Dans certains cas, il est possible d'amortir l'infrastructure sur une durée plus longue que celle de l'exploitation de l'usine proprement dite, en particulier pour des postes tels que les installations portuaires et ferroviaires. En pareil cas, on pourrait réduire le coût de production de l'urée jusqu'à concurrence de 10 dollars la tonne dans une zone en développement, et jusqu'à concurrence de 20 dollars la tonne dans une zone éloignée.

Charges du capital

43. Afin de couvrir le paiement des intérêts sur les emprunts, le revenu des actions, etc., on a inclus les charges du capital basées sur l'investissement total.

^{1/} Mégawatts.

Taux d'exploitation

44. La plupart des complexes actuels de fabrication d'ammoniac et d'urée sont conçus pour fonctionner 330 jours par an. Si ces usines ne tournent pas à leur pleine capacité nominale, les coûts de production montent très vite. Les frais fixes par unité de rendement varient inversement avec le taux de production. Ainsi, les coûts de production d'urée dans les usines de pays en développement, où les dépenses d'investissement sont élevées, se ressentent lourdement d'une baisse du taux d'exploitation.

Coûts de production et prix de vente

45. Le Tableau 1 donne les coûts comparés d'investissement et de production, ainsi que les prix de vente, pour une gamme de conditions dans les quatre hypothèses retenues. L'Annexe 1 montre l'incidence des charges du capital et des taux d'exploitation sur le prix de vente. L'Annexe 2 indique l'incidence du prix du gaz.

Analyse des résultats

46. Les résultats présentés au Tableau 1 et aux Annexes 1 et 2 montrent comment les trois principales variables - coût du matériau de base, dépenses d'investissement et taux d'exploitation - influent sur les coûts de production et les prix de vente de l'urée. Ces résultats indiquent aussi que le prix de revient de l'urée et les prix de vente susceptibles de rentabiliser raisonnablement l'investissement peuvent varier considérablement d'un endroit à l'autre et même pour chacun de ceux-ci selon les paramètres adoptés. La comparaison entre les zones montre que les avantages du gaz naturel bon marché, éventuellement disponible dans les emplacements éloignés, peuvent être rapidement annulés par des dépenses d'investissement plus élevées et un taux d'exploitation plus faible.

47. Les prix de vente ont été calculés en fonction d'une gamme de charges du capital. Toutefois, en règle générale, on suppose qu'un projet nécessiterait au moins un taux de rentabilité interne de 15 pour cent - taux qui, comme nous l'avons indiqué précédemment, équivaut approximativement à des charges du capital de 15 pour cent.

48. Sur cette base, par conséquent, et en supposant un taux d'exploitation de 90 pour cent, on estime que le prix de vente moyen pour un projet de fabrication d'urée mis en oeuvre en 1982 et qui atteindrait son plein rendement trois ou quatre années plus tard, devrait se situer autour de 260-290 dollars E.-U. la tonne (valeur 1982) pour rapporter un profit suffisant. Le rapport entre ces prix de vente estimés et la projection des prix futurs des engrais est une question de jugement qui doit être évaluée avec soin en raison des nombreuses variations qui peuvent intervenir dans les coûts de production. Par exemple, dans une zone développée où le gaz coûte très peu, disons 2,5 dollars par million de BTU, il devrait être possible de réaliser un bénéfice sur la vente de l'urée d'environ 245 dollars E.-U. la tonne. Dans certains pays en développement, où le gaz est très bon marché et où on peut construire des usines pour utiliser l'infrastructure existante, le prix de vente permettant de réaliser un bénéfice satisfaisant pourrait ne pas dépasser 220 dollars E.-U. la tonne. Toutefois, ces situations auraient tendance à constituer l'exception plutôt que la règle et on escompte que les prix de l'urée devront tomber à 260-290 dollars E.-U. la tonne pour justifier de nouveaux investissements. Cela suppose que les prix de l'énergie resteront constants pour une usine qui atteindra son plein rendement en 1985. Ces prix sont fondés sur les coûts de l'énergie en 1982. Cependant, deux facteurs risquent de les accroître en termes réels, à savoir la tendance des prix du gaz payé par les usines d'ammoniac à se rapprocher de ceux du pétrole, notamment dans les zones développées où ce dernier doit être importé, et l'augmentation proprement dite des coûts de l'énergie en termes réels. Toutefois, ces deux facteurs seront contrebalancés dans une certaine mesure par l'utilisation plus efficace de l'énergie par les usines d'ammoniac et d'urée.

ESTIMATIONS DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET DES COÛTS DE PRODUCTION POUR LA FABRICATION D'UREE

(en dollars E.-U./tonne - 1982)

Dimensions: 1 650 tpj de produit ensaché
 Utilisation de la capacité: 90 pour cent
 Capacité: 330 jours par an
 544 500 tonnes d'urée par an
 Production: 490 050 tonnes par an

Emplacement	Zone développée	Zone développée	Zone en développement (avec une certaine infrastructure)	Zone en développement (emplacement éloigné)
Investissement usine en millions de dollars E.-U.	231	231	323	405
Fonds de roulement en millions de dollars E.-U.	18	24	32	38
Investissement total en millions de dollars E.-U.	249	255	355	443
<u>Matières premières</u>	Gaz à 3,0 dollars/ million de BTU	Gaz à 5,0 dollars/ million de BTU	Gaz à 2,0 dollars/ million de BTU	Gaz à 1,0 dollar/ million de BTU
Gaz naturel, y compris le gaz utilisé comme carburant et celui nécessaire à la production de vapeur et d'énergie	96,0	160,0	64,0	32,0
<u>Autres coûts variables</u> <u>Dollars E.-U./tonne</u>	18,0	18,0	18,0	18,0
<u>Frais fixes</u> <u>Dollars E.-U./tonne</u>	<u>70,9</u>	<u>70,9</u>	<u>93,3</u>	<u>113,2</u>
<u>Ccûts de production</u> <u>Dollars E.-U./tonne</u>	184,9	248,9	175,3	163,2
<u>Charges du capital (15 pour cent)</u> <u>Dollars E.-U./tonne</u>	76,2	78,0	108,6	135,6
<u>Prix de vente (sortie usine)</u> <u>Dollars E.-U./tonne</u>	<u>261,1</u>	<u>326,9</u>	<u>283,9</u>	<u>298,8</u>

TABEAU 1

IV. COUTS D'EXTRACTION ET D'ENRICHISSEMENT DU PHOSPHATE NATUREL

Généralités

49. Il existe très peu de documentation sur l'analyse des coûts en matière d'extraction et d'enrichissement du phosphate naturel. L'évolution de la structure commerciale de l'industrie a éveillé de plus en plus d'intérêt et plusieurs grandes études de marché ont été entreprises. Toutefois, les coûts d'extraction ont tendance à être très spécifiques et il est donc malaisé de présenter des données de ce type sans révéler des informations qui appartiennent aux entreprises.

50. Afin de parer à cette difficulté, il a fallu présenter les données en termes généraux, qui permettent au lecteur, selon ses propres besoins, d'interpoler des données approximatives concernant les dépenses d'investissement et les coûts de production dans des situations données.

51. L'établissement du modèle des coûts a donné lieu à des recherches considérables sur l'extraction du phosphate naturel dans les pays suivants: Etats-Unis, Maroc, Tunisie, Togo, Jordanie et Sénégal, qui sont les principaux pays producteurs et exportateurs de ce minerai. Les informations disponibles sur l'extraction des phosphates en URSS ont été insuffisantes pour pouvoir inclure ce pays parmi les sources de données.

Extraction du phosphate naturel

52. Le procédé d'extraction dépend de la nature des gisements. Cependant, 80 pour cent environ de la production mondiale proviennent de gisements à ciel ouvert et 20 pour cent de mines souterraines. L'extraction à ciel ouvert, en général meilleur marché, est la seule qui soit utilisée en Floride et elle compte pour environ la moitié de la production marocaine, sénégalaise et togolaise. L'extraction souterraine s'effectue au Maroc, dans l'ouest des Etats-Unis, en Tunisie, Jordanie, Egypte et dans quelques gisements de l'URSS. L'exploitation à ciel ouvert comprend la préparation des chantiers qui se fait normalement au bulldozer; la mise à nu et l'extraction se font simultanément à l'aide de grandes dragues électriques. Le pompage, destiné au transport, sous forme de boue, de la gangue à l'usine d'enrichissement, représente souvent un poste coûteux du processus d'extraction.

53. Dans le cas de certaines nouvelles exploitations, la nécessité d'excaver de vastes quantités de morts-terrains de recouvrement et de minerai pour obtenir une tonne de produit s'intensifiera, exigeant du matériel plus lourd et plus cher, et entraînant des coûts de production plus élevés.

Enrichissement

54. Avec un bon phosphate naturel qui ne nécessite pas de triage par voie humide, l'enrichissement peut se réduire à une simple opération de séchage et de broyage. Toutefois, le plus souvent, il faut procéder au triage par voie humide pour éliminer les impuretés de la gangue. Dans certains cas, lorsque la séparation des impuretés ne peut se faire simplement par des moyens physiques, il faut traiter la totalité ou une partie du minerai avec des réactifs et entreprendre la flottation du produit, souvent à double étage. Certains phosphates naturels doivent être calcinés pour réduire le carbone organique, ou briser la structure de l'apatite, et rendre le minerai susceptible de traitement chimique. La calcination coûte cher, aussi ne l'utilise-t-on en général que faute d'autres moyens pour améliorer la qualité du minerai. On se sert souvent de la séparation magnétique pour éliminer les minéraux à base de fer.

55. Les processus d'enrichissement deviennent plus compliqués et plus onéreux à mesure que la qualité du minerai baisse et se prête bien moins au traitement. Le simple triage par voie sèche n'est généralement pas applicable et il faut le plus souvent entreprendre la flottation du produit. Le débouillage grève généralement les approvisionnements en eau, l'élimination des déchets et la récupération de l'eau, ce qui fait monter les dépenses d'investissement. La présence de certaines impuretés dans le phosphate naturel, comme l'oxyde de magnésium (MgO) peut poser des problèmes de traitement graves pendant la production d'acide phosphorique et il faut éliminer ces impuretés dans toute la mesure possible durant le processus d'enrichissement.

Dépenses d'investissement

56. Les dépenses d'investissement pour le phosphate naturel peuvent fortement varier. Pour un phosphate naturel de bonne qualité, exigeant un processus d'enrichissement simple et donnant des taux d'extraction élevés, les besoins en matière d'investissement peuvent ne pas dépasser 50 dollars E.-U. la tonne par an. Lorsqu'il s'agit d'un nouveau gisement dans une zone éloignée où il faut fournir toute l'infrastructure, les dépenses d'investissement peuvent dépasser 200 dollars E.-U. la tonne par an. Les gisements de phosphate naturel se trouvent souvent dans des zones éloignées et dans des milieux défavorables exigeant la mise en place de nouvelles agglomérations, de centrales électriques, de systèmes d'adduction d'eau et autre infrastructure comme le transport et les pièces de rechange.

Emplacement

57. C'est là le facteur généralement le plus important pour déterminer les dépenses d'investissement pour l'extraction du phosphate naturel, étant donné que l'infrastructure, en particulier dans les zones éloignées, peut coûter très cher. Pour estimer les dépenses d'investissement, on a présumé que la mine aurait une capacité de 3 millions de tonnes de produit par an destiné à l'exportation, exigeant ainsi la mise en place de facilités portuaires et ferroviaires, le cas échéant. Deux types de phosphate naturel ont été pris en considération; un phosphate naturel de qualité supérieure exigeant un minimum d'enrichissement et un phosphate naturel de faible qualité, supposant un enrichissement extensif, qui fait monter aussi bien les dépenses d'investissement que les coûts de production.

a) Zone développée

58. La Floride se range dans cette catégorie, étant dotée d'une industrie d'exploitation du phosphate naturel bien développée. Sur la base de plusieurs études de projets distinctes, les dépenses d'investissement se situeraient entre 50 et 65 dollars E.-U. par tonne de capacité annuelle de production, les investissements les plus importants se rapportant aux mines situées dans le sud de la Floride, et les moins importants à de nouvelles mines dans le centre de l'Etat. On estime qu'une nouvelle mine, dans la Caroline du Nord, d'une capacité annuelle de 3 millions de tonnes, coûterait environ 80 dollars par tonne de capacité annuelle de production.

59. Le Maroc, en raison de son industrie avancée, est aussi considéré comme une zone développée. D'après les estimations, le coût global d'une nouvelle capacité d'extraction au Maroc, au titre de son programme actuel d'expansion, atteindra quelque 50 à 55 dollars E.-U. par tonne de capacité annuelle de production. On a donc présumé que les dépenses d'investissement moyennes pour une zone développée seront de l'ordre de 58 dollars E.-U. par tonne de capacité annuelle de production pour un phosphate naturel de qualité supérieure, tandis qu'elles n'atteindront qu'environ 62 dollars E.-U. pour un phosphate naturel de moins bonne qualité.

b) Zone en développement

60. En l'occurrence, il faudrait prévoir une certaine infrastructure, peut-être l'expansion des facilités portuaires et ferroviaires. Les frais d'ingénierie seraient plutôt élevés, et on présume qu'en général il faudrait prévoir des coûts supplémentaires d'infrastructure (par rapport à la zone développée) d'environ 100 millions de dollars pour une mine d'une capacité de 3 millions de tonnes par an. Sur la base de ces hypothèses, on estime que, dans une zone en développement, une mine de 3 millions de tonnes par an coûterait environ 300 millions de dollars E.-U., soit 100 dollars par tonne de capacité annuelle. Pour un phosphate naturel de qualité inférieure, le coût serait de 105 dollars E.-U. par tonne de capacité annuelle.

c) Zone en développement (emplacement éloigné)

61. Ici, on part de l'hypothèse selon laquelle il faudra fournir toute l'infrastructure, y compris l'approvisionnement en eau. Sur la base de projets étudiés par la Banque mondiale, le coût de ces services pourrait être extrêmement élevé, en particulier si la mine est située très loin du port. Par exemple, une voie ferrée de 200 miles

pourrait coûter 150 millions de dollars E.-U. ou même plus. On a présumé, aux fins de l'étude, que le coût de l'infrastructure atteindrait quelque 250 millions de dollars E.-U., tandis que celui de la mine serait de quelque 480 millions de dollars E.-U. au total, soit 160 dollars E.-U. par tonne de capacité annuelle.

62. Les chiffres concernant les investissements pour les zones en développement sont un peu moins élevés que ceux retenus dans les études précédentes, en raison de l'amélioration de l'infrastructure.

