



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

06939

(R)

**AMENAGEMENT
D'INSTALLATIONS
DE BROYAGE
ET D'ENSACHAGE
DE PHOSPHATE,
PRODUCTION DE
SUPERPHOSPHATE,**

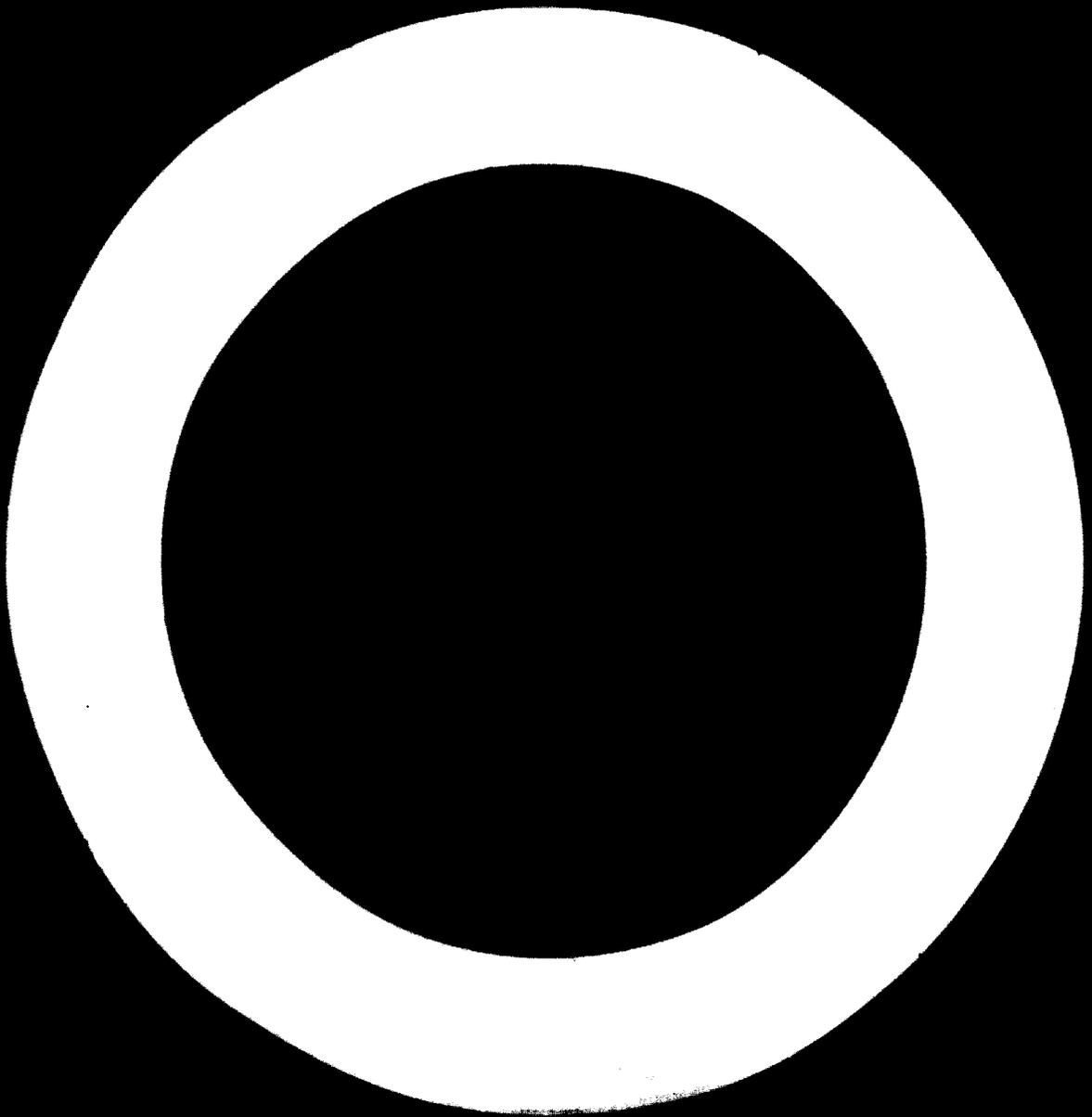
Signature

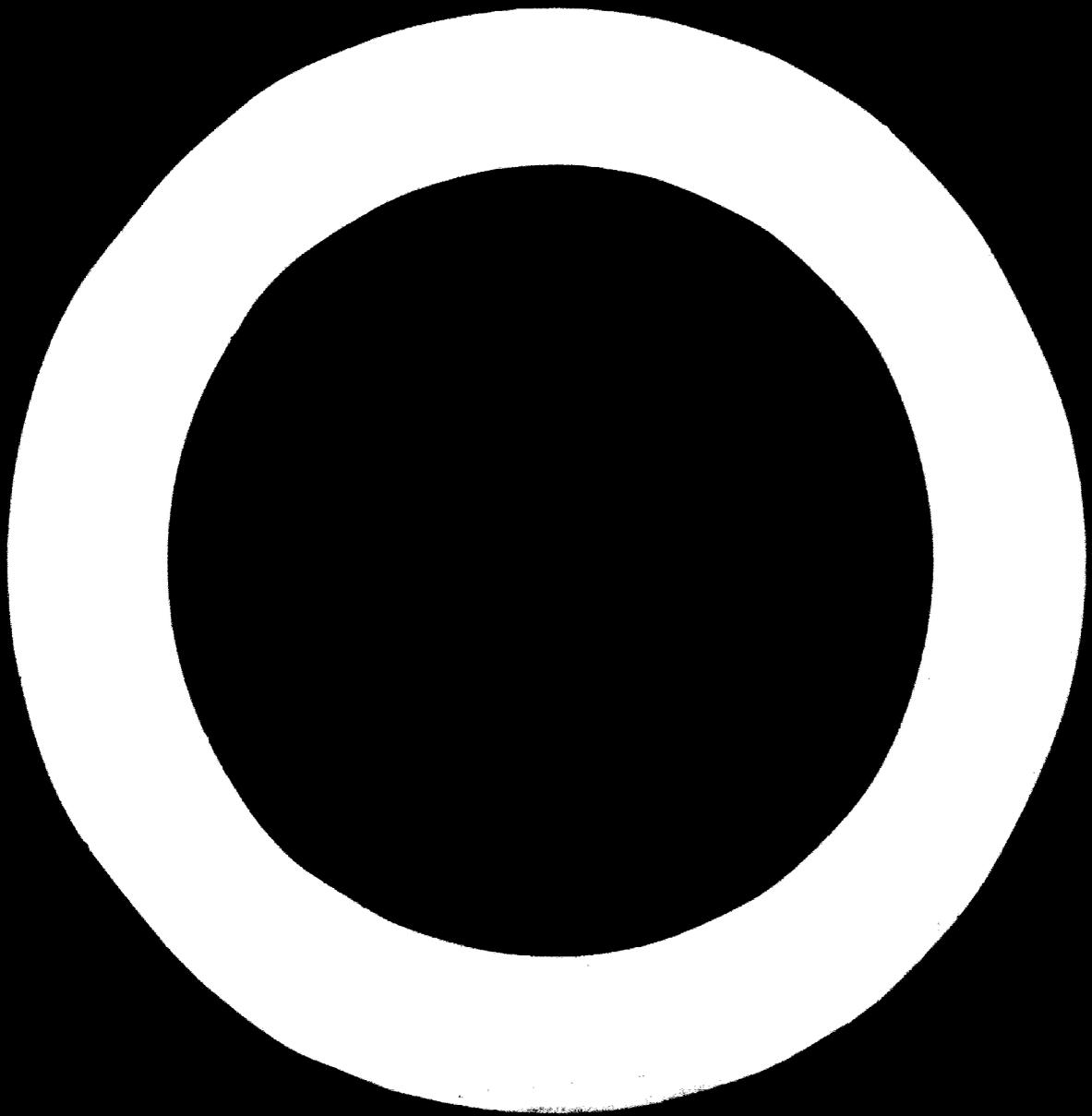
MALI.

RAVISÉ FINAL. (1995).

Document communiqué en vertu de la loi n° 2004-209 du 15 Mars 2004 relative à l'accès à l'information.

Signature





Programme des Nations Unies pour le développement

**AMENAGEMENT D'INSTALLATIONS DE BROYAGE ET D'ENSACHAGE
DE PHOSPHATE, PRODUCTION DE SUPERPHOSPHATE**

SM/KLI/74/010

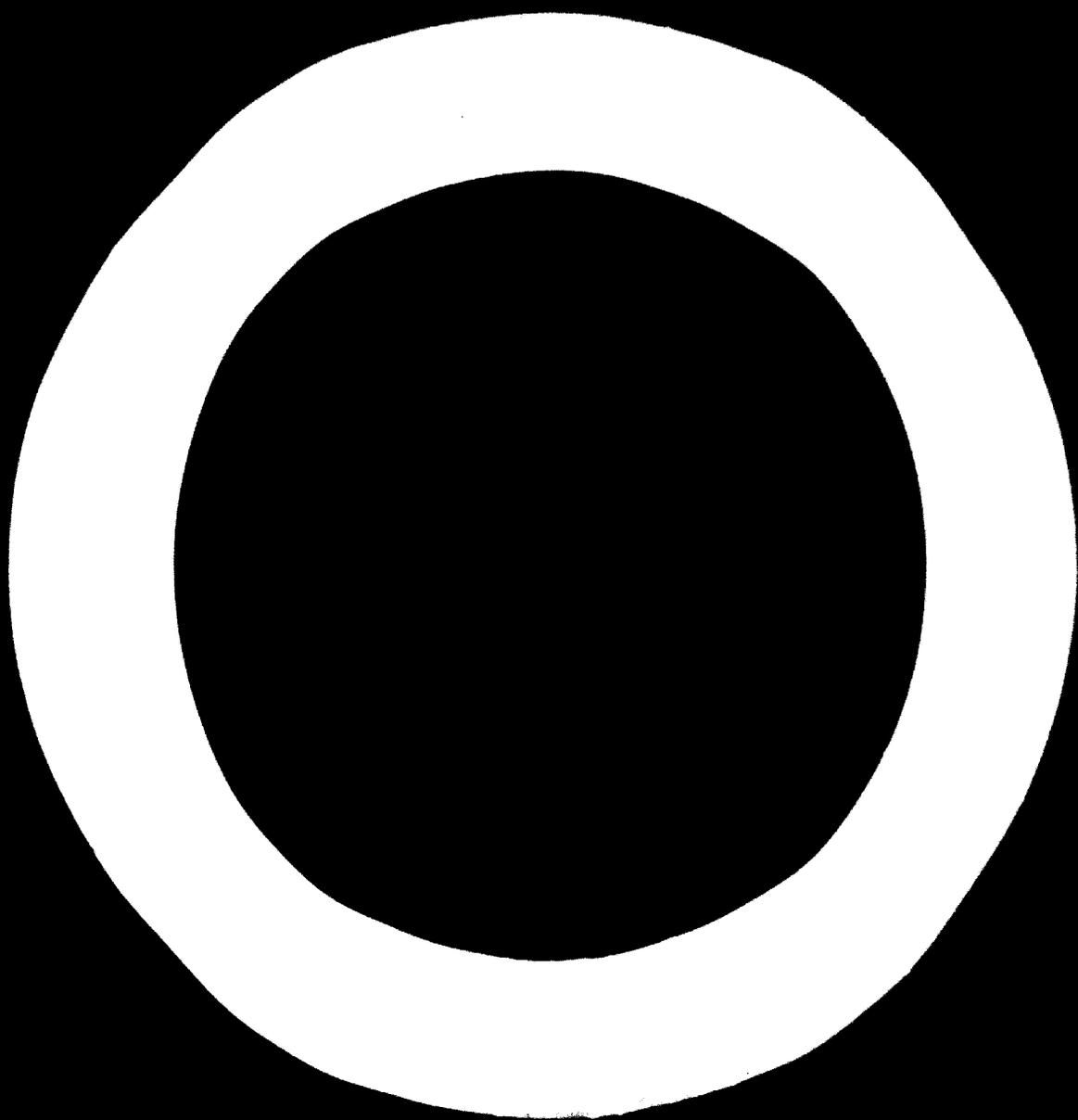
MALI

Rapport final

**Etabli pour le Gouvernement malien par
l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel,
organisation chargée de l'exécution pour le compte du
Programme des Nations Unies pour le développement**

D'après les travaux de M. Karl Schaefer, expert de l'ONUDI

**Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
Vienna, 1975**



Notes explicatives

Sauf indication contraire, le terme "tonne" désigne une tonne métrique et le terme "dollar" un dollar des Etats-Unis d'Amérique.