Coûts d'extraction

63. Les coûts d'extraction peuvent varier de façon significative d'une mine à l'autre, selon le type d'extraction et de traitement utilisé, et selon le coût relatif de la main-d'oeuvre dans différents pays. Par exemple, on pense qu'actuellement les coûts de production pour la Floride et le Maroc sont très analogues, mais que la nature du minerai et le traitement requis diffèrent. Pour établir le modèle des coûts, on a décidé d'attribuer les coûts de production à différents postes, mais dans l'ensemble on estime qu'ils sont représentatifs des coûts de production qui seraient entraînés par de nouvelles mines.

Main-d'oeuvre et frais généraux

64. On estime que le coût moyen de la main-d'oeuvre et des opérations d'entretien, plus les frais généraux, s'élèvera à environ 5 dollars E.-U. par tonne de produit.

Energie

65. D'après le Fertilizer Institute Survey, les besoins moyens en énergie pour les différentes phases de l'exploitation du phosphate naturel aux Etats-Unis sont les suivants:

<u>Opération</u>	<u>Besoins en énergie en millions de BTU par tonne métrique</u>
Extraction et bonification	0,29
Enrichissement (par voie humide)	0,39
Séchage	0,44

66. Le coût de l'utilisation de l'énergie en Floride est assez différent en rapport à beaucoup d'autres grands producteurs, en raison de la qualité relative faible du minerai brut, et de l'enrichissement plus poussé qu'il exige. L'énergie moyenne consommée aux Etats-Unis pour produire une tonne de phosphate naturel varie entre quelque 0,8 million de BTU à environ 1,6 million de BTU, soit 1,1 million de BTU en moyenne. En Floride, la plus grande partie de cette dépense est nécessaire sous forme d'énergie électrique, tandis qu'au Maroc plus de la moitié est exigée sous forme de mazout. On estime que les besoins énergétiques vont de 4 dollars la tonne pour du phosphate naturel de qualité supérieure à quelque 8 dollars la tonne pour du phosphate naturel de faible qualité.

Fournitures

67. Ce poste couvre les fournitures de fonctionnement et d'entretien, dont des produits chimiques, et varie probablement entre 2 et 3 dollars E.-U. la tonne. Par exemple, les réactifs pour la flottation du produit peuvent coûter de 1 à 2 dollars E.-U. la tonne de phosphate naturel.

Autres dépenses variables

68. Il s'agit des dépenses de manutention et d'entreposage, et de frais commerciaux et administratifs. Dans tous les cas, on a inclus un coût de 3,50 dollars E.-U. par tonne de produit.

Transport

69. Les prix du phosphate naturel étant habituellement cotés et comparés sur base FOB, le coût du transport de la mine au bateau peut représenter un élément important du prix de revient. Les coûts de transport et de chargement utilisés dans le modèle sont basés sur les prix courants en vigueur dans les pays producteurs.

Analyse des résultats

70. Le Tableau 2 donne les coûts types dans lesquels ont été ventilés les coûts de production et les charges du capital applicables à une certaine gamme de projets d'extraction de phosphate naturel qui diffèrent selon la qualité du minerai et l'emplacement. Dans ces estimations, on suppose que le coût du minerai souterrain est compris dans les dépenses d'investissement initiales. Comme dans les calculs analogues sur les coûts des engrais, les chiffres montrent l'incidence importante des dépenses liées à l'investissement sur le prix de vente à réaliser. Même lorsqu'il s'agit d'un gisement de haute qualité dans une zone bien mise en valeur, les charges du capital peuvent représenter environ 40 pour cent du prix de vente, tandis que sur un emplacement éloigné, où le phosphate est aussi de grande qualité, ces charges du capital pourraient atteindre plus de 60 pour cent du prix de vente.

71. Il devient donc de plus en plus difficile pour les nouvelles entreprises d'exploitation de minerai d'opérer rentablement dans des emplacements éloignés qui exigent une infrastructure onéreuse, même lorsqu'il s'agit de gros gisements de minerais de bonne qualité. Par conséquent, plus que tout autre facteur, le prix de revient du phosphate naturel dépendra à l'avenir du coût des nouveaux investissements par tonne de capacité annuelle de production. Les industries disposant d'une infrastructure, comme en Floride, au Maroc, et dans d'autres pays d'Afrique du Nord et de l'Ouest, conserveront donc un très gros avantage sur les nouveaux producteurs lorsqu'ils décideront de développer leurs installations. Etant donné que la qualité du phosphate naturel disponible dans l'avenir se dégradera vraisemblablement au fur et à mesure que s'épuiseront les réserves de meilleure qualité, on peut prévoir une tendance à évoluer vers la colonne B, comme le montre le modèle des coûts.

72. La plus grande partie des réserves de phosphate naturel sont situées dans les pays qui en exploitent déjà, et où se trouvent à la fois une infrastructure et la compétence technique. Même alors, les estimations indiquent une vaste gamme de prix de vente dans différentes situations pour justifier de nouveaux investissements, par exemple entre 30 et 50 dollars E.-U. la tonne. Etant donné que la partie inférieure de cette fourchette représente une situation optimale pour laquelle les possibilités d'expansion ultérieure sont probablement limitées, on peut prévoir que les cours du phosphate naturel pour de nouveaux projets devront se ranger entre 38 et 48 dollars E.-U. la tonne pour justifier de nouveaux investissements.

ESTIMATIONS DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET DES COÛTS DE PRODUCTION POUR LE PHOSPHATE NATUREL

(en dollars E.-U./tonne - 1982)

Dimension - 3,0 millions de tonnes de produit par an

Minerai A - Qualité supérieure: rendement élevé et traitement peu important

Minerai B - Qualité médiocre: rendement faible et traitement très important

Emplacement	Zone développée		Zone en développement		Zone en développement	
	Nouvel emplacement		Nouvel emplacement (avec une certaine infrastructure)		Nouvel emplacement (éloigné)	
Type de minerai	Minerai A	Minerai B	Minerai A	Minerai B	Minerai A	Minerai B
Investissement usine - \$ E.-U./tonne/an	58.0	62.0	100.0	105.0	160.0	167.0
Fonds de roulement - \$ E.-U./tonne/an	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0
Investissement total - \$ E.-U./tonne/an	61.0	66.0	103.0	109.0	163.0	171.0
Dépenses d'exploitation:						
Main-d'oeuvre et frais généraux	5.0	7.0	5.0	7.0	5.0	7.0
Energie (électricité et carburant)	4.0	8.0	4.0	8.0	4.0	8.0
Produits chimiques et fournitures	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0
Autres coûts	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Total partiel	14.5	21.5	14.5	21.5	14.5	21.5
Amortissement (5 pour cent)	2.9	3.1	5.0	5.2	8.0	8.3
Total coûts de production	17.4	24.6	19.5	26.7	22.5	29.8
Transport et chargement	4.0	4.0	5.5	5.5	7.0	7.0
Total	21.4	28.6	25.0	32.2	29.5	36.8
Charges du capital, 15 pour cent	9.1	9.9	15.4	16.3	24.4	25.6
Prix de vente:						
15 pour cent de charges du capital	30.5	38.5	40.4	48.5	53.9	62.4

V. LA FABRICATION DES ENGRAIS PHOSPHATES

A. ENGRAIS A BASE D'ACIDE PHOSPHORIQUE

Généralités

73. Les coûts de fabrication des produits phosphatés intermédiaires et des engrais phosphatés dépendent surtout du coût des matières premières - essentiellement phosphate naturel et soufre. Les investissements et l'utilisation de l'usine sont également très importants pour déterminer les coûts de production, en particulier sur les emplacements éloignés dans des pays en développement, où les besoins d'infrastructure peuvent être extrêmement onéreux.

74. Les coûts, tant d'investissement que d'exploitation, relatifs à la fabrication des engrais phosphatés, sont plus difficiles à estimer que pour les engrais azotés, car ils sont les uns et les autres influencés par des écarts considérables de coût et de qualité du phosphate naturel. Toutefois, les données sur les coûts de production sont établies dans la mesure du possible sous forme paramétrique, traduisant l'effet des principales variables. Plusieurs cas différents de production des engrais phosphatés ont été également envisagés, afin de montrer l'incidence que l'emplacement peut avoir sur les coûts de production.

Bases de comparaison des coûts

75. L'acide phosphorique, le superphosphate triple et les phosphates d'ammonium sont fabriqués en de nombreux points du globe, mais, depuis quelques années, on note une forte tendance à la fabrication de produits phosphatés intermédiaires sur la mine même de phosphate naturel, ou à proximité. Il y a à cela deux avantages principaux: tout d'abord, il est beaucoup plus économique de transporter un engrais ou un produit intermédiaire concentré que du phosphate naturel; ensuite, cette solution permet d'utiliser des phosphates naturels de moins bonne qualité. Dans bien des cas, l'élimination de l'effluent est aussi plus facile et moins coûteuse. Ces minerais, dont la valeur commerciale d'exportation serait relativement faible, peuvent être transformés en produits de haute qualité à la mine même, dans de grandes usines spécialement conçues pour traiter uniquement un certain type de matériau de base de qualité inférieure. Le broyage par voie humide dans les usines d'acide phosphorique situées à proximité de la mine permet aussi de réduire les coûts d'exploitation. Si on analyse les nouvelles usines construites récemment ou à l'étude pour les cinq prochaines années, on voit qu'elles seront en majorité implantées sur des lieux de production de minerais et que leur capacité moyenne se situera autour de 500 à 1 200 tonnes de P_2O_5 par jour.

76. Pour estimer les coûts, on suppose donc que le lieu d'implantation le plus probable d'une nouvelle usine d'acide phosphorique sera le point d'extraction du minerai et que pour des considérations tant économiques que techniques l'usine aura une capacité de 1 000 t/j de P_2O_5 , bien que ce puisse être sous forme de deux chaînes de production de 500 t/j. Une exception d'ordre général à ce cas: un emplacement où l'on ne produit pas de phosphate naturel, mais où on trouve à bon marché de l'acide sulfurique comme sous-produit d'une opération de fusion, ou encore des pyrites peu coûteuses.

77. Trois situations différentes ont été envisagées:

a) Usine d'engrais phosphatés dans une zone développée: Ce serait essentiellement le cas de nouvelles usines d'acide phosphorique à construire aux Etats-Unis (Floride), en Europe ou en Afrique du Nord (Maroc et Tunisie), où existe une infrastructure susceptible d'être utilisée pour la production, l'entreposage et le transport des engrais phosphatés. Cela suppose, par exemple, des installations portuaires et ferroviaires, des disponibilités en eau douce pour le traitement et le refroidissement, ainsi qu'une source d'énergie.

b) Usine d'engrais phosphatés dans une zone en développement où existe une certaine infrastructure: On suppose dans ce cas que la main-d'oeuvre locale participera à la construction de l'usine et qu'il y aura quelques installations portuaires et ferroviaires, même si celles-ci doivent être agrandies pour répondre aux besoins de la nouvelle usine. On suppose également que l'eau douce est disponible, mais qu'il faut prévoir d'accroître les ressources en énergie.

c) Usine d'engrais phosphatés dans un emplacement éloigné sans aucune infrastructure:
Le cas le plus probable est celui d'une zone désertique où il faudra pourvoir à toutes les installations nécessaires au transport, telles que voies ferrées, ports ou route, convoyeur et jetées. Il n'existe pas sur place de personnel pouvant participer à la construction et il faudra fournir toute l'infrastructure sociale telle que logements, etc. L'approvisionnement en eau douce et en énergie pourrait représenter une dépense majeure.

Dépenses d'investissement

78. Les dépenses d'investissement pour une usine d'acide phosphorique d'une capacité de 1 000 t/pj et une usine d'acide sulfurique correspondante ont été estimés selon les principes déjà utilisés pour les usines d'engrais azotés dans les pays développés ou en développement. Là encore, on s'est servi des estimations établies par la Banque mondiale pour évaluer plusieurs projets, ainsi que d'informations communiquées par l'industrie et par des firmes d'ingénierie. Toutes ces données ont été reçues et mises à jour en 1982. Dans le cas des usines de superphosphate triple, on suppose qu'une usine produisant 50 tonnes de granulés par heure est construite sur le même emplacement que l'usine d'acide phosphorique, de sorte que les dépenses d'investissement pour le superphosphate triple sont essentiellement celles de l'usine avec l'équipement correspondant, plus les entrepôts.

79. On a aussi envisagé le cas d'une usine de phosphate diammoniacal produisant 50 tonnes par heure. En général, les usines qui fabriquent du superphosphate triple peuvent aussi produire du phosphate diammoniacal, bien qu'il faille prévoir le matériel et l'équipement pour la réaction d'ammonisation, l'épuration de l'ammoniac, et son stockage. On suppose dans ce cas qu'on importera de l'ammoniac anhydre, qui sera stocké sous pression atmosphérique à basse température dans un réservoir de 15 000 tonnes.

Fonds de roulement

80. Dans le cas de l'acide phosphorique, on a calculé le montant du fonds de roulement nécessaire sur la base d'un stock de minerai pour 4 jours (en supposant que l'usine est à proximité de la mine), d'un stock de soufre pour 40 jours, et d'une quantité d'acide phosphorique équivalente aux ventes de 40 jours à prix coûtant. Pour le superphosphate triple, on a considéré que les besoins du fonds de roulement représentent quatre jours de stock de phosphate naturel, dix jours de stock d'acide phosphorique et les ventes de 40 jours de superphosphate triple à prix coûtant. Pour le phosphate diammoniacal, les besoins ont été basés sur 10 jours de stock d'acide phosphorique, 30 jours de stock d'ammoniac et les ventes de 40 jours de phosphate diammoniacal à prix coûtant.

Coûts des matériaux de base

81. Phosphate naturel et soufre sont les deux principales matières premières utilisées pour produire l'acide phosphorique et les acides phosphatés, encore que l'on puisse utiliser directement l'acide sulfurique produit à partir des gaz de fusion ou de pyrites, au lieu d'employer du soufre élémentaire. Les coûts des matières premières représentent normalement 60 à 70 pour cent des coûts de production.

Phosphate naturel

82. Pour la plupart des producteurs, le phosphate naturel représente le plus gros poste de dépense. Toutefois, la qualité du minerai varie considérablement selon la provenance, et ces différences peuvent avoir une influence majeure tant sur les coûts de production que sur les besoins d'investissement. Tous les phosphates naturels contiennent des impuretés généralement nuisibles au traitement industriel. Le fer, l'aluminium et le magnésium, par exemple, peuvent provoquer la formation de boues très gênantes; le fluor a tendance à créer des problèmes d'effluent liquide et gazeux; le chlore est très corrosif; les carbonates déterminent une consommation excessive d'acide sulfurique, et, quand ils se combinent avec de la matière organique, occasionnent du moussage. Outre sa composition chimique, les caractéristiques physiques (dureté, porosité, etc.) du minerai influent sur son aptitude à la transformation en acide phosphorique.

83. Bien que le phosphate naturel se vende généralement en fonction de sa teneur en P_2O_5 , il faut tenir compte aussi des facteurs précités quand on évalue les coûts globaux du minerai. En règle générale, toutefois, seules les meilleures qualités de phosphate naturel sont transportées hors du lieu d'extraction pour produire de l'acide phosphorique et du superphosphate triple, et il devient de plus en plus courant de traiter à la source les phosphates de basse qualité. Dans ce cas, on attribue au minerai une valeur moindre, même si normalement, du fait de sa qualité inférieure, il faut prévoir des dépenses d'investissement supplémentaires. Les données présentées dans le Tableau 3 supposent que le phosphate naturel coûtera 35 dollars E.-U. la tonne. Bien que les coûts de production risquent de varier fortement d'une nouvelle entreprise de phosphate naturel à l'autre, on a estimé que ce chiffre représentait un prix de vente moyen typique pour une nouvelle mine dont on extrait du phosphate naturel d'assez bonne qualité dans une zone en développement (Tableau 2). On a supposé dans ce cas que l'usine de production d'acide phosphorique serait adjacente à la mine.

Soufre

84. Le soufre est expédié en vrac, soit liquéfié, soit sous forme de solide en poudre ou en flocons. C'est un matériau relativement pur, de qualité constante, et qui ne pose pas de gros problèmes de traitement. Le soufre est brûlé pour fabriquer l'acide sulfurique que l'on fait ensuite réagir sur le phosphate naturel pour produire de l'acide phosphorique. A cours de la fabrication de l'acide sulfurique, il se dégage de la chaleur utilisée pour produire de l'électricité et de la vapeur qui peuvent être mises au crédit de l'utilisation du soufre.

85. Dans l'établissement des prix, celui du soufre, sortie usine, a été chiffré à 160 dollars la tonne. Les prix caf^{1/} du soufre ont atteint ces niveaux en 1980/81, bien qu'ils soient beaucoup tombés en 1982, en raison des très faibles coûts de transport et du fléchissement du marché du phosphate. Lorsque ce dernier se reprendra, on escompte que les prix du soufre remonteront à nouveau pour atteindre leur niveau de 1980. Toutefois, on peut ajuster les prix de vente en fonction d'un soufre donné en se servant des facteurs présentés au bas des Tableaux 3, 4 et 5. La quantité d'acide sulfurique nécessaire à la réaction sur le phosphate naturel varie selon la composition de celui-ci et le taux d'efficacité du processus. Dans les coûts présentés ci-après, on a tenu compte d'un rendement global de 98 pour cent pour l'usine d'acide sulfurique, et on a supposé, pour la fabrication d'acide phosphorique à partir du phosphate naturel, un rendement de 95 pour cent. La consommation spécifique d'acide sulfurique par tonne de P_2O_5 peut varier d'environ 2,4 à 3,0, selon la qualité du minerai. Dans le cas présent, on a pris pour base un phosphate naturel à taux 68/69 de BPL consommant 2,9 tonnes d'acide sulfurique par tonne de P_2O_5 .

Ammoniac

86. Le phosphate diammoniacal est souvent l'un des principaux engrais phosphatés produit dans un complexe spécialisé, mais comme il existe peu d'endroits où l'on trouve réunis les deux matériaux de base pour la fabrication d'ammoniac et d'acide phosphorique, on importe habituellement le premier sur les lieux de fabrication du second. L'ammoniac est expédié sous forme de liquide anhydre; quand les quantités à stocker dépassent environ 2 000 tonnes, on utilise normalement des réservoirs réfrigérés non pressurisés.

87. Le prix de l'ammoniac anhydre a varié considérablement ces dernières années, mais son prix moyen fob est aujourd'hui à un niveau très bas et beaucoup plus faible que celui exigé pour justifier de nouveaux investissements. Les prix stables à long terme de l'ammoniac dépasseront sans doute de beaucoup ces niveaux à mesure que les prix de l'énergie augmenteront en termes réels. Ces prix sont beaucoup plus élevés que les cours actuels qui ne reflètent pas le coût réel de l'énergie. Les prix de l'ammoniac monteront sans doute sensiblement à l'avenir en fonction de l'accroissement des prix de l'énergie et, dans certains cas, pourraient largement dépasser 200 dollars E.-U. la tonne. L'effet de la fluctuation des prix de l'ammoniac sur les prix de vente du phosphate diammoniacal peut être calculé à partir du facteur présenté au bas du Tableau 4. Dans notre modèle, nous avons pris comme base le prix de 200 dollars par tonne ex-usine.

^{1/} Coût, assurance et fret.

88. En ce qui concerne le traitement, on a supposé, pour l'ammoniac, un taux d'efficacité de 97 pour cent. L'ammonisation de l'acide phosphorique provoque habituellement une certaine réversion de P_2O_5 soluble dans l'eau en P_2O_5 insoluble. Pour compenser cet inconvénient, et d'autres pertes, on a affecté au P_2O_5 un rendement de 98 pour cent dans la fabrication du phosphate diammoniacal.

Autres dépenses variables

89. Les autres coûts variables ne constituent pas un poste de dépense majeure, et les différences d'un emplacement à l'autre, soit par objet, soit globalement, à l'exception de l'élimination du gypse, dont il sera question plus loin, n'influent pas sensiblement sur les coûts totaux de production. Les autres dépenses variables s'appliquent principalement à l'eau, l'électricité, la vapeur et les produits chimiques.

Coûts de l'énergie

Acide phosphorique

90. Quoique, d'après le Fertilizer Institute Survey de 1980, les besoins moyens en énergie par tonne de P_2O_5 , aux Etats-Unis s'élèvent à environ 9 millions de BTU, certaines usines dans ce pays obtiennent de bien meilleurs résultats, comme le montrent les chiffres interquartiles inférieurs cités ci-après:

<u>Opération</u>	<u>Besoins en énergie en millions de BTU par tonne de P_2O_5</u>
Acide de qualité filtre	2,5
Concentration pour obtenir une qualité marchande	4,4
Energie récupérée	-5,7
Besoins nets en énergie	1,2

Pour l'estimation des coûts, on présume que la consommation en énergie des nouvelles usines ne devrait pas dépasser environ 2,0 millions de BTU, qui, au prix actuel de l'énergie en équivalent pétrole à raison de 5 dollars E.-U. le million de BTU, s'éleverait à 10 dollars E.-U. la tonne de P_2O_5 lorsque l'on commence avec du phosphore trié par voie humide et du soufre.

Superphosphate triple

91. Les principaux coûts de l'énergie pour la production de superphosphate triple concernent l'électricité pour l'usine de granulation et de séchage et le gaz ou mazout nécessaire pour sécher le produit. D'après le Fertilizer Institute Survey, il faut compter à peu près 1,6 million de BTU par tonne métrique de superphosphate triple avec une gamme interquartile d'environ 1,2 à 3,0 millions de BTU. Pour une nouvelle usine, on a supposé qu'il serait possible de réduire ce chiffre à quelque 1,2 million de BTU équivalant à un coût de l'énergie de 6 dollars E.-U., dont environ un tiers serait exigé pour l'électricité, et le reste sous forme de gaz ou de mazout pour le séchage.

Phosphate diammoniacal

92. Les besoins en énergie pour la production de phosphate diammoniacal granulé sont analogues aux besoins en superphosphate triple granulé, sauf qu'il faut moins d'énergie pour le processus de séchage, du fait qu'une partie de la chaleur engendrée par l'ammonisation peut être utilisée à cette fin. Dans l'enquête du TFI, l'énergie moyenne utilisée pour produire une tonne de phosphate diammoniacal s'élève en moyenne à 1,1 million de BTU, dont environ la moitié serait nécessaire sous forme d'électricité et le reste sous forme de gaz ou de pétrole pour le séchage. On a retenu pour l'énergie un coût de 5 dollars E.-U.

Elimination du gypse

93. On n'a pas prévu de coût supplémentaire pour l'élimination du gypse, sous-produit de réaction (5 tonnes de $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ par tonne de P_2O_5). On suppose que les investissements comprennent l'équipement (conduite, etc.) nécessaire à l'évacuation du gypse. Il est à noter, toutefois, que celle-ci pose de plus en plus de problèmes aux usines d'acide phosphorique, surtout dans les zones industrialisées. Très souvent, aujourd'hui, il est impossible d'obtenir l'autorisation de rejeter le gypse dans les estuaires, et les coûts qu'implique son évacuation peuvent atteindre jusqu'à 20 dollars E.-U. par tonne de P_2O_5 .

Récupération du fluor

94. La réglementation relative aux émissions de fluor devient de plus en plus stricte aux Etats-Unis et en Europe (toutes deux grandes régions productrices de P_2O_5) et on prévoit qu'elle aura à l'avenir une incidence sur la rentabilité de la production d'acide phosphorique dans ces régions. Toutefois, aux fins du présent rapport, on a supposé que la récupération du fluor n'augmentera pas sensiblement les coûts de production de l'acide phosphorique.

Récupération de l'uranium

95. Dans certaines usines d'acide phosphorique, on récupère l'uranium sous forme de "concentré orange" à partir de l'acide avant sa concentration. La teneur en uranium du phosphate naturel varie considérablement d'un gisement à l'autre, et comme la récupération de l'uranium est encore une pratique assez limitée et ne constitue pas généralement un facteur économique d'importance majeure dans la production de l'acide phosphorique, on ne l'a pas inclus dans ces données.

Frais fixes

96. Main-d'oeuvre et frais généraux: Les coûts de la main-d'oeuvre et les frais généraux afférents à la production d'acide phosphorique et d'acide sulfurique ne devraient pas beaucoup varier d'un emplacement à l'autre, ni même pour toute la gamme de capacités d'usines d'acide phosphorique. Dans une certaine mesure, le faible coût de la main-d'oeuvre dans les pays en développement est contrebalancé par l'importance des effectifs et parfois par l'emploi d'une main-d'oeuvre étrangère coûteuse. D'une manière générale, cependant, les coûts seraient légèrement plus faibles dans les pays en développement, mais non pas de façon significative.

97. Dépenses liées aux investissements: On a supposé un amortissement linéaire sur douze ans. On a aussi prévu une provision de 2/3 pour cent par an de l'investissement total pour les assurances. L'entretien représenterait 3 pour cent par an de l'investissement.

Charges du capital

98. Les prix de vente ont été calculés en fonction d'une certaine gamme de charges du capital nécessaires pour assurer le service de la dette et pour rentabiliser suffisamment les actions.

Taux d'exploitation

99. Les usines d'acide phosphorique ont un régime de production beaucoup plus souple que celles d'engrais azotés: elles sont en général capables de supporter une baisse bien plus sensible de leur taux d'exploitation. Elles sont capables aussi de fonctionner de façon assez satisfaisante au-dessus de leur capacité nominale, en sacrifiant quelque peu le rendement des matières premières. La capacité des usines d'acide phosphorique varie aussi considérablement selon la qualité du phosphate naturel, de sorte que les producteurs peuvent compenser éventuellement des contraintes du marché en traitant des minerais de qualité inférieure, donc moins coûteux, avec des rendements moindres.

Dépenses d'investissement, coûts de production et prix de vente comparés

100. Les coûts de fabrication d'acide phosphorique selon les différents emplacements hypothétiques figurent au Tableau 3; ceux relatifs au superphosphate triple, au

Tableau 4; et ceux pour le phosphate diammoniacal, au Tableau 5. Dans les calculs correspondant au superphosphate triple et au phosphate diammoniacal, on a supposé, dans un cas, que l'acide phosphorique serait transporté sur le même emplacement jusqu'à une usine de superphosphate triple ou de phosphate diammoniacal, et le prix de transfert tient compte d'un rendement de 10 pour cent sur les investissements fournis par l'usine d'acide phosphorique, ainsi que d'un taux d'exploitation de 90 pour cent, partant de l'hypothèse que le transport entre unités pourrait se faire dans des conditions plus favorables que les ventes d'exportations. Dans l'autre cas, on a supposé 15 pour cent de charges du capital. On a supposé également dans les estimations que le phosphate naturel coûterait 35 dollars E.-U. la tonne, et le soufre 160 dollars la tonne, mais comme il est indiqué, il est facile de les ajuster aux coûts de production et prix de vente correspondant à d'autres prix du phosphate naturel et du soufre.

Analyse des résultats

101. Le coût de production d'engrais phosphatés varie de façon significative d'un emplacement à l'autre, selon les dépenses d'investissement et l'envergure de l'entreprise. Les coûts des matières premières sont un élément très important, voire le plus important et, dans certains cas, compte pour jusqu'à 80 pour cent des coûts de production, et 60 à 70 pour cent des prix de vente. Les dépenses de transport sont un autre facteur important dont il faut tenir compte, en particulier quand on doit importer tant le soufre que le phosphate naturel.

102. En raison de ces facteurs, on tend de plus en plus à produire les engrais phosphatés dans des unités intégrées à proximité de la mine, vu que cette solution offre des avantages aussi bien sur le plan du transport que sur celui des coûts d'exploitation.

103. Afin de faire ressortir ces avantages, on a calculé le coût total de production des quantités livrées pour les engrais phosphatés sur la base, dans un cas, d'une production verticalement intégrée et, dans l'autre cas, sur la base de phosphate naturel importé. Les résultats apparaissent à la Figure 1.

104. Dans le cas du producteur intégré, on a supposé que le phosphate naturel ne nécessite pas de séchage et cela, ajouté aux économies réalisées sur les frais de chargement, équivaut à environ 5 dollars E.-U. par tonne de phosphate naturel importé. Lorsqu'on importe le produit fini plutôt que le phosphate naturel, on peut réduire le coût total du transport d'environ 60 pour cent (à condition que le coût du transport du soufre soit le même dans les deux cas).

105. Dans la pratique, les économies seront sans doute plus importantes que prévu si l'on tient compte d'une structure de prix à deux étages pour le phosphate naturel destiné à la production intérieure et extérieure, ainsi que du fait qu'on utilise généralement un phosphate naturel de qualité inférieure pour la production intégrée.

106. Sur la base des hypothèses sur lesquelles repose l'estimation des coûts de production, la fourchette la plus probable des prix de vente susceptibles de justifier des investissements futurs sera la suivante:

Acide phosphorique	425-450 dollars E.-U. la tonne
Superphosphate triple	200-220 dollars E.-U. la tonne
Phosphate diammoniacal	300-320 dollars E.-U. la tonne

107. Ces estimations ne tiennent pas compte de l'accroissement éventuel du coût de l'énergie en termes réels. A ne pas oublier, toutefois, lorsqu'on évalue les prix de vente des engrais phosphatés dans différentes situations, qu'il existe un écart relativement marqué entre ces prix. Les fourchettes citées ci-dessus se rapportent aux emplacements favorables (zones développées existantes), car ce sont ces derniers qui encourageront sans doute de nouveaux investissements, mais, en même temps, il ne faut pas oublier que des approvisionnements suffisants provenant de ces emplacements risquent de se heurter à des contraintes à l'avenir. En pareil cas, il est plus probable que les prix d'exportation seront fonction des prix de vente nécessaires pour encourager les producteurs marginaux à pénétrer sur le marché. Il est certain qu'à court terme le surcroît de l'offre d'engrais phosphatés portera à la baisse des prix et découragera les nouveaux investisseurs, mais cette situation ne devrait pas se poursuivre au-delà de 1985/86.