Le trait d'union (-) entre deux millésimes, par exemple 1974-78, indique qu'il s'agit de la période tout entière (y compris la première et la dernière année mentionnée).

La monnaie nationale au Mali est le franc malien (FM).

Un franc malien équivaut à 0,0023 dollar des Etats-Unis au 1er novembre 1975.

Les abréviations ci-après ont été utilisées :

| | |
|---------|---|
| FM/h | Franc malien par heure |
| FM/t | Franc malien la tonne |
| f.o.b. | Franco à bord.. |
| kcal | Kilocalorie |
| kWh | Kilowattheure |
| μ | Micron |
| ppm | Partie par million |
| t | Tonne |
| t/h | Tonne par heure |
| DIN | Deutsche Industrienormen |
| ISO | Organisation internationale de normalisation |
| SOAHR | Société de crédit agricole et d'équipement rural |
| SOCIMA | Société des ciments du Mali |
| SOMAHMI | Société nationale de recherches et d'exploitations minières |

Nomenclature des instruments de mesure et de régulation

| | |
|--------|--|
| BA | Alarme (chambre de combustion) |
| FI | Indicateur de flux |
| FRC | Enregistreur-régulateur de flux |
| PQI | Compteur à roues ovales avec indicateur de flux |
| LIAC | Régulateur-indicateur de niveau avec alarme |
| LIAHL | Indicateur de niveau avec alarme pour le plein et le vide |
| PI | Indicateur de pression |
| PIA | Indicateur de pression avec alarme |
| PIAL | Indicateur de pression avec alarme (basse pression) |
| PIC | Indicateur-régulateur de pression |
| PID | Indicateur de pression différentielle |
| Pd RCA | Enregistreur-régulateur de la différence de pression avec alarme |
| TI | Indicateur de température |
| TIC | Indicateur-régulateur de température |
| TAH | Alarme (température admissible) |
| TLAH | Indicateur de température avec alarme (température trop haute) |
| TR | Enregistreur de température |
| TRC | Enregistreur-régulateur de température |
| WIA | Indicateur de poids avec alarme |
| WR | Enregistreur de poids |
| WRCA | Enregistreur-régulateur de flux avec alarme (bascule) |

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

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

Les frontières indiquées sur la carte n'emportent ni approbation ni acceptation officielle de la part de l'ONU.

TABLE DES MATIERES

| Chapitres | Pages |
|--|--------------|
| REMERCE | 9 |
| INTRODUCTION | 10 |
| CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS | 12 |
| I. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS A TAMAGUELOLT ET A BOUREM | 16 |
| A. Installations minières à Tamaguélolt et transport à Bourém | 16 |
| B. Préconcentration à Bourém | 17 |
| C. Atelier de broyage à Bourém | 20 |
| D. Atelier d'ensachage à Bourém | 25 |
| E. Stockage du phosphate broyé et ensaché à Bourém | 30 |
| II. ETUDE DES PRIX DE REVIENT DU PHOSPHATE | 33 |
| A. Prix de revient du phosphate brut à Tamaguélolt | 33 |
| B. Prix de revient du phosphate brut à Bourém | 39 |
| C. Prix de revient du phosphate préconcentré à Bourém | 40 |
| D. Prix de revient du phosphate préconcentré, broyé et ensaché à Bourém | 48 |
| E. Prix de revient du phosphate brut, préconcentré, broyé et ensaché à Nopti | 53 |
| F. Prix de revient du phosphate brut, préconcentré, en vrac à Koulikoro | 53 |
| III. PRODUCTION DE SUPERPHOSPHATE SIMPLE | 54 |
| A. Stockage d'acide sulfurique | 55 |
| B. Stockage de phosphate brut | 58 |
| C. Atelier de broyage du phosphate brut | 59 |
| D. Fabrication du superphosphate simple | 60 |
| E. Stockage de séchage du superphosphate | 71 |
| F. Atelier d'ensachage du superphosphate | 72 |
| G. Stockage du superphosphate ensaché | 74 |
| H. Installations auxiliaires | 76 |
| IV. ETUDE DU PRIX DE REVIENT DU SUPERPHOSPHATE SIMPLE ENRICHIS A ENGLINHO | 84 |

Annexes

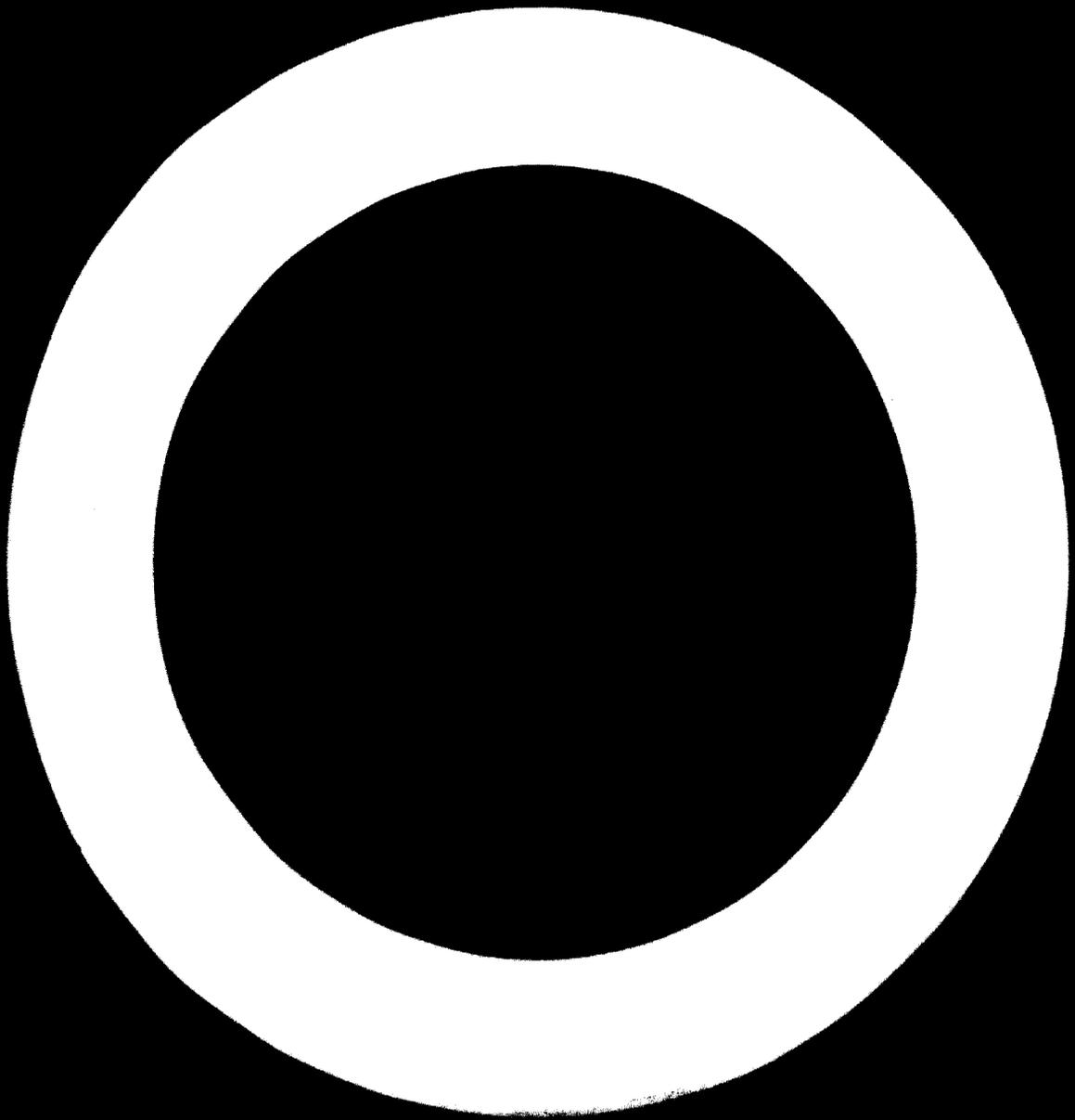
| | <u>Pages</u> |
|--|--------------|
| I. Personnalités rencontrées au Mali | 91 |
| II. Tarifs de transport | 93 |
| III. Distances | 95 |
| IV. Liste des fournisseurs | 96 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| 1. Ventilation des investissements en équipement minier importé | 34 |
| 2. Ventilation des frais de main-d'oeuvre à Tammoulelt | 35 |
| 3. Consommation et coût du matériel auxiliaire et des produits d'entretien et d'exploitation | 36 |
| 4. Frais annuels de réparation à Tammoulelt | 37 |
| 5. Ventilation des amortissements | 37 |
| 6. Coûts variables d'un camion de 7,5 tonnes | 40 |
| 7. Ventilation des investissements dans les installations de production, les machines et les véhicules à Bouroum | 41 |
| 8. Personnel et frais de main-d'oeuvre à Bouroum | 42 |
| 9. Frais annuels d'entretien et de réparation | 44 |
| 10. Calcul des amortissements annuels | 44 |
| 11. Coût du capital à incorporer | 46 |
| 12. Ventilation des coûts des installations de production, machines et installations auxiliaires à Bouroum | 48 |
| 13. Frais de main-d'oeuvre à Bouroum (atelier de brayage et d'ensachage)..... | 49 |
| 14. Frais annuels d'entretien et de réparation | 50 |
| 15. Ventilation des amortissements | 50 |
| 16. Coûts du capital à incorporer | 51 |
| 17. Ventilation des coûts des installations de production, machines et véhicules à Koulikoro | 55 |
| 18. Personnel et frais de main-d'oeuvre | 56 |
| 19. Ventilation des frais annuels d'entretien et de réparation | 58 |
| 20. Calcul des amortissements annuels | 58 |
| 21. Coût du capital à incorporer | 90 |

Lista des figures

| | <u>PAGES</u> |
|---|--------------|
| I. Atelier de broyage du phosphate | 21 |
| II. Atelier d'ensachage | 27 |
| III. Plan des installations à Bourem | 32 |
| IV. Schéma universel du procédé de fabrication du superphosphate | 56 |
| V. Plan de situation des installations à Koulikoro | 57 |
| VI. Procédé de fabrication de superphosphate granulé | 61 |
| VII. Station d'air comprimé et séché | 79 |
| VIII. Carte du Mali et des pays voisins | 105 |
| IX. Diagramme des coûts d'installations en Allemagne | 106 |



RESUME

Le Gouvernement malien ayant fait connaître son désir d'exploiter les ressources locales de phosphate et de créer un centre de broyage et d'ensachage de phosphate en vue de développer l'agriculture et d'encourager l'emploi des engrais au Mali, l'ONUDI, en 1973, a recommandé la création d'une petite installation d'ensachage d'engrais et, en mai 1973, a proposé la construction d'une usine de mélange en vrac d'une capacité de 10 000 tonnes par an. Le coût de ce projet, dont la réalisation prendrait deux ans, a été estimé à 365 000 dollars des Etats-Unis. Le 27 décembre 1973 le ministère des affaires étrangères et de la coopération du Mali a adressé au PNUD une demande d'assistance dans le cadre des services industriels spéciaux pour étudier la possibilité d'aménager des installations de broyage et d'ensachage du phosphate, déterminer le type d'équipement, l'emplacement les mieux appropriés. Ce projet a été par la suite, en 1974, inscrit dans le cadre des mesures spéciales en faveur des pays en voie de développement les moins avancés sous le numéro SM/MLI/74/010.

L'expert, sur les travaux duquel est basé ce rapport, s'est rendu au Mali, où il a séjourné pendant huit semaines en juillet et août 1975.

INTRODUCTION

À l'issue des années 1974 et 1975 la hausse des prix du phosphate brut a provoqué une baisse de la consommation des engrais, en particulier des engrais phosphatés. Sur le marché mondial le prix de la tonne de phosphate brut a passé de 14 dollars en 1973 à plus de 70 dollars en janvier 1975. La sécheresse des années passées et une diminution des rendements agricoles due à l'insuffisance d'éléments nutritifs importants ont contribué à une détérioration de la situation économique au Mali. C'est pourquoi il faut commencer à exploiter les réserves de matières premières du pays aussi vite que possible et particulièrement les gisements de minerai de phosphate de Tamaguellet dont l'exploitation est d'une importance extraordinaire pour l'agriculture du pays.