ESTIMATIONS DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET DES COUTS DE PRODUCTION DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE

(en dollars E.-U./tonne - 1982)

Dimension: 1 000 t/j (P_2O_5 à 100 pour cent)
 Utilisation de la capacité: 90 pour cent
 Capacité: 330 jours/an
 330 000 tonnes/an P_2O_5
 Production: 297 000 tonnes/an

Emplacement	Zone développée	Zone en développement (avec une certaine infrastructure)	Zone en développement (emplacement éloigné)
Investissement usine en millions de \$ E.-U.	132	210	282
Fonds de roulement en millions de \$ E.-U.	21	23	25
Investissement total en millions de \$ E.-U.	153	233	307
<u>Matières premières en \$ E.-U./tonne</u>			
Phosphate naturel (3,4 tonnes à 35 \$ E.-U./tonne)	119.0	119.0	119.0
Soufre (0,976 tonne à 160 \$ E.-U./tonne)	156.8	156.8	156.8
<u>Autres coûts variables en \$ E.-U./tonne</u>	15.0	15.0	15.0
<u>Frais fixes en \$ E.-U./tonne</u>	66.8	98.3	127.4
<u>Coûts de production en \$ E.-U./tonne</u>	357.6	389.1	418.2
<u>Charges du capital (15 pour cent) en \$ E.-U./tonne</u>	77.4	117.6	155.1
<u>Prix de vente en \$ E.-U./tonne (sortie usine)</u>	435.0	506.7	573.3

Chaque fois que le prix du phosphate naturel augmente de 1 dollar la tonne, les coûts de production du P_2O_5 augmentent de 3,4 dollars E.-U./tonne.
 Chaque fois que le prix du soufre augmente de 1 dollar la tonne, les coûts de production du P_2O_5 augmentent de 0,98 dollar E.-U./tonne.

ESTIMATIONS DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET DES COUTS DE PRODUCTION DU SUPERPHOSPHATE TRIPLE GRANULE

(en dollars E.-U./tonne - 1982)

Dimension: 1 200 tpj de produit en vrac (P₂O₅ à 46 pour cent)
 Utilisation de la capacité: 90 pour cent
 Capacité: 330 jours/an
 396 000 tonnes/an de SPTG
 Production: 356 400 tonnes/an de SPTG

Emplacement	Zone développée		Zone en développement (avec une certaine infrastructure)		Zone en développement (emplacement éloigné)	
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Investissement usine en millions de \$ E.-U.	39		45		48	
Fonds de roulement en millions de \$ E.-U.	11		12		14	
Investissement total en millions de \$ E.-U.	50		57		62	
<u>Matières premières en millions de \$ E.-U./tonne</u>	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Phosphate naturel (0,44 tonne à 35 \$ E.-U./tonne)	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
Acide phosphorique - 0,34 tonne	139.1	147.9	159.0	172.3	177.3	194.9
<u>Autres coûts variables en \$ E.-U./tonne</u>	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
<u>Frais fixes en \$ E.-U./tonne</u>	15.8	15.8	18.0	18.0	19.0	19.0
<u>Coût de production en \$ E.-U./tonne</u>	177.3	186.1	199.4	212.7	218.7	236.3
<u>Charges du capital (15 pour cent) en \$ E.-U./tonne</u>	21.0	21.0	24.0	24.0	26.1	26.1
<u>Prix de vente en \$ E.-U./tonne</u>	198.3	207.1	223.4	236.7	244.8	262.4

(a) Sur la base du phosphate naturel à 35 \$ E.-U./tonne et du soufre à 160 \$ E.-U./tonne et de 10 pour cent de charges du capital.

(b) Sur la base du phosphate naturel à 35 \$ E.-U./tonne et du soufre à 160 \$ E.-U./tonne et de 15 pour cent de charges du capital.

Chaque fois que le phosphate naturel augmente de 1 dollar/tonne, les coûts de production du SPT augmentent de 1,60 \$ E.-U./tonne.

Chaque fois que le soufre augmente de 1 dollar/tonne, les coûts de production du SPT augmentent de 0,33 \$ E.-U./tonne.

ESTIMATIONS DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET DES COÛTS DE PRODUCTION DU PHOSPHATE DIAMMONIACAL

(en dollars E.-U./tonne - 1982)

Dimension: 1 200 t/j de produit en vrac (18-46-0)
 Utilisation de la capacité: 90 pour cent
 Capacité: 330 jours/an
 396 000 tonnes/an de phosphate diammoniacal
 Production: 356 400 tonnes/an de phosphate diammoniacal

Emplacement	Zone développée		Zone en développement (avec une certaine infrastructure)		Zone en développement (emplacement éloigné)	
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Investissement usine en millions de \$ E.-U.	47		53		56	
Fonds de roulement en millions de \$ E.-U.	15		17		19	
Investissement total en millions de \$ E.-U.	62		70		75	
<u>Matières premières en \$ E.-U./tonne</u>						
Acide phosphorique - 0,47 tonne de P ₂ O ₅	192.3	204.4	219.7	238.1	245.1	269.5
Ammoniac - 0,225 de NH ₃	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
<u>Autres coûts variables en \$ E.-U./tonne</u>	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
<u>Frais fixes en \$ E.-U./tonne</u>	18.7	18.7	20.7	20.7	21.7	21.7
<u>Coût de production en \$ E.-U./tonne</u>	263.0	275.1	292.4	310.8	318.8	343.2
<u>Charges du capital (15 pour cent) en \$ E.-U./tonne</u>	26.1	26.1	29.4	29.4	31.8	31.8
<u>Prix de vente en \$ E.-U./tonne</u>	289.1	301.2	321.8	340.2	350.6	375.0

(a) Calculé sur la base du prix du phosphate naturel à 35 \$ E.-U./tonne et du soufre à 160 \$ E.-U./tonne et de 10 pour cent de charges du capital.

(b) Calculé sur la base du prix du phosphate naturel à 35 \$ E.-U./tonne et du soufre à 160 \$ E.-U./tonne et de 15 pour cent de charges du capital.

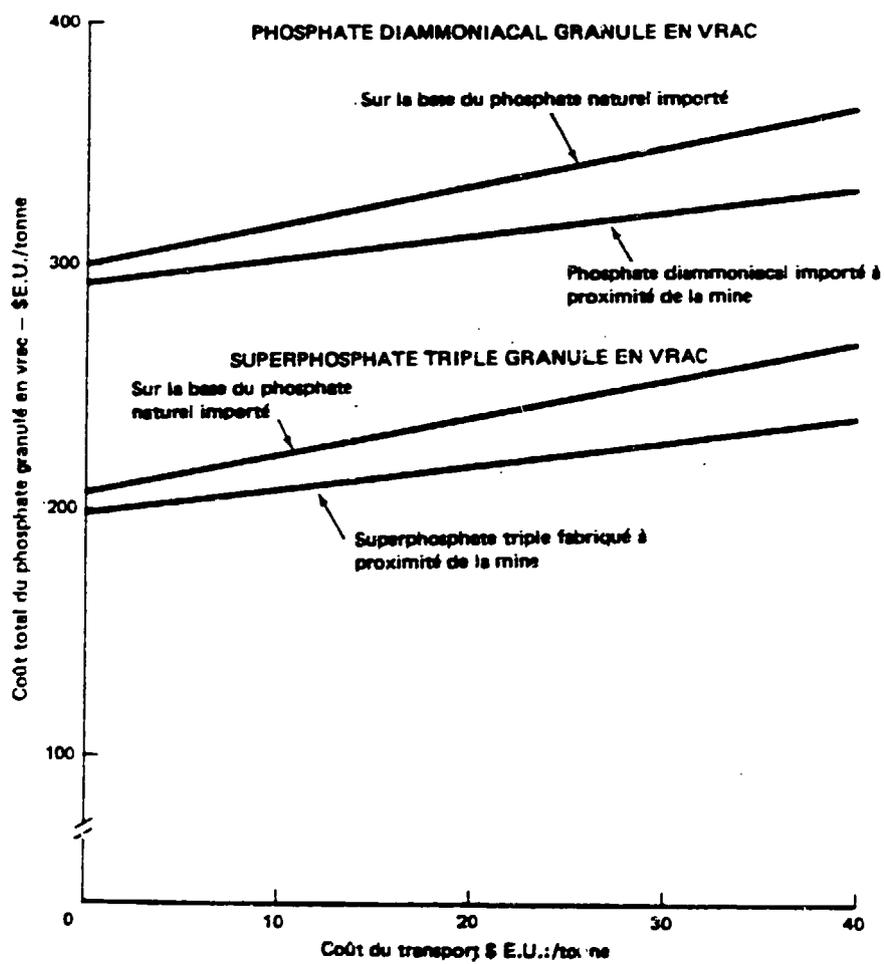
Chaque fois que le phosphate naturel augmente de 1 dollar/tonne, les coûts de production du phosphate diammoniacal augmentent de 1,60 \$ E.-U./tonne.

Chaque fois que le soufre augmente de 1 dollar/tonne, les coûts de production du phosphate diammoniacal augmentent de 0,46 \$ E.-U./tonne.

Chaque fois que l'ammoniac augmente de 1 dollar/tonne, les coûts de production du phosphate diammoniacal augmentent de 0,225 \$ E.-U./tonne.

FIGURE 1

Comperaison des coûts totaux d'engrais phosphatés de projets intégrés et non-intégrés



B. NITROPHOSPHATES

Généralités

108. Le terme "nitrophosphates" s'applique au processus et aux produits faisant appel à l'acide nitrique pour aciduler le phosphate naturel. Dans la plupart des cas, on se sert aujourd'hui d'acide sulfurique pour fabriquer des engrais phosphatés, et ce n'est qu'en Europe de l'Est et de l'Ouest, et dans une certaine mesure en Inde, au Pakistan et en Chine, que l'on utilise les procédés aux nitrophosphates. L'un des principaux avantages qu'ils offrent réside dans le fait qu'ils n'exigent pas de soufre et que lorsque les prix de ce dernier sont relativement élevés, ce qui est le cas actuellement, les nitrophosphates font toujours l'objet d'un regain d'intérêt.

109. Bien que ce processus soit utilisé depuis longtemps, surtout en Europe où il a été mis au point, sa généralisation a été limitée dans le passé par son coefficient relativement faible d'hydrosolubilité. Les progrès techniques réalisés récemment ont largement permis de surmonter ces limitations et, dans certaines situations, les processus faisant appel aux nitrophosphates offrent un avantage économique potentiel par rapport à d'autres. L'une des caractéristiques du processus de base qui, dans certains cas, pourrait présenter un inconvénient, réside dans le fait que le rapport global des éléments fertilisants résultant d'un processus à base de nitrophosphates est d'environ 2:1, N:P₂O₅. Ce processus sera sans doute donc plus apprécié dans les zones où la demande d'azote est forte. En général, il ne conviendrait guère aux pays producteurs de phosphate traité aux fins d'exportation, à moins qu'ils ne possèdent des ressources naturelles aussi bien en phosphate qu'en gaz naturels pour la production d'ammoniac.

110. La situation la plus probable pour la production rentable de nitrophosphates par rapport à l'utilisation d'acide sulfurique est celle d'un pays faisant appel à des quantités assez importantes d'engrais, de préférence à l'aide d'une source d'ammoniac bon marché, où le nitrate d'ammonium est l'engrais azoté préféré et où il existe une demande saisonnière assez uniforme d'engrais dont le rapport N:P₂O₅ est relativement élevé.

111. Le présent document a pour but d'évaluer les aspects économiques de la production de nitrophosphates et de les comparer avec d'autres méthodes de production de quantités équivalentes d'éléments fertilisants. Toutefois, il s'agit là d'une évaluation très complexe, car il n'est pas possible de retenir une base de comparaison s'appliquant à toutes les situations de production, de composition, de capacité d'usine, etc., comme on le verra plus bas.

112. La plupart des comparaisons précédentes sont fondées sur un rapport de 1:1, N:P₂O₅ de nitrophosphate à l'aide de nitrate d'ammonium en perles comme produit accessoire, et c'est de ce rapport et de ce mélange de produit que l'on s'est également servi en l'occurrence. Dans l'un et l'autre cas, on a choisi une usine hypothétique d'ammoniac de 1 000 t/j, ce qui serait suffisant pour une grande usine rentable de fabrication soit d'urée, soit de nitrophosphates. L'anhydride carbonique, sous-produit de la production d'ammoniac, est nécessaire tant à la production d'urée qu'à celle de nitrophosphates.

Les deux cas envisagés sont décrits ci-après.

Cas A - Processus aux nitrophosphates

113. Il s'agit d'une usine d'ammoniac d'une capacité de 1 000 t/j à base de gaz naturel comme carburant et matière première; d'une usine d'acide nitrique, d'une usine de nitrophosphates et d'une usine de nitrate d'ammonium en perles d'une capacité annuelle de 554 400 tonnes de NP, 22-22-0 et de 412 500 tonnes de nitrate d'ammonium en perles (33,5 pour cent de N); et de phosphate naturel à taux 68 de BPL, soit importé, soit produit localement. On a présumé que l'usine est conçue de manière à produire une composante en phosphates hydrosolubles de 80 à 85 pour cent, dont l'assimilabilité des phosphates par le sol serait plus ou moins équivalente à celle du superphosphate triple employé actuellement dans le commerce.

Cas B - Acide sulfurique pour la fabrication de phosphate traité

114. On a pris une usine d'une capacité de 1 000 t.p.j. faisant appel au gaz naturel comme combustible et comme matériau de base et une usine d'urée de 1 670 t.p.j. En l'occurrence, on a supposé que le superphosphate triple est soit acheté, soit produit sur place. Le coût du superphosphate triple est fondé sur les coûts de production présentés à la Section 4, plus les frais de transport et d'ensachage, pour pouvoir procéder à des comparaisons à partir d'une base analogue.

Processus de fabrication de nitrophosphates

115. Il existe divers processus de fabrication de nitrophosphates utilisés actuellement, mais ils sont tous essentiellement fondés sur la solubilisation du phosphate naturel avec de l'acide nitrique, et l'élimination successive du nitrate de calcium, généralement par refroidissement à basse température, cristallisation et filtrage. Le pourcentage de nitrate de calcium éliminé détermine l'hydrosolubilité finale de la composante phosphate. La solution mère est neutralisée avec de l'ammoniac, concentrée, puis soit mise en perles, soit granulée pour donner un composé de N/P_2O_5 .