D'après le plan quinquennal de développement économique et social 1974-78^{1/}, les informations fournies par les institutions compétentes du Gouvernement et des rapports sur la question, la consommation de P_2O_5 serait de 5 000 t/an en 1978 et de 10 000 t/an en 1981. Actuellement le problème fondamental est le transport du phosphate par voie fluviale. On peut remonter le Niger vers les centres agricoles du 15 août au 1er décembre. Après la mise en marche en 1981 des installations du barrage de Selingué, l'alimentation du pays en courant électrique et la navigation sur le Niger seront assurées. Actuellement, on met sur pied un centre de production des engrais chimiques.

Ce rapport comprend deux parties :

La première partie (chapitres I et II) est l'étude d'une exploitation des gisements de minerai de phosphate à Tamaguellet dont la production annuelle de P_2O_5 serait de 5 000 tonnes, du transport de ce minerai à Bourem, de la pré-concentration du phosphate brut de 27 % à 30 % de P_2O_5 , du broyage, de l'ensachage et du stockage de phosphate préconcentré à Bourem. Pour avoir une vue d'ensemble des prix de revient du phosphate, il a fallu actualiser les calculs du rapport de Kloeckner, Industrie-Anlagen GmbH, Duisburg, établi en 1968, par rapport aux prix d'août 1975.

^{1/} Plan quinquennal de développement économique et social, 1974-78, titre et 2ème partie, République du Mali.

La deuxième partie (chapitres III et IV) traite d'une production de superphosphate simple. Dans le cas d'une production continue de superphosphate, le procédé employé implique une exploitation de 10 000 t/an de P_2O_5 au minimum.

En prévision du développement industriel, on a choisi Koulikoro comme emplacement des installations. La mise en marche des installations du barrage de Selingué fournira toutes les conditions nécessaires à la création d'un centre industriel chimique à Koulikoro. Des communications par routes asphaltées et par voie ferrée existent déjà; le courant sera suffisant et le Niger navigable pendant presque toute l'année.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'augmentation du prix du phosphate brut sur le marché mondial dans les deux dernières années a causé une baisse dans l'utilisation des engrais phosphatés au Mali. La diminution des rendements agricoles a eu pour conséquence la détérioration de la situation économique du pays. C'est pourquoi l'exploitation des ressources minérales est à présent indispensable.

Les calculs de rentabilité pour l'exploitation des gisements de phosphate dans la vallée de Tilemsi ont montré qu'il était possible de redresser cette situation et que les installations nécessaires à la préconcentration, au broyage et à l'ensachage du phosphate brut, construites selon les critères d'une technologie considérablement mécanisée, pouvaient être amorties dans une période relativement courte.

Tout d'abord, il est important de convaincre les paysans de la nécessité d'utiliser le phosphate comme engrais à cause des répercussions favorables de son utilisation sur l'économie malienne. L'emploi répandu du phosphate national éviterait des subventions à long terme.

Il serait à recommander de faire appel aux services de l'ONUDI pour la réalisation du projet dans son ensemble.

Les chiffres suivants ne sont valables que pour les ateliers de broyage et l'ensachage à Bourem, et à la condition qu'au moment de la mise en marche le capital de roulement pour les coûts d'exploitation et pour les frais d'achat de l'emballage soit disponible.

| <u>Prix de vente d'une tonne de phosphate broyé et ensaché, stocké à Nopti (en francs maliens)</u> | <u>Période d'amortissement (ans)</u> |
|--|--|
| 65 000 | ~ 4 |
| 70 000 | ~ 3 |

Dépenses relatives au projet (en francs maliens) :

| | |
|---|-------------|
| Bâtiments (construction en béton) | 18 000 000 |
| Installations | 247 000 000 |
| Transport maritime | 22 000 000 |
| Construction et assemblage | 44 000 000 |
| Mise en marche | 38 000 000 |
| Fonds de roulement (coûts d'exploitation et frais d'achat de l'emballage au démarrage des ateliers) | 207 000 000 |
| Direction du projet | 46 000 000 |
| | <hr/> |
| Total | 622 000 000 |

Comme la production du ciment est actuellement insuffisante au Mali et que cette situation risque de se prolonger, il faut prévoir le cas où l'acier devrait être utilisé pour la construction des bâtiments. Le total des dépenses se monterait alors à 650 millions de francs maliens.

L'achat du phosphate à Nopti ne représente pas nécessairement une économie pour le paysan, mais cela permet au pays de réaliser des économies en devises. Le problème de la fabrication de superphosphate simple à Koulikoro sera plus difficile. En calculant un prix de revient de 70 000 FR/t et un prix de vente de 90 000 FR/t l'amortissement est de 7 années. Actuellement le prix du superphosphate simple importé au Mali est de 90 000 FR/t. Grâce à une subvention officielle de 35 000 FR/t, le paysan peut acheter le superphosphate à 55 000 FR/t. Etant donné ces prix, il est probable que malgré des appels aux sentiments nationaux pour l'utilisation des produits du pays le phosphate de Tanagulélt devra lui aussi être subventionné.

Les ateliers de broyage de phosphate, de fabrication de superphosphate et d'ensachage décrits dans ce rapport sont des installations modernes. Ces installations sont pourvues de tous les instruments de mesure et de régulation nécessaires à une production automatisée. Les coûts d'investissement sont, évidemment, très importants. Pour cette raison il semble nécessaire d'indiquer quelques types d'installations meilleur marché et susceptibles cependant d'obtenir les mêmes résultats.

La fabrication de superphosphate peut se faire à l'aide d'installations d'une construction très simple mais fonctionnant de manière discontinue. Dans ce cas on doit faire très attention au dosage de l'acide sulfurique qui doit

être précis et en juste proportion avec le phosphate brut. Un tel procédé fait davantage appel au travail manuel.

Une installation d'ensachage à commandes manuelles a été construite par la maison Norsk Hydro a.s. Fossgrunn Fabrikker, Norvège. Cette installation, qui comporte un ensacheur volumétrique, fonctionne avec une précision de $\pm 0,4\%$, soit environ 200 g par sac de 50 kg. Le rendement (5 sacs par minute) d'un tel ensacheur est presque le même que celui des installations pourvues de bascules automatiques de grande capacité. La maison Norsk Hydro met à la disposition de ses clients les dessins détaillés de l'installation sans frais additionnels. En augmentant la main-d'oeuvre, les coûts d'investissement peuvent être réduits à une fraction des frais nécessaires à une installation d'ensachage largement automatisée.

On peut aussi réaliser des économies considérables sur les installations automatiques des ateliers de broyage et d'ensachage en s'adressant directement aux fournisseurs. L'installation de broyage est construite par la maison Claudius Peters AG, 2 Hamburg 60, Kapstadttring 1. L'installation d'ensachage peut être fournie par la maison Haver & Boecker, Maschinenfabrik, 474 Oelde/Westfalen, Carl-Haver-Platz. Les installations de fabrication de superphosphate sont réalisées sous licence par des bureaux de construction, selon des procédés spéciaux. C'est le procédé de la maison néerlandaise Verenigde Kunststofabrieken Nekog-Albatros N.V. Utrecht, qui a servi de base aux données numériques dans ce rapport.

Le choix de Koulikoro comme centre de fabrication d'engrais chimiques peut être motivé par sa situation et par la possibilité d'approvisionnement en énergie électrique au début de 1981 grâce à la mise en marche du barrage de Selingué et de la centrale électrique associée. A ce moment là, d'autre part, l'utilisation des engrais aura progressé de telle manière que l'on pourra envisager d'autres niveaux de développement comme, par exemple, la fabrication de superphosphate triple, de diammonophosphate et d'autres engrais complets. Le procédé de Nekog-Albatros avec une granulation à tambour se prête particulièrement à une reconversion dans la fabrication de produits dérivés.

Dès le début, la grande distance entre les lieux de consommation rendra nécessaire la création de petits dépôts d'engrais dans les centres agricoles. Ces stocks seront à ciel ouvert, et pour cette raison seuls des sacs plastiques seront utilisés.

Le démarrage de la fabrication d'engrais favorisera l'extension industrielle de la région de Koulikoro. En ce moment, il n'y a pas de gisements de charbon ni d'hydrocarbures au Mali.

La centrale de Sélingué fournira l'énergie électrique en quantité suffisante et à un prix acceptable; on pourra s'intéresser à la production d'hydrogène par électrolyse, ce qui pourrait faire démarrer une industrie des engrais azotés au Mali.

I. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS A TAMAGUELELT ET A BOUREM

Les méthodes d'exploitation des gisements de phosphate à Tamaguelelt, le transport par camions vers Bourem et la préconcentration du phosphate brut de 27 à 30 % de P_2O_5 par criblage sont réalisés selon les indications contenues dans le rapport de Kloeckner Industrie-Anlagen GmbH, Duisburg (1968)^{2/}, relatives au traitement et à l'utilisation des machines et des appareils. La capacité initiale annuelle de 18 500 t/an (5 000 t/an de P_2O_5) peut être doublée si on emploie un peu plus de personnel et si on utilise davantage de camions pour le transport de Tamaguelelt à Bourem. En raison des conditions climatiques l'exploitation minière et le transport sont arrêtés pendant la saison des pluies.

A. Installations minières à Tamaguelelt et transport à Bourem

Dans l'ensemble toutes les machines et tous les appareils employés pour l'extraction du minerai à Tamaguelelt, pour le transport à Bourem et pour la préconcentration de phosphate brut correspondent aux spécifications de Kloeckner. Seul le nombre de camions pour le transport du phosphate a été augmenté étant donné que la capacité de production s'élève à 18 500 t/an de phosphate brut.

1. Machines et véhicules dans la carrière :

Nombre requis

| | |
|----|--|
| 1 | Camion à benne frontale avec dispositif défonneur |
| 1 | Niveleuse |
| 2 | Camions à benne basculante d'une capacité de charge de 3 t |
| 1 | Équipement de forage avec compresseur |
| 2 | Goulottes à trappe à segment |
| 10 | Tamis fixes (largeur des mailles = 6 mm) |
| 1 | Soute d'une capacité de stockage de 500 t |

^{2/} Kloeckner : Etude économique et technique en vue de l'exploitation d'un gisement de phosphates dans la région de Bourem. Tome I-IV, 1968.

sous un simple toit. Au commencement de l'exploitation les installations de préconcentration peuvent fonctionner avec deux équipes par jour à raison de 200 jours de travail par an. Une augmentation de la capacité de cette section du traitement du phosphate dépend de l'augmentation du nombre des équipes et des jours de travail par an.

1. L'atelier de préconcentration comprend :

Nombre requis

- 1 Trémie d'alimentation d'une capacité de 40 m³
- 1 Cunette balourde pour chargement du orible à voie sèche ou du crible à voie humide
- 1 Crible à voie humide (dimensions : 0,9 m x 1,45 m ; largeur des mailles : 0,2 mm)
- 1 Goulotte d'approvisionnement pour la centrifugeuse
- 1 Centrifugeuse à crible oscillant
- 1 Courroie transporteuse (largeur : 500 mm, longueur : distance entre centrifugeuse et tambour de séchage : 11,5 m)
- 1 Installation de séchage, composée de :
 - Tambour de séchage d'1 mètre de diamètre et de 5 m de longueur
 - Boîtiers et goulottes d'entrée et de sortie
 - Générateur de gaz chaud
 - Dispositif tourbillonnaire avec trémie
 - Compresseur à gaz d'échappement
- 1 Courroie transporteuse entre atelier de préconcentration et atelier de broyage
- 1 Crible à voie sèche (dimensions : 0,9 m x 1,45 m ; largeur des mailles : 0,2 mm)
- 1 Bande transporteuse pour les particules très fines et sèches (voie sèche)
- 1 Pompe pour les particules très fines (voie humide)
 - Tuyauterie, soupapes et robinetterie
 - Équipement électrique : moteurs, câbles, éclairage, tableau de distribution
 - Instruments de mesure et de réglage : indicateurs de niveau, thermomètres, manomètres, table de commande
 - Isolation et peinture

2. Les installations auxiliaires se composent de :

Un générateur à moteur Diesel de 200 kW, qui produit le courant nécessaire

Station de pompage de l'eau : pompe à moteur, tuyauterie, robinetterie, supports, filtres et instruments

Station d'air comprimé : compresseur à moteur, installation de séchage, filtre, tuyauterie, robinetterie, supports, instruments

Atelier d'entretien : machines-outils, appareils, outillage, instruments de mesure et de régulation

Laboratoire, pour le contrôle du procédé;

Service d'incendie pour les véhicules et les installations de transport : chariot tambour, pompes mobiles, tuyaux