116. On peut utiliser le sous-produit nitrate de calcium aussi bien pour la production de nitrate d'ammonium que pour la transformation en nitrate d'ammonium calcique. Dans la présente comparaison, on présume que le nitrate d'ammonium en perles est produit à partir de nitrate de calcium grâce à l'utilisation du sous-produit anhydride carbonique provenant de l'usine d'ammoniac. On trouvera des descriptions plus détaillées de ce processus dans la littérature technique.

Base d'évaluation

117. Afin de combler la différence qui existe dans la teneur des produits en éléments fertilisants, la comparaison des coûts est fondée sur le coût d'une tonne de P_2O_5 contenue dans le produit. Le coût de production d'une tonne de P_2O_5 par le procédé aux nitrophosphates est comparé avec celui, soit de la production, soit de l'importation, d'une tonne de P_2O_5 sous forme de superphosphate triple granulé. Aux fins de comparaison entre la production de superphosphate triple et celle de nitrophosphates, il faut aussi inclure le coût de l'ensachage et des sacs pour le superphosphate triple. Dans le présent rapport, on a inclus les prix de vente du superphosphate triple, plus transport (le cas échéant) et ensachage, aux fins de comparaison avec la production de nitrophosphates. On a présumé que le prix de vente d'une tonne d'éléments fertilisants azotés provenant de la fabrication de nitrophosphates équivaldrait au coût d'une tonne d'azote sous forme d'urée produite sur le même emplacement.

118. Les prix de vente de l'urée dans différentes situations, tels qu'ils sont calculés dans la présente section de ce rapport ont été utilisés pour établir la valeur d'une tonne d'éléments fertilisants azotés produite soit sous forme d'une base N/P_2O_5 , soit sous forme de nitrate d'ammonium en perles dans le complexe de nitrophosphates.

119. Aux fins de comparaison on a choisi une usine d'ammoniac de 1 000 t.p.j, mais il existe un léger écart entre les deux produits dû à des petites différences de processus, de rendement, etc. La rentabilité relative de la production de phosphates obtenus à partir d'acide sulfurique et celle de nitrophosphates sont aussi fonction des coûts relatifs du transport et du soufre, et les effets de ces deux postes doivent être inclus dans l'évaluation.

Dépenses d'investissement

120. Les dépenses d'investissement, dont on trouvera un résumé au Tableau 6, ont été estimées de la même manière que pour les autres éléments fertilisants étudiés dans le présent rapport pour différents types d'emplacements. Les dépenses d'investissement pour un complexe de nitrophosphates sont généralement supérieures à celles exigées pour l'usine d'acide sulfurique, et les charges du capital supplémentaires doivent donc être mises en regard des économies de soufre. Les dépenses d'investissement pour l'usine d'ammoniac et infrastructure connexe seraient les mêmes pour les deux méthodes envisagées.

Coûts de l'énergie et des matières premières.

121. Très peu de données ont été publiées sur les coûts de l'énergie et des matières premières pour la fabrication de nitrophosphates, encore qu'il soit assez facile de calculer les besoins théoriques. Toutefois, en général, il existe une différence significative entre les utilisations théoriques et effectives, différence dont on a tenu compte pour estimer les coûts de production. Cependant, la plus grande partie de la consommation d'énergie est consacrée à la production d'ammoniac. L'usine d'acide nitrique est exothermique, avec récupération nette d'énergie.

122. La quantité totale d'énergie exigée pour produire une tonne de 22:22:0 et 0,75 tonne de nitrate d'ammonium annexe sous forme de sous-produit a été estimée à environ 31 millions de BTU, ce qui est à peu près égal à la production d'une quantité équivalente d'azote sous forme d'urée. Compte tenu des besoins en énergie relativement limités pour la production intégrée de superphosphate triple, il n'y aurait qu'une légère différence entre les quantités totales d'énergie exigées pour la production d'engrais, aussi bien à partir de nitrophosphates qu'à partir d'acide sulfurique. Il faut compter environ 3,32 tonnes de phosphate naturel pour produire une tonne de P_2O_5 sous forme de nitrophosphates, sur la base d'un phosphate naturel à taux 68 BPL, dont le coût a été établi à 35 dollars E.-U. la tonne, transport non compris.

Autres dépenses variables

123. Les autres dépenses variables sont constituées par les sacs, les produits chimiques, les catalyseurs et l'eau, toutes les dépenses afférentes à l'énergie étant comptabilisées ailleurs. Généralement, en termes de tonnes de produit, les dépenses variables imputables soit à la production de nitrophosphates, soit à celle d'acide sulfurique sont très analogues, mais étant donné que les nitrophosphates sont moins concentrés, les autres dépenses variables par tonne d'engrais sont un peu plus élevées dans le premier cas.

Frais fixes

124. Afin de comparer les deux méthodes à partir de la même base, on a adopté (a) pour la main-d'oeuvre et les frais généraux, (b) pour les dépenses liées aux investissements et (c) pour les charges du capital, des hypothèses analogues à celles retenues pour l'urée et le superphosphate triple, et celles-ci sont décrites ailleurs dans le présent document.

Dépenses d'investissement et coûts de production

125. On trouvera au Tableau 6 et à l'Annexe 12 les dépenses d'investissement et les coûts de production, ainsi que les prix de vente comparatifs pour une gamme de situations dans différents emplacements. Les procédés faisant appel aux nitrophosphates citent en général deux produits: une base N/ P_2O_5 et un produit azoté simple. Dans ce dernier cas, ces deux produits sont les suivants: 22:22:0 et 33,5:0:0. La formule moyenne par tonne de produit est de 26,9:12,6:0 et on a calculé les coûts de production sur cette base dans le but de les comparer avec d'autres processus.

Analyse des résultats

126. Les coûts comparatifs pour les nitrophosphates et autres processus sont donnés à la Figure 2. Les graphiques ont essentiellement pour but de comparer le coût de production d'une tonne de P_2O_5 à partir du processus faisant appel au nitrophosphate avec celui d'une tonne de P_2O_5 produite sous forme de superphosphate triple. Cela permet d'établir un lien entre l'effet des prix du soufre sur la production de superphosphate triple, et le coût du transport aussi bien du phosphate naturel que du superphosphate triple pour l'établissement des coûts comparatifs.

127. Les graphiques font ressortir qu'en général, compte tenu de la gamme actuelle et prévue des prix du soufre et du transport, le processus faisant appel au nitrophosphate serait plus rentable que l'autre méthode. Il est évident que si cette comparaison avait été fondée sur du phosphate diammoniacal plutôt que du superphosphate triple, les avantages apparents auraient été plus marqués.

128. Toutefois, le choix des nitrophosphates dépend surtout de leur commodité et de leur efficacité en tant que fertilisant. Par exemple, l'Egypte, qui possède à la fois du phosphate et du gaz naturel, et où l'azote des "nitrates" est hautement apprécié, semblerait se prêter particulièrement bien à la fabrication de nitrophosphate tout comme d'autres pays, qui font un large usage d'engrais, tels que l'Inde, l'Indonésie, la Chine et l'URSS.

129. Pour ce qui est de l'Inde, on estime qu'avec les prix actuels caf du soufre et les taux de fret pour le phosphate naturel en provenance de Jordanie, l'adoption du nitrophosphate pourrait se traduire par un bénéfice d'environ 30 dollars E.-U. la tonne de P_2O_5 , sortie usine dans le pays, par rapport au superphosphate triple importé.

130. Toutefois, une telle comparaison exige que l'on tienne compte de deux autres facteurs. Premièrement, on n'a pas pensé à la possibilité de tirer des avantages de l'utilisation du phosphate naturel traité par voie humide pour la fabrication de l'acide phosphorique exigé pour la production de superphosphate triple, ce qui permettrait de réduire d'environ 8 dollars E.-U. la tonne le coût d'une tonne de P_2O_5 produite à partir de superphosphate triple.

131. Deuxièmement, la concentration globale de nitrophosphates et de nitrate d'ammonium serait approximativement inférieure de 15 pour cent à celle d'une quantité correspondante d'éléments fertilisants fournis sous forme d'urée et de superphosphate triple, ce qui augmenterait les coûts d'entreposage et de distribution avant que l'engrais n'atteigne l'agriculteur. Par exemple, en Inde, on estime qu'il s'agit là d'un accroissement des coûts équivalant à plus ou moins 3 dollars E.-U. la tonne de produit, soit environ 6 dollars E.-U. la tonne de P_2O_5 .

132. Même alors, la méthode faisant appel au nitrophosphate offre des avantages économiques, à condition de pouvoir facilement intégrer le produit composé dans le secteur engrais d'un pays. Si le prix du soufre demeure relativement élevé, ce qui est probable, ces avantages resteront.

ESTIMATIONS DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET DES COÛTS DE PRODUCTION POUR NITROPHOSPHATE ET NITRATE D'AMMONIUM

(en dollars E.-U./tonne - 1982)

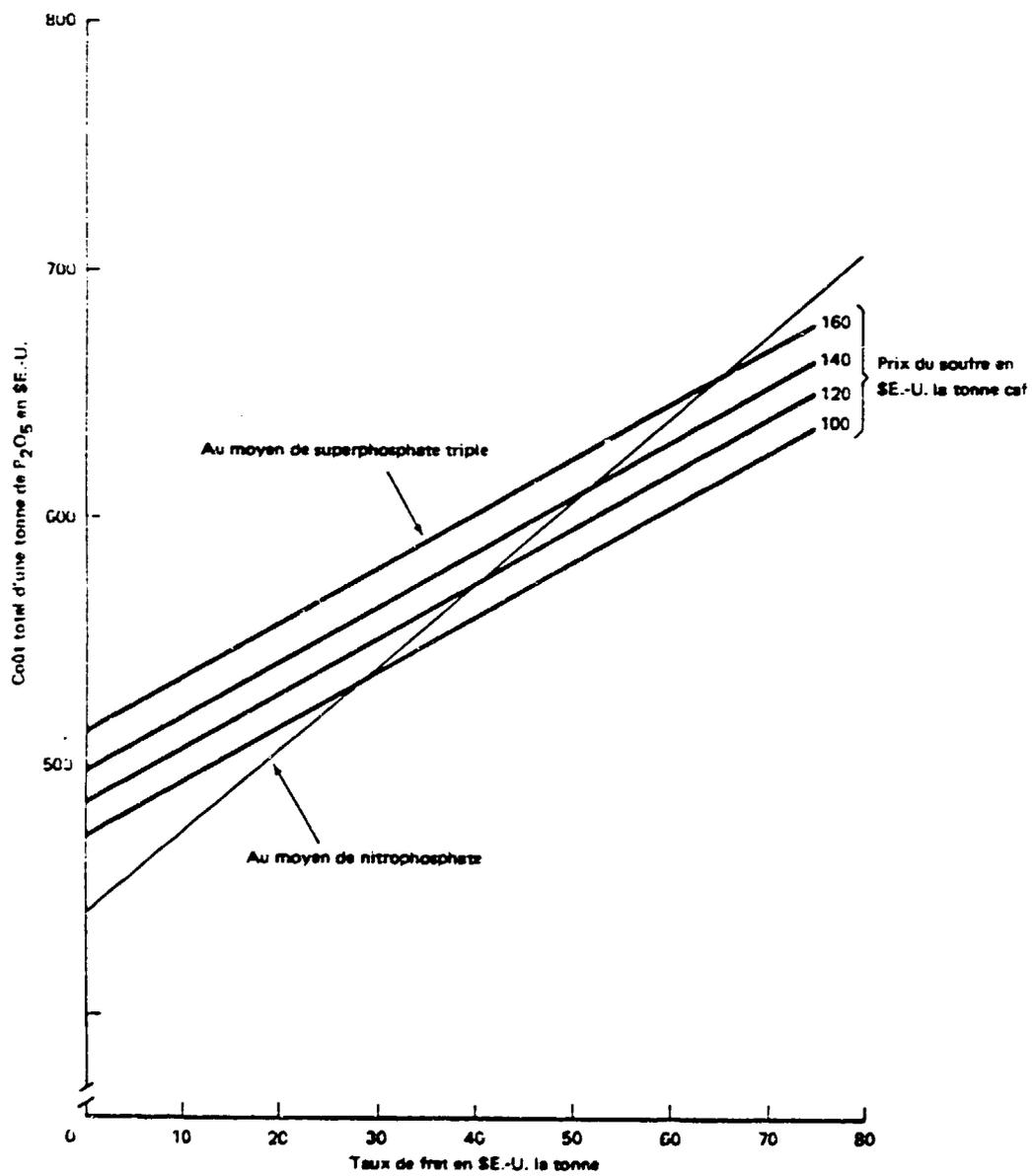
Dimension: Usine d'ammoniac de 1 000 t/j en aval avec un complexe de fabrication de nitrophosphates
 Utilisation de la capacité: 90 pour cent
 Capacité: 330 jours/an
 554 400 tonnes/an 22:22:0 (composé de NP en perles, ensaché)
 412 500 tonnes/an 33,5:0:0 (nitrate d'ammonium en perles, ensaché)
 966 900 tonnes/an concentration moyenne totale des produits 26,9:12,6:0
 Production: 498 960 tonnes/an 22:22:0 (composé de NP en perles, ensaché)
 371 250 tonnes/an 33,5:0:0 (nitrate d'ammonium en perles, ensaché)
 870 210 tonnes/an concentration moyenne totale des produits 26,9:12,6:0

Emplacement	Zone développée	Zone développée	Zone en développement (avec une certaine infrastructure)	Zone en développement (emplacement éloigné)
Investissement usine en millions de \$ E.-U.	354	354	463	555
Fonds de roulement en millions de \$ E.-U.	26	32	47	59
Investissement total en millions de \$ E.-U.	380	386	510	614
Matières premières				
Gaz naturel en \$ E.-U./million de BTU	3.0	5.0	2.0	1.0
Gaz naturel en \$ E.-U./tonne de produit	53.0	88.3	35.3	17.7
Phosphate naturel en \$ E.-U./tonne de produit	14.6	14.6	14.6	14.6
<u>Autres coûts variables en \$ E.-U./tonne</u>	18.2	18.2	18.2	18.2
<u>Prix fixes en \$ E.-U./tonne</u>	59.1	59.1	74.2	86.9
<u>Coûts de production en \$ E.-U./tonne</u>	144.9	180.2	142.3	137.4
<u>Charges du capital (15 pour cent) en \$ E.-U./tonne</u>	65.4	66.6	87.9	105.6
<u>Prix de vente en \$ E.-U./tonne 1/ (ensachés sortie usine)</u>	210.3	246.8	230.0	243.0

1/ Se rapporte au coût moyen d'une tonne de produit - concentration 26,9:12,6:0.

FIGURE 2

Coûts totaux comparatifs de la production d'une tonne de P_2O_5 au moyen de superphosphate triple et de nitrophosphate (y compris fret)



VI. EXTRACTION ET ENRICHISSEMENT DE LA POTASSE

Généralités

133. La capacité d'offre de la potasse en 1982 a été approximativement la suivante:

	<u>Millions de tonnes</u>	<u>Pourcentage</u>
Europe orientale	12,0	43,6
Amérique du Nord	9,0	32,7
Europe occidentale	5,5	20,0
Autres	<u>1,0</u>	<u>3,7</u>
Total mondial	27,5	100,0

La plus grande partie de la capacité de production nouvelle à l'avenir se trouvera en Europe orientale (principalement en URSS) et en Amérique du Nord (surtout au Canada).

134. Des renseignements sur les dépenses d'investissement et coûts de production de la potasse sont plus difficiles à obtenir que pour d'autres éléments fertilisants, en particulier ceux situés en dehors de l'Amérique du Nord. Toutefois, l'exploitation des vastes gisements dans la province de Saskatchewan, au Canada, où les conditions sont généralement uniformes et les coûts de production unitaires ont été mieux définis, ont rendu disponibles les données sur les coûts plus fiables. Etant donné que la plus grande partie de la capacité de production nouvelle à l'avenir se trouvera au Canada, les coûts de production dans ce pays seront importants pour déterminer les prix futurs de la potasse. Il est aussi généralement reconnu que le Canada, où l'exploitation est à la fois importante et moderne, et où la potasse semble de qualité supérieure et uniforme, a probablement les coûts de production les plus bas du monde. On a donc choisi cet emplacement comme base pour l'estimation des dépenses d'investissement et des coûts de production.

Dépenses d'investissement

135. Les coûts ont été estimés sur la base d'une mine située au Canada et faisant appel à l'extraction souterraine à sec au moyen d'un système classique de flottation avec circuits d'ébouage et cristallisation pour enrichissement. Etant donné que les coûts et les prix d'extraction de la potasse sont souvent cités en tonnes courtes, les données sur les coûts ont été calculées aussi bien en tonnes courtes (2 000 livres) qu'en tonnes métriques (2 205 livres). On a supposé que la mine avait une capacité de 1,5 million de tonnes courtes de produit par an. Les dépenses d'investissement comprennent l'ensemble des installations nécessaires pour donner un produit de qualité pour engrais. Les dépenses de la mine comprennent le matériel d'extraction continue et de herchage, le concassage souterrain, les cages d'ascenseurs pour le minerai et le personnel et les installations de remontée. L'usine de surface comprend également des bureaux, des laboratoires, et des bâtiments d'entreposage et d'entretien. Bien que les frais d'exploitation directs soient relativement faibles au Canada, les dépenses d'investissement sont assez élevées en raison de la profondeur du gisement, de la nécessité de procéder au cuvelage et des conditions climatiques plutôt défavorables.

<u>Postes</u>	<u>Devis descriptif</u>
Production de l'usine (tonnes courtes par an)	1 500 000
Puits	2 à 3 000 pieds
Qualité du produit	95% KCl
Qualité des matériaux de base	26% K ₂ O
Taux de concentration	2,7
Taux de récupération	90%

<u>Poste</u>	<u>Dépenses d'investissement en millions de dollars E.-U.</u>
<u>Mine</u> Puits avec équipement de remontée	93
Équipement	<u>52</u>
Total partiel	145
 <u>Usine de surface</u>	 <u>226</u>
 <u>Dépenses totales d'investissement</u>	 <u>371</u>

Coûts de l'énergie

136. D'après le Fertilizer Institute Survey, la consommation moyenne d'énergie pour l'exploitation de la potasse aux Etats-Unis est la suivante:

Energie exigée pour un million de BTU par tonne métrique de produit

<u>Gaz</u>	<u>Electricité</u>	<u>Total</u>
1,36	1,06	2,42

Ces chiffres dépassent ceux qui ont été cités pour le Canada, du fait que pour les Etats-Unis ils se rapportent à certaines usines dont la consommation en énergie est élevée. Au Canada, certaines usines nouvelles se serviront de méthodes physiques plutôt que thermiques d'enrichissement de la potasse et exigeront donc moins d'énergie en moyenne. Par conséquent, on a supposé que l'énergie utilisée par tonne métrique de potasse sortie usine est de 1,7 million de BTU. A raison de 3 dollars E.-U. par million de BTU (coût actuel du gaz au Canada), le coût de l'énergie s'élèverait à environ 5 dollars E.-U.

Coûts d'exploitation directs

137. Les dépenses directes d'exploitation comprennent tous les frais de main-d'oeuvre, encadrement, personnel de bureau, administration et services annexes, fournitures et entretien.

<u>Postes</u>	<u>Canada, coût en dollars E.-U.</u>	
<u>Mine</u>	<u>Tonnes courtes</u>	<u>Tonnes métriques</u>
Main-d'oeuvre et personnel	4,4	4,6
Fournitures	3,6	4,0
Energie	1,7	1,8
Autres fongibles	<u>0,6</u>	<u>0,7</u>
Total partiel: mine	10,3	11,3
 <u>Usine</u>		
Main-d'oeuvre et personnel	4,2	4,6
Fournitures	3,6	4,0
Energie	2,8	3,1
Autres fongibles	<u>0,9</u>	<u>1,0</u>
Total partiel: usine	11,5	12,7
 Total	<u>21,8</u>	<u>24,0</u>

Frais de démarrage

138. Les estimations des dépenses comprennent un élément démarrage destiné à couvrir les dépenses de l'entrepreneur en attendant l'entrée en service de l'usine. D'après l'expérience acquise au Canada avec des minerais et traitements ayant fait leurs preuves, on pense que ces frais de démarrage seront minimes. On a néanmoins affecté à ce titre une provision correspondant à trois mois de dépenses directes d'exploitation.

Imprévus

139. Une provision de 10 pour cent a été prévue pour couvrir les imprévus d'ordre matériel et liés aux prix.

Intérêts pendant la construction

140. Aucune provision n'a été prévue dans les charges du capital pour couvrir les intérêts pendant la construction.

Amortissement

141. L'amortissement des installations a été calculé sur 20 ans (5 pour cent), comme moyenne, aussi bien pour l'usine d'enrichissement que pour la mine. Le cas échéant, on pourra adopter un taux d'amortissement supérieur ou inférieur, par exemple un amortissement sur 30 ans (3-1/3 pour cent) abaisserait en l'occurrence le prix de vente d'environ 6 dollars/tonne.

Charges du capital

142. Pour calculer le prix de vente du produit sortie usine, on a supposé qu'une société commerciale investissant des fonds dans une nouvelle mine au Canada devrait percevoir sur ses actions un dividende avant impôts d'au moins 15 pour cent pour couvrir les intérêts à payer et fournir un profit justifiant l'entreprise.

Prix de vente

143. Le prix de vente figurant au Tableau 7 a été calculé sortie usine, frais de transport et impôts non compris. Sur la base des coûts actuels, il faudrait ajouter environ 24,5 dollars E.-U. par tonne courte pour le transport à Vancouver, plus 3,5 dollars E.-U./tonne courte pour le chargement à bord.

Analyse des résultats

144. La majeure partie des nouvelles usines de potasse seront créées en URSS et au Canada et le procédé sera celui de l'extraction par voie sèche de la sylvinite. Sachant peu de chose sur les aspects économiques de l'extraction de la potasse en URSS, nous avons supposé ici que, dans une large mesure, les prix futurs de la potasse seront déterminés par les coûts d'extraction au Canada, de même que les dépenses de transport aux fins d'exportation. D'après le Tableau 7, au Canada les dépenses d'investissement dans une nouvelle mine et les installations connexes seront d'environ 285 dollars E.-U./tonne métrique annuelle de capacité, sur la base de la valeur du dollar à la mi-1982. Afin de réaliser un revenu raisonnable sur cet investissement, le prix sortie usine de la potasse devrait probablement se situer aux alentours de 83 dollars E.-U. la tonne métrique, ou environ 113 dollars E.-U. la tonne métrique fob Vancouver. On notera toutefois que ce prix ne tient pas compte des impôts, aussi bien provincial que fédéral. Le calcul de ces impôts est complexe et dépend de plusieurs facteurs, tels que la production, la rentabilité, etc. Il est probable qu'avec les changements qui sont intervenus dans le gouvernement provincial de Saskatchewan, on apportera des modifications au système d'impôts actuel.

145. Toutefois, sur la base de la situation actuelle, pour couvrir les impôts il faudra ajouter au prix de vente 11 dollars E.-U. par tonne métrique de produit.

146. Le prix fob Vancouver pour justifier cet investissement s'élèverait alors à quelque 124 dollars E.-U. la tonne métrique de produit.

ESTIMATIONS DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET DES COUTS DE PRODUCTION POUR LA POTASSE

(en dollars E.-U. - 1982)

<u>Emplacement</u>	<u>Canada</u>	
Capacité (en tonnes courtes/an)	1 500 000	
Capacité (en tonnes métriques/an)	1 364 000	
Investissement usine (millions de dollars E.-U.)	371	
Fonds de roulement (millions de dollars E.-U.)	15	
Total investissements (millions de dollars E.-U.)	386	
	<u>Tonnes</u> <u>courtes</u>	<u>Tonnes</u> <u>métriques</u>
Coûts d'exploitation - mine	10,3	11,3
- raffinerie	<u>11,5</u>	<u>12,7</u>
Total partiel	21,8	24,0
Amortissement (5%)	12,3	13,5
Assurances et impôts locaux (1%)	<u>2,5</u>	<u>2,8</u>
Total partiel	14,8	16,3
Total coûts de production	<u>36,6</u>	<u>40,3</u>
a) Charges du capital (15%)	38,5	42,3
Estimation du prix de vente ex-usine avec charges du capital à 15%	<u>75,1</u>	<u>82,6</u>
b) Charges du capital (10%)	25,7	28,3
Estimation du prix de vente ex-usine avec charges du capital à 10%	<u>62,3</u>	<u>68,0</u>
Transport et chargement à bord	28,0	30,8
c) Estimation du prix de vente fob avec charges du capital à 15%	<u>103,1</u>	<u>113,4</u>
d) Estimation du prix de vente fob avec charges du capital à 10%	<u>90,3</u>	<u>99,4</u>

LISTE DES ANNEXES

	<u>Page</u>
Annexe 1 Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production pour la fabrication d'urée Prix de vente contre les charges du capital	38
Annexe 2 Prix de vente de l'urée - Variations en fonction des prix du gaz	39
Annexe 3 Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production de l'acide phosphorique Prix de vente contre les charges du capital	40
Annexe 4 Variations des prix de vente de l'acide phosphorique en fonction des différents coûts des matériaux de base - zone développée	41
Annexe 5 Variations des prix de vente de l'acide phosphorique en fonction des différents coûts des matériaux de base - zone en développement	42
Annexe 6 Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production du superphosphate triple granulé en vrac Prix de vente contre les charges du capital	43
Annexe 7 Variations des prix de vente du superphosphate triple granulé en fonction des différents coûts des matériaux de base - zone développée	44
Annexe 8 Variations des prix de vente du superphosphate triple granulé en fonction des différents coûts des matériaux de base - zone en développement	45
Annexe 9 Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production du phosphate diammoniacal Prix de vente contre les charges du capital	46
Annexe 10 Variations des prix de vente du phosphate diammoniacal en fonction des différents coûts des matériaux de base - zone développée	47
Annexe 11 Variations des prix de vente du phosphate diammoniacal en fonction des différents coûts des matériaux de base - zone en développement	48
Annexe 12 Estimations des dépenses d'investissement et des coûts de production pour nitrophosphate et nitrate d'ammonium Prix de vente contre les charges du capital	49

**ESTIMATIONS DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET DES COUTS DE
PRODUCTION POUR LA FABRICATION D'UREE
PRIX DE VENTE CONTRE LES CHARGES DU CAPITAL
(en dollars E.-U./tonne -- 1982)**

Emplacement	Zone développée					Zone développée					Zone en développement (avec une certaine infrastructure)					Zone en développement éloigné					Capacité: 544 500 tonnes/an	
	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60		
Investissement usine \$E.-U. millions	231	18	24	355	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
Fonds de roulement \$E.-U. millions	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Investissement total \$E.-U. millions	249	36	42	373	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341
Prix du gaz \$E.-U./million de BTU	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Coûts du gaz \$E.-U./tonne	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
Autres coûts variables \$E.-U./tonne	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Taux d'utilisation %	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90
Frak fixés \$E.-U./tonne	63.9	70.9	78.9	91.4	106.5	63.9	70.9	78.9	91.4	106.5	63.9	70.9	78.9	91.4	106.5	63.9	70.9	78.9	91.4	106.5	63.9	70.9
Charges de capital \$E.-U./t	22.9	25.4	28.3	32.7	38.1	23.4	26.0	29.3	33.5	39.0	22.9	25.4	28.3	32.7	38.1	22.9	25.4	28.3	32.7	38.1	22.9	25.4
101	45.7	50.8	57.0	65.3	76.2	46.8	52.0	58.6	66.9	78.0	45.7	50.8	57.0	65.3	76.2	45.7	50.8	57.0	65.3	76.2	45.7	50.8
152	68.7	76.2	85.5	98.1	113.3	70.2	78.0	87.9	100.5	117.0	68.7	76.2	85.5	98.1	113.3	68.7	76.2	85.5	98.1	113.3	68.7	76.2
202	91.6	101.6	114.0	130.8	152.4	93.6	104.0	117.2	134.0	156.0	91.6	101.6	114.0	130.8	152.4	91.6	101.6	114.0	130.8	152.4	91.6	101.6
252	114.5	127.0	142.7	163.5	190.5	117.0	130.0	146.5	167.5	195.0	114.5	127.0	142.7	163.5	190.5	114.5	127.0	142.7	163.5	190.5	114.5	127.0
Prix de vente \$E.-U./t selon dif. (écartes charges de capital:	200.8	210.3	222.4	238.1	258.6	263.3	274.9	287.2	302.9	323.5	200.8	210.3	222.4	238.1	258.6	200.8	210.3	222.4	238.1	258.6	200.8	210.3
102	233.7	235.7	250.9	270.8	296.7	288.7	300.9	316.5	336.4	362.5	233.7	235.7	250.9	270.8	296.7	233.7	235.7	250.9	270.8	296.7	233.7	235.7
152	286.6	261.1	278.4	303.5	335.8	312.1	326.9	345.8	369.9	401.5	286.6	261.1	278.4	303.5	335.8	286.6	261.1	278.4	303.5	335.8	286.6	261.1
202	289.5	286.5	307.9	336.2	372.9	335.5	352.9	375.1	403.4	460.5	289.5	286.5	307.9	336.2	372.9	289.5	286.5	307.9	336.2	372.9	289.5	286.5
252	292.4	311.9	336.4	358.9	411.0	338.9	378.9	404.4	436.9	479.5	292.4	311.9	336.4	358.9	411.0	292.4	311.9	336.4	358.9	411.0	292.4	311.9

PRIX DE VENTE DE L'UREE - VARIATIONS EN FONCTION DES PRIX DU GAZ

(en dollars E.-U./tonne - 1982)