3. Les installations de transport comprennent :

2 bandes transporteuses, 4 baladeuses et

2 unimog

4. Chiffres de production et de consommation

Atelier de préconcentration

Capacité 16 700 t/an de phosphate préconcentré
5,5 t/h en 16 h par jour environ
en 200 jours de travail par an

Teneur en P_2O_5 30 %

Granulométrie $D_{90} \leq 5$ mm

Matière première 18 500 t/an de phosphate brut
contenant 27 % de P_2O_5

Consommation par tonne
de phosphate préconcentré

Energie électrique 5,5 kWh

Eau 1,1 m³

Gas-oil 7,45 l

Air comprimé 5 m³/h

Main-d'œuvre 1 contremaître par équipe

1 ouvrier par équipe

Utilisation d'électricité et de transport

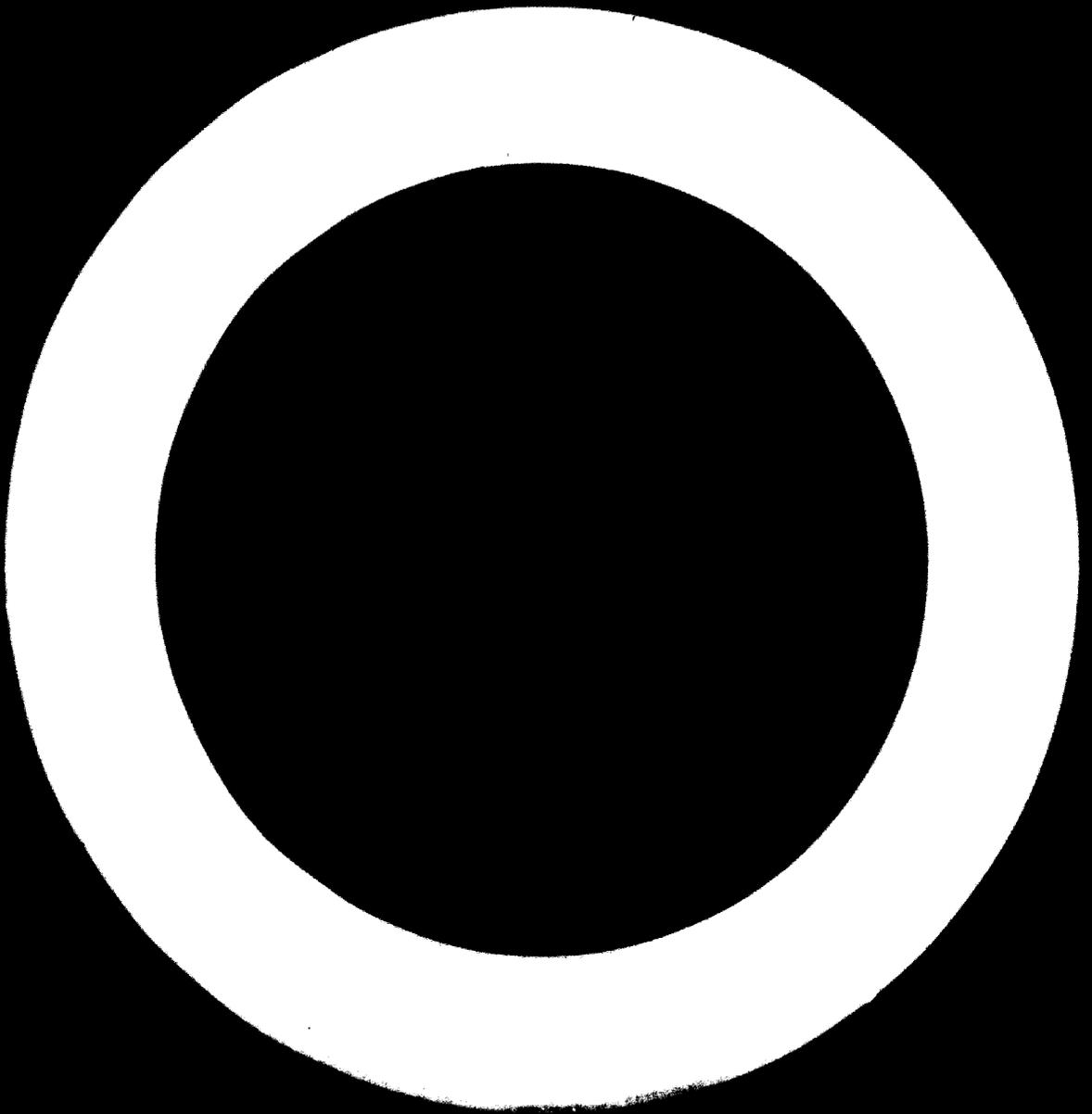
| Consommation d'énergie électrique | kWh/t |
|--------------------------------------|-------|
| Station de pompage à l'eau | 10 |
| Station d'air comprimé | 1 |
| Atelier d'entretien | 1 |
| Laboratoire | 2 |
| Installation de transport | 1 |
| Eclairage | 0 |
| Non-œuvre | |
| - - - - | 45 |
| - - - - | 20 |
| - - - - | — |
| - - - - | — |

C. Atelier de broyage à Bourem

1. Description du procédé (figure 1)

Le phosphate brut, préconcentré et sec, est prélevé de la pile de stockage par une pelleuse mécanique et amené à une trémie (3.2.2) par un élévateur à bédets (3.2.1).

Deux pompes à piston rotatif (3.2.13) alimentent en air comprimé un système pneumatique (3.2.14) disposé dans la partie conique de la trémie qui assouplit le phosphate. A l'intérieur de la trémie l'air d'échappement est dédrossié dans un filtre à air (3.2.12) fixé sur la trémie et secoué automatiquement de temps en temps. Une bande à raclettes (3.2.3.) soutire le phosphate de la trémie et alimente un broyeur à pendules centrifuges (3.2.4) Le phosphate broyé est entraîné par un courant d'air provoqué par un ventilateur (3.2.6). Un séparateur à vent (3.2.5) fixé par des brides au corps du broyeur rend possible le réglage de la finesse du phosphate broyé par changement de position de clapets disposés dans un canal. Les grosses particules retombent dans le broyeur. Les fines sont extraites par le courant d'air et amenées au cyclone de séparation (3.2.7) par un canal tangentiel. Le phosphate broyé est extrait de ce cyclone par une écluse à roues cellulaires. Une hélice transporteuse (3.2.9) amène le produit fini à l'atelier d'ensachage.



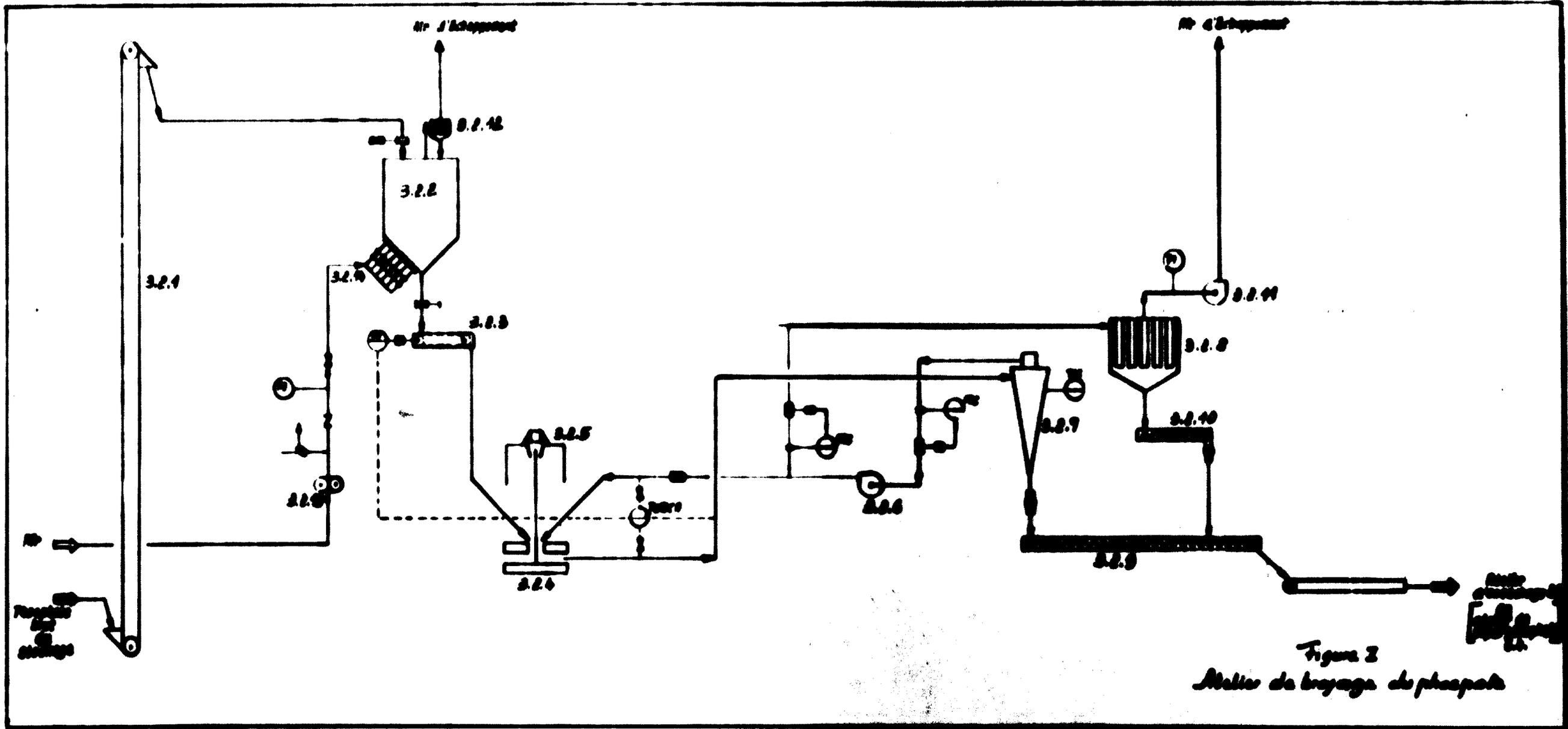
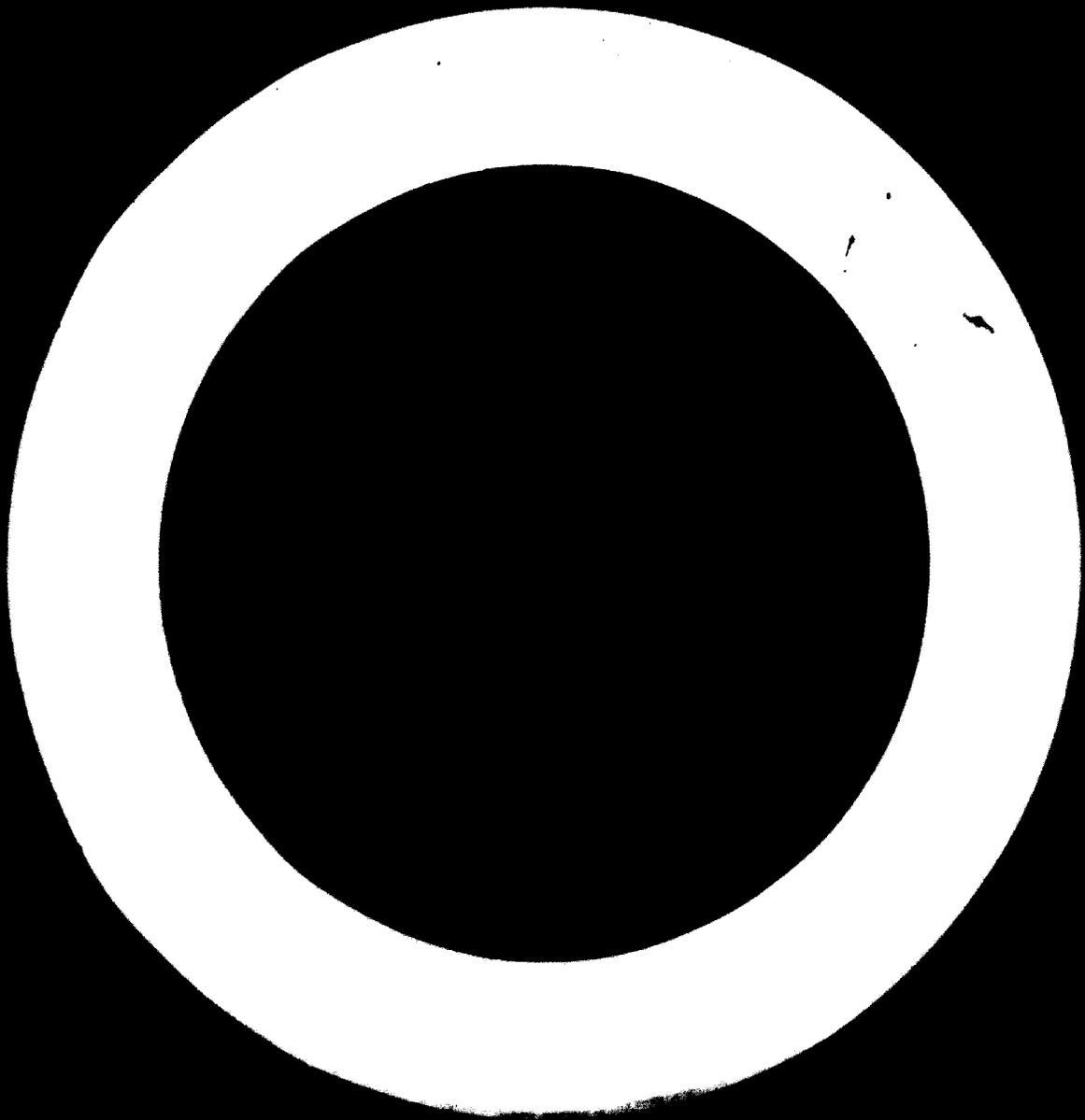


Figure 2
Moulin de broyage de phosphate



L'air séparé du phosphate broyé est absorbé au moment du broyage (3.2.4) par la partie aspirante du ventilateur (3.2.6).