Taux d'utilisation: 90 pour cent; Charges du capital, 15 pour cent
Capacité: 544 400 tonnes d'urée par an
Production: 490 050 tonnes d'urée par an (ensaché)

<u>Prix du gaz</u> en \$ E.-U./ million de BTU	<u>Zone</u> <u>développée</u>	<u>Zone en développement</u> <u>(avec une certaine</u> <u>infrastructure)</u>	<u>Zone en développement</u> <u>(emplacement éloigné)</u>
0.5	181	236	283
1.0	197	252	299
1.5	213	268	315
2.0	229	284	331
2.5	245	300	347
3.0	261	316	363
3.5	277	332	379
4.0	293	348	395
4.5	309	364	411
5.0	325	380	427
5.5	341	396	443
6.0	357	412	459
6.5	373	428	475
7.0	389	444	491
7.5	405	460	507
8.0	421	476	523

**ESTIMATION DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET DES COUTS DE PRODUCTION
DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE
PRIX DE VENTE CONTRE LES CHARGES DU CAPITAL
(en dollars E.-U./tonne - 1982)**

Capacité: 330 000 tonnes/an P₂O₅

Emplacement	Zone développée					Zone en développement (avec une certaine infrastructure)					Zone en développement (emplacement éloigné)				
	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60
Investissement usine \$E.-U. millions	132					210					252				
Fonds de roulement \$E.-U. millions	21					23					25				
Investissement total \$E.-U. millions	153					233					277				
Matières premières															
Phosphate naturel (3,40 tonnes à 35 \$/tonne)	119.0					119.0					119.0				
Soufre (0,98 tonne à 160 \$/tonne)	156.8					156.8					156.8				
Autres coûts variables \$E.-U./tonne	15.0					15.0					15.0				
Taux d'utilisation %	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60
Frais fixes \$E.-U./t	60.1	66.8	75.1	85.9	100.2	88.5	98.3	110.6	126.4	147.4	114.6	127.4	143.3	163.8	191.1
Charges du capital \$E.-U./t	23.2	25.8	29.0	33.1	38.6	35.3	39.2	44.1	50.4	58.8	46.5	51.7	58.1	66.4	77.5
52	46.4	51.6	58.0	66.2	77.2	70.6	78.4	88.2	100.8	117.6	93.0	103.4	116.2	132.8	155.0
102	69.6	77.4	87.0	99.3	115.8	105.9	117.6	132.3	151.2	176.4	139.5	155.1	174.3	199.2	232.5
152	92.8	103.2	116.0	132.4	154.4	141.2	156.8	176.4	201.6	235.2	186.0	206.8	232.4	265.6	310.0
202	116.0	129.0	145.0	165.5	192.0	176.5	196.0	220.5	252.0	294.0	232.5	258.5	290.5	332.0	387.5
252															
Prix de vente \$E.-U./t selon différentes charges du capital	374.1	383.4	394.9	409.8	429.6	414.6	428.3	445.3	467.6	497.0	451.9	469.9	492.2	521.0	559.4
52	397.3	409.2	423.9	442.9	468.2	449.9	467.5	489.6	518.0	555.8	498.4	521.6	550.3	587.4	636.9
102	420.5	435.0	452.9	476.0	506.8	485.2	506.7	533.7	568.4	614.6	544.9	573.3	608.4	653.8	714.4
152	443.7	460.8	481.9	509.1	545.4	520.5	545.9	577.8	618.8	673.4	591.4	625.0	666.5	720.2	791.9
202	466.9	486.6	510.9	542.2	584.0	555.8	585.1	621.9	669.2	732.2	632.9	676.7	724.6	786.6	860.4
252															

VARIATIONS DES PRIX DE VENTE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE EN FONCTION
DES DIFFERENTS COÛTS DES MATERIAUX DE BASE - ZONE DEVELOPPEE
(\$.U./tonne - 1982)

Investissement usine: \$.U. 132 millions
Fonds de roulement: \$.U. 21 millions
Investissement total: \$.U. 153 millions

Dimension: 330 000 (pa P₂O₅)

Utilisation de la capacité: 90 pour cent

Soufre \$.U./tonne	Phosphate naturel \$.U./tonne																	
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
60	252	269	286	303	320	337	354	371	388	405	422	439	456	473	490	507	524	541
65	257	274	291	308	325	342	359	376	393	410	427	444	461	478	495	512	529	546
70	262	279	296	313	330	347	364	381	398	415	432	449	466	483	500	517	534	551
75	267	284	301	318	335	352	369	386	403	420	437	454	471	488	505	522	539	556
80	272	289	306	323	340	357	374	390	407	424	441	458	475	492	509	526	543	561
85	276	292	311	327	344	361	378	395	412	429	446	463	480	497	514	531	548	565
90	281	298	315	332	349	366	383	400	417	434	451	468	485	502	519	536	553	570
95	286	303	320	337	354	371	388	405	422	439	456	473	490	507	524	541	558	575
100	291	308	325	342	359	376	393	410	427	444	461	478	495	512	529	546	563	580
105	296	313	330	347	364	381	398	415	432	449	466	483	500	517	534	551	568	585
110	301	318	335	352	369	386	403	420	437	454	471	488	505	522	539	556	573	590
115	306	323	340	357	374	391	408	425	442	459	476	493	510	527	544	561	578	595
120	311	328	345	362	379	396	413	430	447	464	481	498	515	532	549	566	583	600
125	316	333	350	367	384	401	418	435	452	468	486	503	520	537	554	571	588	605
130	321	338	355	372	389	406	423	440	457	474	491	508	525	542	559	576	593	610
135	325	342	359	376	393	410	427	404	461	478	495	512	529	546	563	580	597	614
140	330	347	364	381	398	415	432	449	466	483	500	517	534	551	568	585	602	619
145	335	352	369	386	403	420	437	454	471	488	505	522	539	556	573	590	607	624
150	340	357	374	391	408	425	442	459	476	493	510	527	544	561	578	595	612	629
155	345	362	379	396	413	430	447	464	481	498	515	532	549	566	583	600	617	634
160	350	367	384	401	418	435	452	469	486	503	520	537	554	571	588	605	622	639
165	355	372	389	406	423	440	457	474	491	508	525	542	559	576	593	610	627	644
170	360	377	394	411	428	445	462	479	496	513	530	547	564	581	598	615	632	649
175	365	382	399	416	433	450	467	484	501	518	535	552	569	586	603	620	637	654
180	370	387	404	421	438	455	472	489	506	523	540	557	574	591	608	625	642	659

VARIATIONS DES PRIX DE VENTE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE EN FONCTION
DES DIFFERENTS COÛTS DES MATERIAUX DE BASE - ZONE EN DEVELOPPEMENT
(\$E.-U./tonne - 1982)

Investissement usine: \$E.-U. 210 millions
Fonds de roulement: \$E.-U. 23 millions
Investissement total: \$E.-U. 233 millions

Dimension 330 000 tpa P₂O₅

Utilisation de la capacité: 90 pour cent

Soufre \$E.-U./tonne	Phosphate naturel \$E.-U./tonne																	
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
60	324	341	358	375	392	409	426	443	460	477	494	511	528	545	562	579	596	613
65	329	346	363	380	397	414	431	448	465	482	499	516	533	550	567	584	601	618
70	333	350	367	384	401	418	435	452	469	486	503	520	537	554	571	588	605	622
75	338	355	372	389	406	423	440	457	474	491	508	525	542	559	576	593	610	627
80	343	360	377	394	411	428	445	462	479	496	513	530	547	564	581	598	615	632
85	348	365	382	399	416	433	450	467	484	501	518	535	552	569	586	603	620	637
90	353	370	387	404	421	438	455	472	489	506	523	540	557	574	591	608	625	642
95	358	375	392	409	426	443	460	477	494	511	528	545	562	579	596	613	630	647
100	363	380	397	414	431	448	465	482	499	516	533	550	567	584	601	618	635	652
105	368	385	402	419	436	453	470	487	504	521	538	555	572	589	606	623	640	657
110	373	390	407	424	441	458	475	492	509	526	543	560	577	594	611	628	645	662
115	378	395	412	429	446	463	480	497	514	531	548	565	582	599	616	633	650	667
120	382	399	416	433	450	467	484	501	518	535	552	569	586	603	620	637	654	671
125	387	404	421	438	455	472	489	506	523	540	557	574	591	608	625	642	659	676
130	392	409	426	443	460	477	494	511	528	545	562	579	596	613	630	647	664	681
135	397	414	431	448	465	482	499	516	533	550	567	584	601	618	635	652	669	686
140	402	419	436	453	470	487	504	521	538	555	572	589	606	623	640	657	674	691
145	407	424	441	458	475	492	509	526	543	560	577	594	611	628	645	662	679	696
150	412	429	446	463	480	497	514	531	548	565	582	599	616	633	650	667	684	701
155	417	434	451	468	485	502	519	536	553	570	587	604	621	638	655	672	689	706
160	422	439	456	473	490	507	524	541	558	575	592	609	626	643	660	677	694	711
165	427	444	461	478	495	512	529	546	563	580	597	614	631	648	665	682	699	716
170	431	448	466	482	499	516	533	550	567	584	601	618	635	652	669	686	703	720
175	436	453	470	487	504	521	538	555	572	589	606	623	640	657	674	691	708	725
180	441	458	475	492	509	526	543	560	577	594	611	628	645	662	679	696	713	730

**ESTIMATION DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET DES COUTS DE PRODUCTION
DU SUPERPHOSPHATE TRIPLE GRANULE EN VRAC
PRIX DE VENTE CONTRE LES CHARGES DU CAPITAL
(\$.U./tonne - 1982)**

Capacité: 396 000 tonnes/an de SPTG

Emplacement	Zone développée					Zone en développement (avec une certaine infrastructure)					Zone en développement (emplacement éloigné)				
	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60
Investissement usine en millions de \$.U.	39					45					48				
Fonds de roulement en millions de \$.U.	11					12					14				
Total en millions de \$.U.	50					57					62				
Matières premières \$.U./tonne															
Phosphate naturel (0,44 tonne à 35 \$.U.)	15,4					15,4					15,4				
1/ Acide phosphorique - 034 tonne	147,9					177,3					194,9				
Autres coûts variables \$.U./tonne	7,0					7,0					7,0				
Taux d'exploitation %															
Frain fixes \$.U./t															
	14,3	15,2	17,9	20,4	23,8	16,2	18,0	20,2	23,1	27,0	17,1	19,0	21,4	24,4	28,5
Charges du capital \$.U./t															
5%	6,3	7,0	7,9	9,0	10,5	7,2	8,0	9,0	10,3	12,0	7,8	8,7	9,7	11,1	13,0
10%	12,6	14,0	15,8	18,0	21,0	14,4	16,0	18,0	20,6	24,0	15,6	17,4	19,4	22,2	26,0
15%	18,9	21,0	23,7	27,0	31,5	21,6	24,0	27,0	30,9	36,0	23,4	26,1	29,1	33,3	39,0
20%	25,2	28,0	31,6	36,0	42,0	28,8	32,0	36,0	41,2	48,0	31,2	34,8	39,8	44,4	52,0
25%	31,5	35,0	39,5	45,0	52,5	36,0	40,0	45,0	51,5	60,0	39,0	43,5	48,5	55,5	65,0
Prix de vente \$.U. selon différentes charges du capital															
5%	191,1	193,1	196,1	199,7	204,6	218,1	220,7	223,9	228,1	233,7	242,2	245,0	248,4	252,8	258,8
10%	197,4	200,1	204,0	208,7	215,1	225,3	228,7	232,9	238,4	245,7	250,0	253,7	258,1	263,9	271,8
15%	203,7	207,1	211,9	217,7	225,6	232,5	236,7	241,9	248,7	257,7	257,8	262,4	267,8	275,0	284,8
20%	210,0	214,1	219,8	226,7	236,1	239,7	244,7	250,9	259,0	269,7	265,6	271,1	277,5	286,1	297,8
25%	216,3	221,1	227,7	235,7	246,6	246,9	252,7	259,9	269,3	281,7	273,4	279,8	287,2	297,2	310,7

1/ Sur la base d'un prix de vente de l'acide phosphorique et charges du capital de 15% en annexe 3.

VARIATIONS DES PRIX DU SUPERPHOSPHATE TRIPLE GRANULE EN FONCTION
DES DIFFERENTS COÛTS DES MATERIAUX DE BASE EN \$E.-U./TONNE 1982
ZONE DEVELOPPEE

Investissement usine: 39 millions de \$E.-U.
Fonds de roulement: 11 millions de \$E.-U.
Investissement total: 50 millions de \$E.-U.

Dimension: 396 000 tpa de SPT

Utilisation de la capacité: 90 pour cent

Sulfre \$E.-U./tonne	Phosphate naturel \$E.-U./tonne																	
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
65	136	144	152	160	168	176	184	192	200	208	216	224	232	240	248	256	264	272
70	137	145	153	161	169	177	185	193	201	209	217	225	233	241	249	257	265	273
75	139	147	155	163	171	179	187	195	203	211	219	227	235	243	251	259	267	275
80	141	149	157	165	173	181	189	197	205	213	221	229	237	245	253	261	269	277
85	142	150	158	166	174	182	190	198	206	214	222	230	238	246	254	262	270	278
90	144	152	160	168	176	184	192	200	208	216	224	232	240	248	256	264	272	280
95	146	154	162	170	178	186	194	202	210	218	226	234	242	250	258	266	274	282
100	147	155	163	171	179	187	195	203	211	219	227	235	243	251	259	267	275	283
105	149	157	165	173	181	189	197	205	213	221	229	237	245	253	261	269	277	285
110	151	159	167	175	183	191	199	207	215	223	231	239	247	255	263	271	279	287
115	152	160	168	176	184	192	200	208	216	224	232	240	248	256	264	272	280	288
120	154	162	170	178	186	194	202	210	218	226	234	242	250	258	266	274	282	290
125	156	164	171	180	188	196	204	212	220	228	236	244	252	260	268	276	283	292
130	157	165	173	181	189	197	205	213	221	229	237	245	253	261	269	277	285	293
135	159	167	175	183	191	199	207	215	223	231	239	247	255	263	271	279	287	295
140	160	168	176	184	192	200	208	216	224	232	240	248	256	264	272	280	288	296
145	162	170	178	186	194	202	210	218	226	234	242	250	258	266	274	282	290	298
150	164	172	180	188	196	204	212	220	228	236	244	252	260	268	276	284	292	300
155	165	173	181	189	197	205	213	221	229	237	245	253	261	269	277	285	293	301
160	167	175	183	191	199	207	215	223	231	239	247	255	263	271	279	287	295	303
165	169	177	185	193	201	209	217	225	233	241	249	257	265	273	281	289	297	305
170	170	178	186	194	202	210	218	226	234	242	250	258	266	274	282	290	298	306
175	172	180	188	196	204	212	220	228	236	244	252	260	268	276	284	292	300	308
180	174	182	190	198	206	214	222	230	238	246	254	262	270	278	286	294	302	310

ANNEXE 7

VARIATIONS DES PRIX DE VENTE DU SUPERPHOSPHATE TRIPLE GRANULE EN FONCTION
DES DIFFERENTS COÛTS DES MATERIAUX DE BASE ZONE EN DEVELOPPEMENT
(\$E.-U./tonne 1982)

Investissement usine: 45 millions de dollars E.-U.
Fonds de roulement: 12 millions de dollars E.-U.
Investissement total: 57 millions de dollars E.-U.

Dimension: 196 000 tpa de SP1

Utilisation de la capacité: 90 pour cent

Soufre \$E.-U./tonne	Phosphate naturel \$E.-U./tonne																	
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
60	164	172	180	188	196	204	212	220	228	236	244	252	260	268	276	284	292	300
65	165	173	181	189	197	205	213	221	229	237	245	253	261	269	277	285	293	301
70	167	175	183	191	199	207	215	223	231	239	247	255	263	271	279	287	295	303
75	169	177	185	193	201	209	217	225	233	241	249	257	265	273	281	289	297	305
80	170	178	186	194	202	210	218	226	234	242	250	258	266	274	282	290	298	306
85	172	180	188	196	204	212	220	228	236	244	252	260	268	276	284	292	300	308
90	174	182	190	198	206	214	222	230	238	246	254	262	270	278	286	294	302	310
95	175	183	191	199	207	215	223	231	239	247	255	263	271	279	287	295	303	312
100	177	185	193	201	209	217	225	233	241	249	257	265	273	281	289	297	305	313
105	179	187	194	203	211	219	227	235	243	251	259	267	274	283	291	299	307	314
110	180	188	196	204	212	220	228	236	244	252	260	268	276	284	292	300	308	316
115	182	190	198	206	214	222	230	238	246	254	262	270	278	286	294	302	310	318
120	183	191	199	207	216	223	231	239	247	255	263	271	279	287	296	303	311	319
125	185	193	201	209	217	225	233	241	249	257	265	273	281	289	297	305	313	321
130	187	195	203	211	219	227	235	243	251	259	267	275	283	291	299	307	315	323
135	188	196	204	212	220	228	236	244	252	260	268	276	284	292	300	308	316	324
140	190	198	206	214	222	230	238	246	254	262	270	278	286	294	302	310	318	326
145	192	200	208	216	224	232	240	248	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328
150	193	201	209	217	225	233	241	249	257	265	273	281	289	297	305	313	321	329
155	195	203	211	219	227	235	243	251	259	267	275	283	291	299	307	315	323	331
160	197	205	213	221	229	237	245	253	261	269	277	285	293	301	309	317	325	333
165	198	206	214	222	230	238	246	254	262	270	278	286	294	302	310	318	326	334
170	200	208	216	224	232	240	248	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328	336
175	202	210	218	226	234	242	250	258	266	274	282	290	298	306	314	322	330	338
180	203	211	219	227	235	243	251	259	267	275	283	291	299	307	315	323	331	339

**ESTIMATION DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT DES COUTS
DE PRODUCTION DU PHOSPHATE DIAMMONIACAL
PRIX DE VENTE CONTRE LES CHARGES DU CAPITAL
(\$.U./tonne - 1982)**

Dimension: 396 000 tpa

Emplacement	Zone développée					Zone en développement (avec une certaine infrastructure)					Zone en développement (emplacement éloigné)					
	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	
Investissement usine en millions de \$.U.	47					53					56					
Fonds de roulement en millions de \$.U.	15					17					19					
Total en millions de \$.U.	62					70					75					
Matières premières \$.U./tonne																
Acide phosphorique - 0,47 tonne P ₂ O ₅	204,4					238,1					269,5					
Ammoniaque - 0,225 NH ₃	45,0					45,0					45,0					
Autres coûts variables \$.U./tonne	7,0					7,0					7,0					
Taux d'utilisation %																
Frais fixes \$.U./t	16,8	18,7	21,0	24,0	28,0	18,6	20,7	23,2	26,6	31,0	19,5	21,7	24,4	27,9	32,5	
Charges du capital \$.U./t	5%	7,8	8,7	9,7	11,1	13,0	8,8	9,8	11,0	12,6	14,7	9,5	10,6	11,9	13,6	15,8
	10%	15,6	17,4	19,4	22,2	26,0	17,6	19,6	22,0	25,2	29,4	19,0	21,2	23,8	27,2	31,6
	15%	23,4	26,1	29,1	33,3	36,0	26,4	29,4	33,0	37,8	44,1	28,5	31,8	35,7	40,8	47,4
	20%	31,2	34,8	38,8	44,4	52,0	35,2	39,2	44,0	50,4	58,8	36,0	42,4	47,6	54,4	63,2
	25%	39,0	43,5	48,5	55,5	65,0	44,0	49,0	55,0	63,0	73,5	47,5	51,0	59,5	68,0	79,0
Prix de vente \$.U./t selon différentes charges du capital:																
	5%	281,0	283,8	287,1	291,5	297,4	317,5	320,6	324,3	329,3	335,8	350,5	353,8	357,8	363,0	369,8
	10%	288,8	292,5	296,8	302,6	310,4	326,3	330,4	335,3	341,9	350,5	360,0	364,4	369,7	376,6	385,6
	15%	296,6	301,2	306,5	316,7	323,4	335,1	340,2	346,3	354,5	365,2	369,5	375,0	381,6	390,2	401,4
	20%	304,4	309,9	316,2	324,8	336,4	343,9	350,1	357,3	367,1	379,9	379,0	385,6	393,5	403,8	417,2
	25%	312,2	318,6	325,9	335,9	349,4	352,7	359,8	368,3	379,7	394,6	388,5	396,2	404,4	417,4	433,0

VARIATIONS DES PRIX DE VENTE DU PHOSPHATE DIAMMONIACAL EN FONCTION
DES DIFFERENTS COÛTS DES MATERIAUX DE BASE ZONE DEVELOPPEE
(\$E.-U./tonne - 1982)

Investissement usine: 47 millions de dollars E.-U.
Fonds de roulement: 15 millions de dollars E.-U.
Investissement total: 62 millions de dollars E.-U.

Dimension: 396 000 tpa
Utilisation de la capacité: 90 pour cent

Sous- \$E.-U./tonne	Phosphate naturel \$E.-U./tonne																	
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
65	217	225	233	241	249	257	265	273	281	289	297	305	313	321	329	337	345	353
70	220	228	236	244	252	260	268	276	284	292	300	308	316	324	332	340	348	356
75	222	230	238	246	254	262	270	278	286	294	302	310	318	326	334	342	350	358
80	224	232	240	248	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328	336	344	352	360
85	227	235	243	251	259	267	275	283	291	299	307	315	323	330	339	347	355	363
90	229	237	245	253	261	269	277	285	293	301	309	317	325	333	341	349	357	365
95	231	239	247	255	263	271	279	287	295	303	311	319	327	335	343	351	359	367
100	234	242	250	258	266	274	282	290	298	306	314	321	330	338	346	354	362	370
105	236	244	252	260	268	276	284	292	300	308	316	324	332	340	348	356	364	372
110	238	246	254	262	270	278	286	294	302	310	318	326	334	342	350	358	366	374
115	240	248	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328	336	344	352	360	368	376
120	243	251	259	267	275	283	291	299	307	315	323	331	339	347	355	363	371	379
125	245	253	261	269	277	285	293	301	309	317	325	333	341	349	357	365	373	381
130	247	255	263	271	279	287	295	303	311	319	327	335	343	351	360	367	375	383
135	250	258	266	274	282	290	298	306	314	324	330	338	346	354	362	370	378	386
140	252	260	268	276	284	292	300	308	316	324	332	340	348	356	364	372	380	388
145	254	262	270	278	286	294	302	310	318	326	334	342	350	358	366	374	382	390
150	257	265	273	281	289	297	305	313	321	329	337	345	353	361	369	377	384	393
155	259	267	275	283	291	299	307	315	323	331	339	347	355	363	371	379	387	395
160	261	269	277	285	293	301	309	317	325	333	341	349	357	365	373	381	389	397
165	263	271	279	287	295	303	311	319	327	335	343	351	359	367	375	383	391	399
170	266	274	282	290	298	306	314	322	330	338	346	354	362	370	378	386	394	402
175	268	276	284	292	300	308	316	324	332	340	348	356	364	372	380	388	396	404
180	270	278	286	294	302	310	318	326	334	342	350	358	366	374	382	390	398	406

VARIATIONS DES PRIX DE VENTE DU PHOSPHATE DIAMMONIACAL EN FONCTION
DES DIFFERENTS COÛTS DES MATERIAUX DE BASE -- ZONE EN DEVELOPPEMENT
(SE.-U./tonne 1982)

Investissement usine: 53 millions de dollars E.-U.
Fonds de roulement: 17 millions de dollars E.-U.
Investissement total: 70 millions de dollars E.-U.

Dimension: 396 000 tpa
Utilisation de la capacité: 90 pour cent

Soufre SE.-U./tonne	Phosphate naturel SE.-U./tonne																	
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
65	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328	336	344	352	360	368	376	384	392
70	259	267	275	283	291	299	307	315	323	331	339	347	355	363	371	379	387	395
75	261	269	277	285	293	301	309	317	325	333	341	349	357	365	373	381	389	397
80	263	271	279	287	295	303	311	319	327	335	343	351	359	367	375	383	391	399
85	266	274	282	290	298	306	314	322	330	338	346	354	362	370	378	386	394	402
90	268	276	284	292	300	308	316	324	332	340	348	356	364	372	380	388	396	404
95	270	278	286	294	302	310	318	326	334	342	350	358	366	374	382	390	398	406
100	273	281	289	297	305	313	321	329	337	345	353	361	369	377	385	393	401	409
105	275	283	291	299	307	315	323	331	339	347	355	363	371	379	387	395	403	411
110	277	285	293	301	309	317	325	333	341	349	357	365	373	381	389	397	405	413
115	279	287	295	303	311	319	327	335	343	351	359	367	375	383	391	399	407	415
120	282	290	298	306	314	322	330	338	346	354	362	370	378	386	394	402	410	418
125	284	292	300	308	316	324	332	340	348	356	364	372	380	388	396	404	412	420
130	286	294	302	310	318	326	334	342	350	358	366	374	382	390	398	406	414	422
135	289	297	305	313	321	329	337	345	353	361	369	377	385	393	401	409	417	425
140	291	299	307	315	323	331	339	347	355	363	371	379	387	395	403	411	419	427
145	293	301	309	317	325	333	341	349	357	365	373	381	389	397	405	413	421	429
150	296	304	312	320	328	336	344	352	360	368	376	384	392	400	408	416	424	432
155	298	306	314	322	330	338	346	354	362	370	378	386	394	402	410	418	426	434
160	300	308	316	324	332	340	348	356	364	372	380	388	396	404	412	420	428	436
165	302	310	318	326	334	342	350	358	366	374	382	390	398	406	414	422	430	438
170	305	313	321	329	337	345	353	361	369	377	385	393	401	409	417	425	433	441
175	307	315	323	331	339	347	355	363	371	379	387	395	403	411	419	427	435	443
180	309	317	325	333	341	349	357	365	373	381	389	397	405	413	421	429	437	445

**ESTIMATIONS DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT ET DES COUTS DE
PRODUCTION POUR NITROPHOSPHATE ET NITRATE D'AMMONIUM
PRIX DE VENTE CONTRE LES CHARGES DU CAPITAL
(\$E.-U./tonne - 1982)**

Dimension: 554 400 tpa 22:22:0
412 500 tpa 33:5:0:0
966 900 tpa 26,9:12,6

Analyse moyenne du produit/tonne: 26,9:12,6

Emplacement	Zone développée					Zone développée					Zone en développement (avec une certaine infrastructure)					Zone en développement (emplacement éloigné)					
	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	
Investissement usine \$E.-U. millions	754					334					463					555					
Fonds de roulement \$E.-U. millions	26					32					47					59					
Investissement total \$E.-U. millions	780					366					510					614					
Prix du gaz: millions de BTU	3.0					5.0					2.0					1.0					
Coût du gaz \$E.-U./tonne produit	53.0					88.3					35.3					17.7					
Phosphate naturel \$E.-U./tonne produit	14.6					14.6					14.6					14.6					
Autres coûts variables \$E.-U./tonne	18.2					18.2					18.2					18.2					
Taux d'utilisation %	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	100	90	80	70	60	
Frais fixes \$E.-U./t	53.2	59.1	66.5	76.0	88.7	53.2	59.1	66.5	76.0	88.7	66.8	74.2	83.5	95.4	111.3	78.7	86.9	97.7	111.7	130.3	
Charges du capital \$E.-U./t	5%	19.6	21.8	24.5	28.0	32.7	20.0	22.2	25.0	28.6	33.3	26.4	29.3	33.0	37.7	44.0	31.7	35.2	39.6	45.2	52.8
	10%	39.2	43.6	49.0	56.0	65.4	40.0	44.4	50.0	57.2	66.6	52.8	58.6	66.0	75.4	88.0	63.4	70.4	79.2	90.6	105.6
	15%	59.8	65.4	73.5	84.0	96.1	60.0	66.6	75.0	85.8	99.9	79.2	87.9	99.0	113.1	132.0	95.1	105.6	118.8	135.9	158.6
	20%	78.4	87.2	98.0	112.0	130.8	80.0	88.8	100.0	114.4	133.2	105.6	117.2	132.0	150.8	176.0	126.8	140.8	158.4	181.2	211.2
	25%	98.0	109.0	122.5	140.0	163.5	100.0	111.0	125.0	143.0	166.5	132.0	146.5	165.0	186.5	220.0	158.5	176.1	198.0	226.5	264.0
Prix de vente \$E.-U./t selon différentes charges du capital:	5%	158.6	166.7	176.8	189.8	207.2	194.3	202.4	212.6	225.7	243.1	164.3	171.6	184.6	210.2	223.4	160.4	172.5	187.8	207.4	233.6
	10%	178.2	188.5	201.3	217.8	239.9	214.3	224.6	237.6	254.3	276.4	187.7	200.9	217.6	238.9	267.4	192.1	207.8	227.4	252.6	286.4
	15%	197.8	210.3	225.8	245.8	272.6	234.3	246.8	262.6	282.9	309.7	214.1	230.2	250.2	276.6	311.4	223.8	243.0	267.0	297.8	339.2
	20%	217.4	232.1	250.3	273.8	305.3	254.3	269.0	287.6	311.5	343.0	240.5	259.5	283.6	314.3	355.4	235.5	278.2	306.6	343.0	392.0
	25%	237.0	253.9	274.8	301.8	338.0	274.3	291.2	312.6	340.1	378.3	267.0	288.8	316.6	352.0	399.4	287.2	313.4	346.2	389.2	444.8