Une partie de l'air d'échappement est conduite au filtre à air automatique (3.2.7) pour être dépoussiérée. La poussière collectée est ramenée par une autre hélice transporteuse (3.2.10) au produit fini. L'air d'échappement dépoussiéré est entraîné par un ventilateur (3.2.11).

L'installation de broyage (3.2) est construite pour une capacité de 10 t/h. Au commencement il n'y aura qu'une équipe de deux ouvriers travaillant 8 heures par jour pendant 210 jours par an. La capacité est établie en prévision d'une réutilisation de cette installation dans un centre pour la fabrication des engrais chimiques à Koulikoro. Il n'y aura qu'à modifier les accessoires électriques.

L'atelier de broyage est pourvu d'un groupe électrogène à moteur Diesel qui répond aux exigences de cette installation.

2. Chiffres de production et de consommation

| | |
|--|--|
| Capacité de production : | 10 t/h de phosphate brut ayant au maximum 2 % d'humidité à l'entrée, à raison de 8 h par jour et de 210 jours par an |
| Qualité | 20 % de résidus sur un tamis dont les mailles ont une largeur de 150 μ |
| Consommation par tonne de phosphate brut | |
| Energie électrique | 15 kWh |
| Air comprimé pour les instruments | 3 m ³ /h |
| Main-d'oeuvre | 2 ouvriers |

3. Spécifications

| | | Nombre requis |
|-------|---|---|
| 3.2.1 | 1 | Élévateur à godets avec moteur et engrenage |
| | | Distance d'axe en axe : 20 m |
| | | Largeur : 300 mm |
| | | Matériau : acier et caoutchouc |

| | Nombre | |
|--------|---------------|--|
| | <u>REQUIS</u> | |
| 3.2.2 | 1 | Trémie Forme : rectangulaire Capacité : 80 t Matériau : acier |
| 3.2.3 | 1 | Bande à raclettes à moteur Largeur : 350 mm Longueur : ≈ 5 m Matériau : acier |
| 3.2.4 | 1 | Broyeur à pendules centrifuges à moteur comprenant : rotor de broyage, galets, arbre vertical, corps d'acier, engrenage conique, accouplements élastiques, chassis de fondation Matériaux : acier et fonte d'acier |
| 3.2.5 | 1 | Séparateur à vent Matériau : acier |
| 3.2.6 | 1 | Ventilateur à moteur, comprenant : roue à aubes, moyeu, support pour la commande, poules et courroies trapézoïdales Matériau : acier |
| 3.2.7 | 1 | Cyclone de séparation Matériau : acier |
| 3.2.8 | 1 | Filtre à air automatique Matériaux : acier et tissu |
| 3.2.9 | 1 | Hélice transporteuse Longueur : ≈ 12 m Diamètre : 850 mm Matériau : acier |
| 3.2.10 | 1 | Hélice transporteuse Longueur : ≈ 10 m Diamètre : 850 mm Matériau : acier |

| | Nombre | |
|--------|---------------|--|
| | <u>REQUIS</u> | |
| 3.2.11 | 1 | Ventilateur Matière : acier |
| 3.2.12 | 1 | Filtre à air Matières : acier et tissu |
| 3.2.13 | 1 | Pompe à piston rotatif Capacité : environ 120 m ³ /h pour chaque pompe Matière : acier |
| 3.2.14 | 1 | Système pneumatique Matières : acier et céramique |
| 3.2.15 | | Tuyauterie, soupapes, robinetterie, vannes d'arrêt, écluses à roues cellulaires, brides, joints, vis, supports |
| 3.2.16 | | Plates-formes et installation de support |
| 3.2.17 | | Installations de mesure et de contrôle : indicateurs de niveau, thermomètres, manomètres, tableau de contrôle |
| 3.2.18 | | Équipement électrique : moteurs, câbles, boîte de distribution, éclairage |

B. Atelier d'emballage à lours

1. Description du procédé (figure II)

Le phosphate broyé est amené par un élévateur à godets (3.3.1) à la soule d'emballage (3.3.2). Dans la partie conique de cette soule se trouve un système pneumatique qui assure l'assemblage du phosphate. Une bascule automatique d'emballage (3.3.3.1) de grande capacité pèse 50 kg de phosphate et les verse par un entonnoir de décharge dans une trémie d'emballage (3.3.3.2), munie d'un dispositif pneumatique pour le blocage des sacs de polyéthylène. Les sacs, attachés manuellement, déclenchent par impulsion de palettes les phases de travail suivantes : blocage du sac, déclenchement de la bascule, largage du sac rempli. Les sacs remplis sont alors amenés

position verticale par une bande transporteuse de construction spéciale (3.3.4) et dispositif (3.3.3.3), qui les écarte et les introduit dans une trémie à déversoir (3.3.3.4). Les sacs remplis et fermés sont transportés par un tapis roulant (3.3.5) au tas de stockage en plein air. Deux diaphragmes (3.3.6) au vent les sacs vides à la plate-forme de commande (3.3.5). La installation de dépoussiérage (3.3.7) comprenant un ventilateur (3.3.7.1) qui aspire l'air chargé de poussière à travers un filtre à air (3.3.7.2) avec une bécasse de déversement et un collecteur de poussière (3.3.7.3) avec un dispositif de blocage des sacs réduit au minimum les inconvénients liés à la poussière dans les opérations d'ensachage.

Une bascule de contrôle (3.3.8) permet grâce à un indicateur la comparaison avec la bascule automatique d'ensachage. En cas de différence, il fait réinitialiser de nouveau la bascule automatique.

L'installation est bloquée électriquement. Les commandes de la station d'ensachage et de toutes les bandes transporteuses se trouvent à la station de déchargement, où le produit fini est stocké.

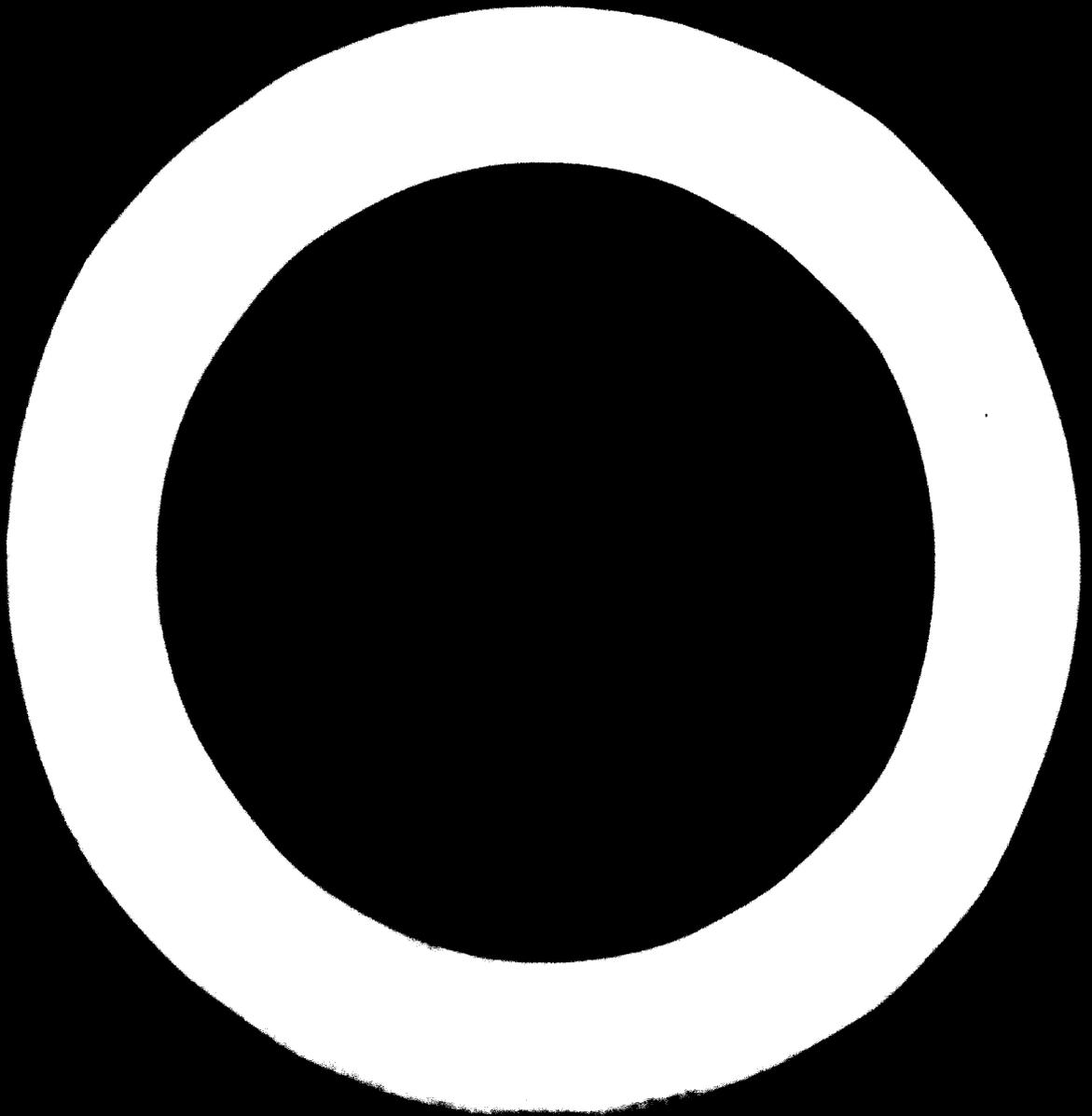
Un indicateur de remplissage optique indique le niveau dans la soude d'ensachage. Un signal acoustique annonce les deux positions extrêmes : plein et vide.

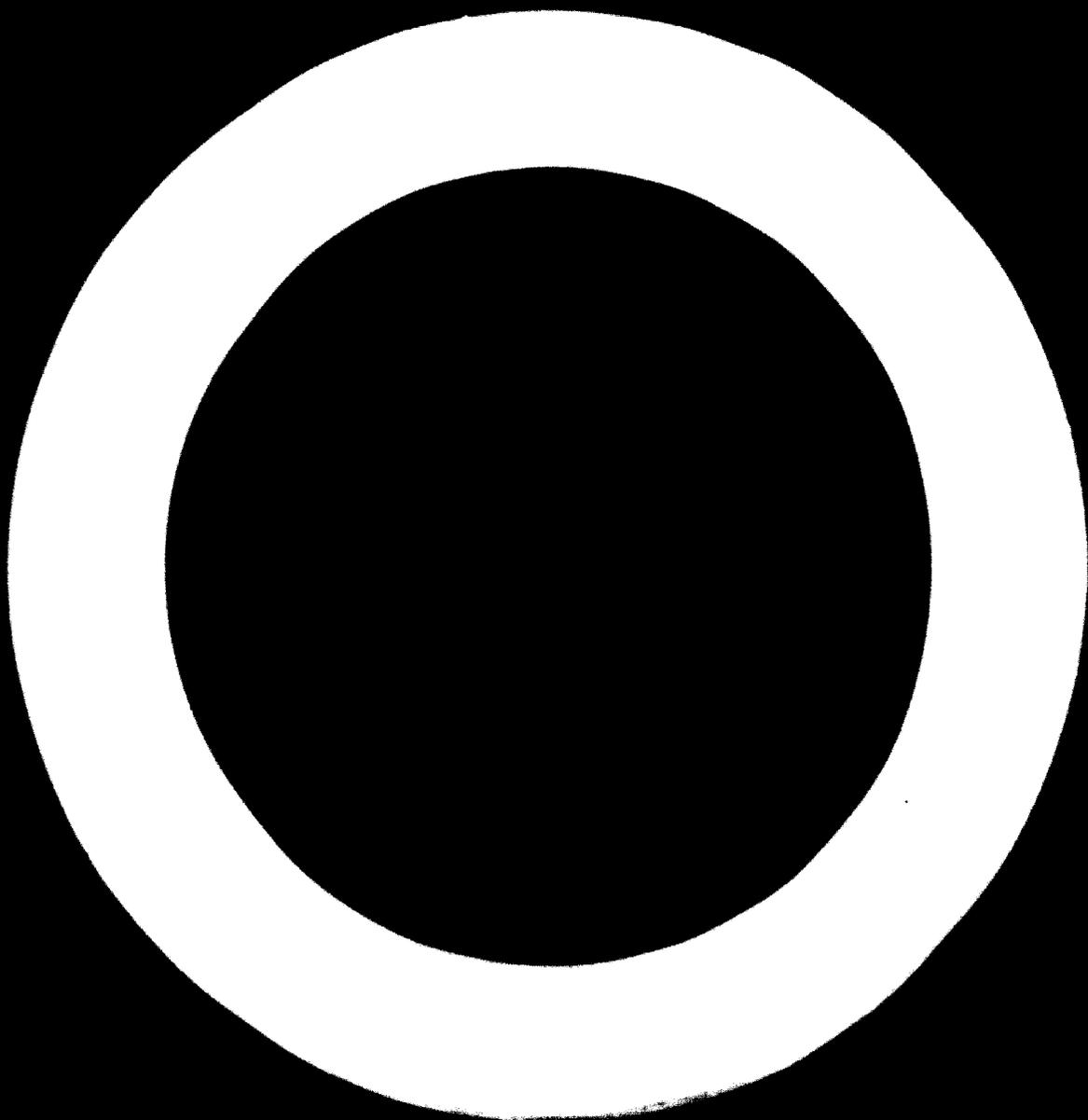
L'emballage (sacs de polyéthylène) est emmagasiné dans l'atelier d'ensachage (3.3). On a besoin d'une provision pour 9 mois (450 000 sacs).

Une capacité d'ensachage de 25 t/h au maximum avec une équipe travaillant 8 heures par jour pendant 210 jours par an est suffisamment importante pour permettre la réutilisation de ces installations dans un centre de fabrication d'engrais chimiques. En ce cas il n'y aurait qu'à adapter les équipements électriques aux conditions du nouvel emplacement.

2. Chiffres de production et de consommation

| | |
|-------------------------------------|----------------------|
| Capacité de production | 25 t/h ou 500 sacs/h |
| Consommation par tonne de phosphate | |
| Energie électrique | 1,2 kWh |
| Air comprimé | 0,4 m ³ |
| Eau de refroidissement | 0,04 m ³ |
| Sacs de polyéthylène | 20,5 |





3. Spécifications

| | <u>Nombre</u> | |
|-------|---------------|--|
| | <u>requis</u> | |
| 3.3.1 | 1 | Élévateur à godets avec moteur et engrenage Distance d'axe en axe : 20 m Largeur : 300 mm Matières : acier et caoutchouc |
| 3.3.2 | 1 | Soute d'ensachage Matière : acier |
| 3.3.3 | 1 | Station d'ensachage composée de : 3.3.3.1 Bascule d'ensachage 3.3.3.2 Trémie d'ensachage 3.3.3.3 Dispositif pour écarter l'autre train sac dans la machine à souder 3.3.3.4 Machine à souder |
| 3.3.4 | 1 | Bande transporteuse Distance d'axe en axe : 7 m Largeur de la bande : 400 mm |
| 3.3.5 | 1 | Plate-forme de commande Capacité : 200 sacs de 50 kg par heure Matières : acier inoxydable, acier, caoutchouc |
| 3.3.6 | 1 | Tapis roulant Matières : acier, caoutchouc |
| 3.3.7 | 1 | Installation de dépoussiérage composée de : 3.3.7.1 Ventilateur Matière : acier 3.3.7.2 Filtre à air Matière : acier 3.3.7.3 Collecteur de poussière Capacité : 2 m ³ Matière : acier 3.3.7.4 Tuyaux d'aspiration Matières : acier, caoutchouc |

| | <u>Nombre</u> | |
|--------|---------------|--|
| | <u>requis</u> | |
| 3.3.8 | 1 | Bascule de contrôle Capacité : 100 kg Matière : acier |
| 3.3.9 | 2 | Diablos Matière : acier |
| 3.3.10 | | Goulottes, couloirs, tuyauterie, soupape et robinetterie pour eau de refroidissement et air comprimé Matière : acier |
| 3.3.11 | | Equipement électrique : moteurs, câbles, boîte de distribution, éclairage |

E. Stockage du phosphate broyé et emballé à Bourou

1. Description du procédé

Un système mobile de bandes transporteuses se trouve au tas de stockage du produit fini, en plein air (3.4). Il faut faire très attention à la manipulation des sacs en polyéthylène remplis de phosphate broyé. Si l'entreposage est laissé au hasard les sacs plastiques risquent de glisser et de s'abîmer. Il n'y a pas de problèmes d'encombrement puisque le stockage se fait en plein air; le sol du chantier permet l'écoulement des eaux de pluie.

Il est plus facile de manipuler le produit entreposé si on fait plusieurs petites piles. L'encombrement d'un sac de polyéthylène rempli de 50 kg de phosphate broyé est en mm : 480 x 380 x 130. Il est à recommander de faire au maximum des piles de 8 000 sacs, chaque pile ayant les dimensions suivantes :

Longueur (80 sacs) : 7,6 m

Largeur (10 sacs) : 6,8 m

Hauteur d'une pile (10 couches de sacs) : 1,3 m

Cinq couches de sacs est disposés à 90° de son axe pour éviter le glissement.

Des bandes transporteuses mobiles, avec courroies et engrenages, sont utilisées pour retirer la marchandise et charger les chalands. Le Niger n'étant navigable que du 15 août à la fin novembre, on ne peut retirer les marchandises stockées que pendant cette période. Le stockage se fait à raison de 50 t/h. Le débit est le même à la sortie des marchandises. Il n'y a pas de problèmes pour augmenter la capacité de stockage, qui est actuellement de 10 000 tonnes.

La figure III donne le plan des installations à Bourem

- 1.1 Atelier de préconcentration
- 1.2 Atelier de broyage
- 1.3 Atelier d'emballage
- 1.4 Pile de stockage du phosphate broyé et ensaché

2. Spécifications

| | Nombre | |
|-------|--------|---|
| | UNITS | |
| 1.4.1 | 1 | Bande transporteuse mobile Distance d'axe en axe : 90 m Largeur : 400 mm Matériaux : acier, caoutchouc |
| 1.4.2 | 2 | Bandes transporteuses mobiles Distance d'axe en axe : 36 m Largeur : 400 mm Matériaux : acier, caoutchouc |
| 1.4.3 | 2 | Bandes transporteuses mobiles Distance d'axe en axe : 18 m Largeur : 400 mm Matériaux : acier, caoutchouc |
| 1.4.4 | 1 | Bande transporteuse mobile Distance d'axe en axe : 10 m Largeur : 400 mm Matériaux : acier, caoutchouc |
| 1.4.5 | | Goulettes et couloirs |
| 1.4.6 | | Moteurs, relais, câbles pour courant de grande intensité, câbles de commande, dispositifs de blocage, installations d'éclairage |

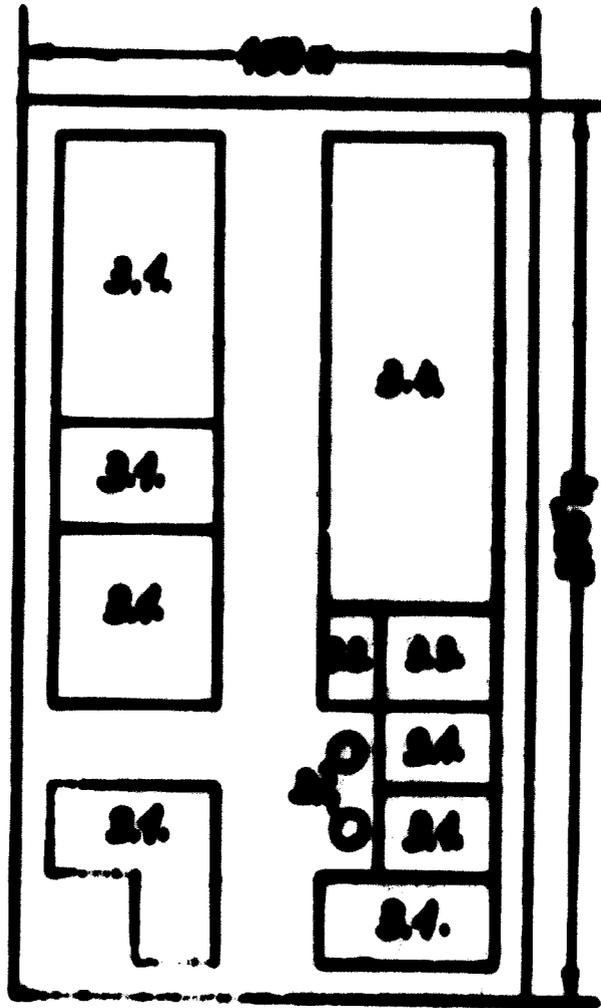


Figure II
 Plan des
 Installations à Jouer.

Scale: 1:2000

II. ETUDE DES PRIX DE REVIENT DU PHOSPHATE

A. Prix de revient du phosphate brut à Tamacouélet

Les frais d'investissement, les frais de main-d'oeuvre et les coûts du matériel auxiliaire, établis en 1968 par Kloeckner, Industrie-Anlagen GmbH, Duisburg (Allemagne) ont été actualisés en prenant pour base les prix et salaires d'août 1975. Le matériel auxiliaire, le personnel et le nombre de camions de 15 t pour le transport ont été augmentés étant donné que la capacité d'exploitation du minerai a été portée à 20 000 t/an, c'est-à-dire 18 500 t/an de phosphate brut ayant une teneur de P_2O_5 de 27 %.

1. Investissements (en francs maliens)

Bâtiments : 370 m² (bureaux, dépôts, salle de séjour, atelier de réparation, salle de premier secours)

| | |
|-------------------------------------|------------------|
| Coût des bâtiments | 15 200 000 |
| Puits pour approvisionnement en eau | <u>2 200 000</u> |
| Total | 17 400 000 |

Équipement acquis, fabriqué et construit au Mali :

| | |
|------------------------------------|------------------|
| Goulottes | 1 590 000 |
| Petits outils | 2 010 000 |
| Pompes à eau et réservoir surélevé | <u>1 200 000</u> |
| Total | 4 800 000 |

Total des investissements (bâtiments et équipement) :
233 761 000 FC

Équipement minier importé (voir tableau 1)

Tableau 1. Ventilation des investissements
en équipement minier importé
(en francs millions)

| Équipement | Prix f.o.b. port d'embarcation | Frais de trans- port vers Bahar ou Abidjan | Frais de trans- port du port d'arrivée jusqu'à Tangasséni | Prix à Tangasséni |
|---|--------------------------------------|--|--|----------------------|
| Camion à benne frontale avec défonceuse | 47 800 000 | 2 480 000 | 3 100 000 | 53 780 000 |
| Niveleuse | 41 300 000 | 4 100 000 | 304 000 | 45 704 000 |
| Camions de trois tonnes | 12 300 000 | 1 240 000 | 186 000 | 13 666 000 |
| Équipement de forage | 4 900 000 | 236 000 | 69 000 | 5 205 000 |
| Tapis fixes | 935 000 | 40 000 | 91 000 | 1 066 000 |
| Tôles d'acier pour soude | 70 500 000 | 1 270 000 | 9 400 000 | 81 170 000 |
| Deauville | 7 750 000 | 1 040 000 | 3 180 000 | 11 970 000 |
| Total | | | | 211 561 000 |

Transport de 18 500 t/an de phosphate brut à Bourm

Prix d'achat d'un camion de 15 t f.o.b. au port
d'embarquement en Europe

34 000 000

Transport maritime jusqu'à Abidjan, assurance
et transbordement

2 800 000

Transport d'Abidjan à Tangasséni (2 150 km)
par route, gas-oil, huile de graissage,
pneus, salaire des chauffeurs inclus

130 000

36 530 000

Investissements pour 7 camions de 15 t :

275 710 000 FR

2. Coûts annuels de l'exploitation minière (en francs maliens)

Tableau 2. Ventilation des frais de main-d'œuvre à Tannegdielt
(en francs maliens)

| | Nombre de postes | Salaires annuels | Total des Salaires annuels |
|-----------------------------------|---------------------|------------------|-------------------------------|
| Ingenieur en chef | 1 | 2 800 000 | 2 800 000 |
| Machinistes | 2 | 270 000 | 540 000 |
| Mécanicien | 1 | 267 000 | 267 000 |
| Chefs d'équipe | 5 | 715 000 | 3 575 000 |
| Chauffeurs | 2 | 234 000 | 468 000 |
| Ajusteur-serrurier | 1 | 441 000 | 441 000 |
| Comptable (salaires) | 1 | 800 000 | 800 000 |
| Magasinier | 1 | 159 000 | 159 000 |
| Minors et personnel auxiliaire | 115 | 159 000 | 18 300 000 |
| Total | | | 27 350 000 |

Matériel auxiliaire et produits d'entretien et d'exploitation

Tableau 3. Consommation et coûts du matériel auxiliaire et des produits d'entretien et d'exploitation

| | <u>Durée de service annuel (heures)</u> | <u>Consommation par heure (en litres)</u> | <u>Consommation annuelle</u> | <u>Prix par litre</u> | <u>Coût total (en francs suisses)</u> |
|--------------------------------|---|---|------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| Camion à benne frontale | 2 000 | | | | |
| Gas-oil | | 25 | 50 000 | 137 | 6 750 000 |
| Huile de graissage | | 1 | 2 000 | 512 | 1 024 000 |
| Niveleuse | 2 000 | | | | |
| Gas-oil | | 30 | 60 000 | 137 | 8 200 000 |
| Huile de graissage | | 0,5 | 1 000 | 512 | 512 000 |
| Camion de 3 t | 1 500 | | | | |
| Gas-oil | | 11 | 16 500 | 137 | 2 260 000 |
| Huile de graissage | | 0,12 | 180 | 512 | 92 000 |
| Camion de 3 t | 1 500 | | | | |
| Gas-oil | | 11 | 16 500 | 137 | 2 260 000 |
| Huile de graissage | | 0,12 | 180 | 512 | 92 000 |
| Équipement de forage | | | | | |
| Gas-oil | | 4,5 | 113 | 137 | 15 500 |
| Total | | | | | 21 205 500 |

✓ Le prix du gas-oil a été calculé à raison de 137 FR le litre au lieu de 140 FR, car il a fallu tenir compte de l'amortissement des réservoirs

Il faut ajouter 10 % pour l'essence, les produits de nettoyage et d'exploitation.

Coût total du matériel auxiliaire et des produits d'entretien :

23 326 050 FR

Entretien et réparations

Les frais d'entretien des bâtiments sont négligeables. Les réparations sont effectuées avec les moyens les plus simples.

Les frais de réparation des véhicules sont estimés en fonction des conditions particulières à Tamagolélt.

Tableau 4. Frais annuels de réparation à Tamagolélt

| | Valeur d'achat (en pourcentages) | Frais de réparations (francs maliens) |
|---|-------------------------------------|---|
| Camion à benne frontale (sans défonceuse) | 10 | 8 490 000 |
| Niveleuse avec pneus de rechange | 10 | 4 570 000 |
| Camion de 3 t | 12,5 | 855 000 |
| Camion de 3 t | 12,5 | 855 000 |
| Total | | 14 770 000 |

Les frais de réparation des outils, des tamis et des wagonnets sont compris dans les frais de main-d'oeuvre et dans les dépréciations de la forge volante de campagne et de l'atelier de réparation.

Amortissements

Tableau 5. Ventilation des amortissements

| | Durée d'utilisation (années) | Taux de dépréciation (en pourcentages) | Amortissement annuel (en francs maliens) |
|-----------------------------|------------------------------------|--|--|
| Bâtiments | 25 | 6,75 | 1 013 000 |
| Camion à benne frontale | 5 | 20 | 10 756 000 |
| Niveleuse | 5 | 20 | 9 140 800 |
| Camion de 3 t avec pneus | 4 | 25 | 1 708 850 |
| Camion de 3 t avec pneus | 4 | 25 | 1 708 850 |
| Équipement de forage | 10 | 10 | 580 500 |
| Route | 10 | 10 | 8 117 000 |
| Besserville | 10 | 10 | 1 197 000 |
| Gaulettes | 5 | 20 | 318 000 |
| Tamis fins | 2 | 50 | 533 000 |
| Outils | 2 | 50 | 1 005 000 |
| Puits | 20 | 5 | 110 000 |
| Pompe et réservoir surélevé | 10 | 10 | 180 000 |
| Total | | | 36 246 800 |

✓ Les taux de dépréciation tiennent compte des conditions particulières à Tamagolélt.

✓ Utilisation seulement en cas exceptionnels.

Intérêts incorporables sur le capital immobilisé (en francs maliens)

Le calcul du prix de revient devrait tenir compte de l'intérêt effectif et incorporable sur le capital nécessaire à l'exploitation. Le prix de revient doit au moins tenir compte de l'intérêt du capital usuel sur le marché. En considérant une période dont le nombre d'années s'élève au multiple de toutes les différentes périodes d'amortissements, le montant moyen devant porter intérêt est équivalent à la moitié du capital investi initialement (233 761 000 FM). Si on prend un taux d'intérêt de 6 % sur le capital immobilisé calculé à son prix d'achat on a un service d'intérêt annuel de : 7 000 000 FM

Frais administratifs

Comme il s'agit de travail dans une carrière, les frais administratifs sont estimés à 10 % des frais de main-d'oeuvre et s'élèvent à :
2 735 000 FM

En résumé :

| | FM |
|---|--------------------|
| Frais de main d'oeuvre | 27 350 000 |
| Matériel auxiliaire, produits d'entretien et d'exploitation | 23 326 000 |
| Frais de réparation | 14 770 000 |
| Dépreciations à amortir | 36 246 800 |
| Intérêts | 7 000 000 |
| Frais administratifs | 2 735 000 |
| Total | 111 427 800 |

A ces frais d'exploitation, il convient d'ajouter 10 % pour frais imprévus.

| | |
|----------------------|--------------------|
| Frais d'exploitation | 111 427 800 |
| | <u>11 142 785</u> |
| Total | 122 570 615 |

Pour une extraction annuelle de 18 500 t de phosphate brut les coûts par tonne de phosphate s'élèvent à : 6 625 FM

B. Prix de revient du phosphate brut à Bouren

1. Coûts fixes d'un camion de 15 t

| <u>Catégorie des coûts</u> | <u>Coûts annuels</u> | <u>Observations</u> |
|----------------------------|----------------------|--|
| Main-d'oeuvre | 286 000 | Salaires du chauffeur (y compris les charges sociales et autres) |
| Intérêts | 1 900 000 | 6 % de la moitié du prix d'achat |
| Assurance | 120 000 | |

| <u>Catégorie des coûts</u> | <u>Coûts annuels</u> | <u>Observations</u> |
|--|----------------------|----------------------|
| Réparations y compris les pièces de rechange | 3 653 000 | 10 % du prix d'achat |
| Coûts fixes ✓ | 5 159 000 | |

2. Coûts variables d'un camion de 15 t

Etant donné les conditions particulières à cette région, un camion doit être amorti après 800 000 km.

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Consommation de gas-oil | 45 l/100 km |
| Consommation d'huile de graissage | 1 l/100 km |
| Autres lubrifiants | 1 FR/km |
| Durée des pneus | 60 000 km |
| Prix d'un jeu complet de pneus | 1 200 000 FR |
| Distance parcourue annuellement | 200 000 km |

| | |
|--|--------------|
| Chaque camion doit transporter | 1 2 600 t/an |
| Un voyage à Bouren aller et retour | 1 216 km |
| Nombre de voyages par camion | 1 176 |
| Distance parcourue annuellement par camion | 200 000 km |

✓ Les taxes et les impôts s'élevant à 5 000 FR par an. Ils ne sont pas applicables pendant les cinq premières années d'exploitation et il n'en a pas été tenu compte dans ce calcul.

Tableau 6. Coûts variables d'un camion de 15 tonnes
(en francs maliens)

| Catégorie des coûts | Coûts par km | Coûts annuels pour 40 000 km |
|--------------------------------------|---------------|------------------------------|
| Amortissements | 183,00 | 7 320 000 |
| Gas-oil (137 FR/l) | 61,75 | 2 470 000 |
| Huile de graissage (512 FR/le litre) | 5,12 | 205 000 |
| Lubrifiants | 1 | |
| Pneus | 20,00 | 800 000 |
| Total | 270,87 | 10 835 000 |

Les coûts fixes et variables pour une distance de 40 000 km s'élèvent par an à : 15 994 000 FR.

Pour une quantité de 2 640 t transportées par an, les coûts pour un camion et par tonne s'élèvent à 6 060 FR.

En résumé, pour une production annuelle de 18 500 t, le prix de revient d'une tonne de phosphate à Bourem est de :

| | |
|--------------------|---------------|
| | FR |
| Coûts d'extraction | 6 485 |
| Coûts de transport | 6 060 |
| Total | 12 605 |

6. Prix de revient du phosphate artisanal à Bourem

1. Prix d'amortissement (en francs maliens)

Prix du terrain et coûts de la mise en valeur

| | |
|--|-------------------|
| Terrain de 18 000 m ² à 500 FR/m ² | 19 000 000 |
| Développement | 28 500 000 |
| Routes | 7 900 000 |
| Enlèvement | 12 000 000 |
| Écoulement des eaux résiduaires | 4 800 000 |
| Purage des dépôts | 22 150 000 |
| Total | 94 350 000 |

Bâtiments

| | |
|---|-------------------|
| Administration, installations sociales, atelier mécanique, laboratoire | 12 000 000 |
| Atelier de préconcentration | 26 500 000 |
| Halles de stockage | 21 500 000 |
| Total | 90 000 000 |

Machines et véhicules

Tableau 7. Ventilation des investissements dans les installations de production, les machines et les véhicules à Bourem
(en francs maliens)

| | Prix f.o.b. | Transport à Dakar | Transport à Bourem | Construction et assemblage | Prix total à Bourem |
|---------------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|
| Installation de préconcentration | 127 000 000 | 10 700 000 | 10 400 000 | 30 500 000 | 178 600 000 |
| Installation de transport | 78 000 000 | 6 100 000 | 5 900 000 | 5 100 000 | 89 100 000 |
| Groupe électrogène à moteur Diesel | 30 500 000 | 2 600 000 | 2 500 000 | 6 350 000 | 41 950 000 |
| Installations auxiliaires | 53 500 000 | 4 500 000 | 4 400 000 | 9 450 000 | 71 850 000 |
| 2 véhicules à usages multiples de 1 t | 10 150 000 | 1 530 000 jusqu'à Abidjan | 505 000 auto-propulsion | | 23 865 000 |
| 4 remorques de 6 t | 10 150 000 | 1 530 000 jusqu'à Abidjan | | | |
| Total | 303 300 000 | 26 960 000 | 23 705 000 | 51 400 000 | 405 365 000 |

Prix d'un réservoir à gas-oil

Besoin annuel approximatif de gas-oil (en litres)

| | |
|----------------------------------|----------------|
| à Tanagobé | 190 000 |
| pour les véhicules de transport | 150 000 |
| pour les installations de Bourem | 800 000 |
| Total | 560 000 |

Un réservoir à gas-oil d'une capacité de 200 000 litres est suffisant pour trois mois d'exploitation si on travaille pendant neuf mois.

Prix d'un réservoir de 200 000 litres 15 000 000 FR

Dépenses imprévues

Elles représentent 5 % du capital à investir (420 365 000 FR) :

21 000 000 FR

Pour l'ensemble des installations mécaniques comprenant les véhicules, le réservoir à huile et les dépenses imprévues le capital à investir à Bouroum s'élève à : 441 365 000 FR

2. Coûts annuels d'exploitation

Tableau 8. Personnel et frais de main-d'œuvre à Bouroum

| Main d'œuvre | Nombre de postes | Rémunération annuelle (comprenant les taxes et contributions) (en francs maliens) | Frais annuels |
|---|------------------|--|-------------------|
| Cadres | | | |
| Directeur (malien) | 1 | 3 168 000 | 3 168 000 |
| Ingénieur en chef (expatrié) | 1 | 7 380 000 | 7 380 000 |
| Contrôleur (expatrié) | 1 | 5 880 000 | 5 880 000 |
| Personnel technique et administratif | | | |
| Ingénieurs | 2 | 1 056 000 | 2 112 000 |
| Chef comptable | 1 | 1 200 000 | 1 200 000 |
| Employés | 4 | 294 000 | 1 176 000 |
| Secrétaire | 1 | 184 000 | 184 000 |
| Chefs d'équipe | 7 | 715 000 | 5 005 000 |
| Chauffeurs | 2 | 214 000 | 468 000 |
| Ouvriers | 45 | 199 000 | 7 190 000 |
| Total | | | 33 663 000 |

Matières premières

Calculés avec les frais de transport et les coûts d'entretien (12 000 FR/t) les coûts des matières premières s'élèvent pour 18 500 t/an à : 235 000 000 FR.

Matériel auxiliaire et produits d'entretien et d'exploitation

Consommation de gas-oil :

a) Courant électrique

Le besoin annuel de courant électrique pour la production de 16 700 t/an de phosphate préconcentré est évalué à 400 000 kWh. Le groupe électrogène à moteur Diesel consomme 230 g de gas-oil pour produire un kilowattheure.

Consommation annuelle de gas-oil pour la génération de courant électrique : 92 000 kg = 102 500 l

b) Exploitation des véhicules

Consommation de gas-oil pour les véhicules :

| | |
|--|----------------|
| Nombre de kilomètres parcourus par an par véhicule | : 7 000 km |
| Consommation | : 20 l/100 km |
| Consommation pour 2 véhicules | : 3 000 l/an |
| Consommation totale de gas-oil | : 105 500 l/an |

Les frais annuels pour 105 500 l. de gas-oil à 130 FR/l s'élèvent à : 15 000 000 FR

Supplément pour lubrifiants : 200 000 FR

Coûts annuels de gas-oil et de lubrifiants : 15 200 000 FR

Petits outils, autres produits et matériaux de consommation : 600 000 FR

Coûts totaux pour le matériel auxiliaire et les produits d'entretien et de fonctionnement : 15 800 000 FR

Entretien et réparations

Tableau 9. Frais annuels d'entretien et de réparation

| | Prix d'achat (en pourcentages) | Prix d'achat (en francs maliens) | Frais annuels (en francs maliens) |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Routes, enclos, pavage | 2 | 47 450 000 | 949 000 |
| Bâtiments | 2 | 80 000 000 | 1 600 000 |
| Installation de préconcentration | 5 | 381 500 000 | 19 075 000 |
| Installation de transport | 5 | | |
| Groupe électrogène à moteur Diesel | 5 | | |
| Installations auxiliaires | 5 | | |
| Véhicules et remorques | 10 | 23 865 000 | 2 386 500 |
| Réservoir de gas-oil ✓ | 2 | 15 000 000 | 100 000 |
| Total | | | 24 110 500 |

✓ Les frais de réparations du réservoir de gas-oil s'élevaient en tout à 300 000 FR. Deux tiers ont déjà été imputés aux frais de consommation de gas-oil à Tamaguellet et des véhicules de transport. C'est pourquoi seulement 100 000 FR figurent dans ce calcul.

Amortissements

Tableau 10. Calcul des amortissements annuels

| | Durée d'utilisation (années) | Taux d'amortissement (en pourcentages) | Amortissement (en francs maliens) |
|---|------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Installations extérieures (routes, etc.) | 30 | 3,15 | 1 580 000 |
| Bâtiment | 30 | 3,15 | 2 660 000 |
| Installations de préconcentration, transport, groupe électrogène et installations auxiliaires | 15 | 6,75 | 25 400 000 |
| Véhicules et remorques (pneus y compris) | 5 | 20 | 4 773 000 |
| Réservoir de gas-oil ✓ | 20 | 5 | 250 000 |
| Total | | | 34 663 000 |

✓ 750 000 FR au total. Deux tiers de cette somme ont déjà été imputés aux frais de consommation de gas-oil à Tamaguellet et des véhicules de transport. C'est pourquoi 250 000 FR seulement figurent dans ce calcul.

Coût du capital à incorporer (voir tableau 11)

Phosphate brut (stock de sécurité) : 4 000 t
Transport par barges de phosphate préconcentré
aux centres agricoles (15 août jusqu'à fin novembre) 4 775 t/mois
Production : Janvier-mai : 10 450 t
 Octobre-décembre : 6 250 t
Stockage de phosphate préconcentré, en moyenne, par an : 7 300 t

Frais administratifs

15 % des coûts de la main-d'oeuvre (33 663 000 FR) :
5 050 000 FR

En résumé :

Coûts d'exploitation annuels

| | <u>FR</u> |
|---|--------------------|
| Main-d'oeuvre | 33 663 000 |
| Matière première | 235 000 000 |
| Matériel auxiliaire et produits d'entretien et de fonctionnement | 15 800 000 |
| Entretien et réparations | 24 110 000 |
| Amortissements | 34 663 000 |
| Intérêts | 26 726 000 |
| Frais administratifs | 5 050 000 |
| Dépenses imprévues ^{4/} | 14 001 450 |
| Total | 389 015 950 |

Pour une production de 16 700 t/an, le prix de revient d'une tonne de phosphate préconcentré s'élève à 23 700 FR.

^{4/} Les dépenses imprévues sont estimées à 10 % des frais de traitement de la matière première, c'est-à-dire des frais d'exploitation sans le prix de la matière première qui comprend déjà les frais imprévus.

Tableau 11. Coût du capital à inscrire
(en francs millions)

| | Valeur de l'actif | Valeur en monnaie / d'intérêt | Taux d'intérêt (%) | Montant des intérêts | |
|---|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------|
| | | | | à payer | à recevoir |
| Services | | | | | |
| Pris et frais de mise en valeur | 47 500 000 | 47 500 000 | 6 | | 2 850 000 |
| Capital d'équipement sans réservoir de gaz-ell | 266 738 500 | 266 738 500 | 6 | | 16 050 000 |
| Réservoir de gaz-ell | | | | | |
| Matériel de prix d'achat | 7 500 000 | | 6 | | |
| Coût de main-d'œuvre à charge | 27 350 000 | | | | |
| Commis de gaz-ell et autres produits d'entretien et d'exploitation à charge | 23 386 050 | | | | |
| 4 000 t de minerai de phosphate (abat de sécurité) | | | | | |
| Frais de réparations à charge | 14 770 000 | 25 900 000 | 6 | | 1 555 000 |
| Transport de matériel à charge : frais de main-d'œuvre | 2 008 000 | | | | |
| Commis de gaz-ell et autres produits d'entretien et d'exploitation | 20 905 500 | | | | |
| Frais de réparations | 25 571 000 | | | | |
| Frais | 6 160 000 | | | | |
| | | | | à reporter | 20 905 000 |

| | Valeur | Valeur au prorata b/ | Taux d'intérêt % | Montant des intérêts |
|---|-------------|----------------------|------------------|----------------------|
| | | | | Report 20 905 000 |
| 7 300 t de phosphate brut (stock, en moyenne) | 128 570 635 | | | |
| | 33 663 000 | 85 600 000 | 6 | 5 150 000 |
| | 15 800 000 | | | |
| 65 000 l de gas-oil | 8 450 000 | 8 450 000 | 6 | 505 000 |
| | | 2 800 000 | 6 | 168 000 |
| Total | | | | 26 728 000 |

a/ Coûts de toute la production de minéral de phosphate et de phosphate brut.

b/ Coûts au prorata de la production entreposée de minéral de phosphate et de phosphate brut.

D. Prix le revient du phosphate préconcentré, broyé et ensaché à Bourem

1. Investissements (francs maliens)

Installations de broyage et d'ensachage à Bourem

- a) Bâtiments : construction très simple étant donné que les installations, machines et appareils seront transférés dans la deuxième phase de développement à un centre de fabrication d'engrais chimiques à Koulikoro.

| | |
|---------------------|-------------------|
| Atelier de broyage | 20 000 000 |
| Atelier d'ensachage | 42 000 000 |
| Total | 62 000 000 |

- b) Installations de production, machines et installations auxiliaires à Bourem

Tableau 12. Ventilation des coûts des installations de production, machines et installations auxiliaires à Bourem (en francs maliens)

| | Prix locaux | Transport à Dakar | Transport à Bourem | Construction et assemblage | Prix total à Bourem |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------------------------|---------------------|
| Installation de broyage | 133 000 000 | 11 100 000 | 10 750 000 | 30 150 000 | 185 000 000 |
| Installation d'ensachage | 69 000 000 | 5 400 000 | 5 300 000 | 15 300 000 | 95 000 000 |
| Groupe électro-gène à moteur Diesel | 30 500 000 | 2 600 000 | 2 500 000 | 6 350 000 | 41 950 000 |
| Total | 232 500 000 | 19 100 000 | 18 550 000 | 51 800 000 | 331 950 000 |

Investissements (bâtiments + équipement) **331 950 000**

Dépenses imprévues (5 % de capital à investir) **19 197 500**

Total **403 147 500**

2. Coûts annuels d'exploitation (en francs maliens)

Tableau 13. Frais de main-d'œuvre à Bouren
(atelier de broyage et d'emballage)

| Main-d'œuvre | Nombre de postes | Salaires annuels (taxes et contributions incluses) (en francs maliens) | Coûts annuels |
|---------------|------------------|--|------------------|
| Chef d'équipe | 1 | 715 000 | 715 000 |
| Ouvriers | 15 | 159 000 | 2 400 000 |
| Total | | | 3 115 000 |

Matériel auxiliaire et produits d'entretien et d'exploitation

Consommation de gas-oil pour la génération du courant électrique

Le besoin annuel des ateliers de broyage et d'emballage pour une production de 16 700 t/an de phosphate préconcentré est estimé à 150 000 kWh. Le groupe électrogène à moteur Diesel consomme 230 g de gas-oil pour produire un kilowattheure.

Consommation annuelle de gas-oil 80 500 kg - 90 000 l

Coûts annuels pour 90 000 l de gas-oil
à 130 FR/l

11 750 000

Lubrifiants

170 000

Total partiel

11 920 000

Petits outils, autres produits auxiliaires
et matériaux de consommation

300 000

Coût total

12 220 000

Entretien et réparations

Tableau 14. Frais annuels d'entretien et de réparation

| | <u>Pourcentage du</u> <u>Prix d'achat</u> <u>(en %)</u> | <u>Prix d'achat</u> <u>(en francs millions)</u> | <u>Frais annuels</u> <u>(en francs millions)</u> |
|------------------------------------|---|--|---|
| Bâtiments | 2 | 62 000 000 | 1 240 000 |
| Installation de broyage | 5 | 185 000 000 | 9 250 000 |
| Installation d'embochage | 5 | 95 000 000 | 4 750 000 |
| Groupe électrogène à moteur Diesel | 5 | 41 950 000 | 2 100 000 |
| Total | | | 17 340 000 |

Amortissements

Tableau 15. Ventilation des amortissements

| | <u>Durée</u> <u>d'utilisation</u> <u>(années)</u> | <u>Taux</u> <u>d'amortissement</u> <u>(en pourcentage)</u> | <u>Amortissement</u> <u>annuel</u> <u>(en francs</u> <u>millions)</u> |
|------------------------------------|---|--|--|
| Bâtiments | 30 | 3 1/3 | 2 070 000 |
| Installation de broyage | 15 | 6 2/3 | 12 350 000 |
| Installation d'embochage | 15 | 6 2/3 | 6 325 000 |
| Groupe électrogène à moteur Diesel | 15 | 6 2/3 | 2 795 000 |
| Total | | | 23 540 000 |

Coût du capital à incorporer (voir tableau 16).

Tableau 16. Coûts du capital à incorporer
(en francs suisses)

| | Montant en millions de l'indicateur | | Valeur en francs | Taux d'intérêt (%) | Montant des intérêts |
|--|-------------------------------------|-----------------|------------------|--------------------|----------------------|
| | Valeur | de l'indicateur | | | |
| Montant du prix d'achat | 201 573 750 | 201 573 750 | 6 | 12 100 000 | |
| Frais de main-d'œuvre | 3 175 000 | | | | |
| Matériel militaire et produits d'entretien et d'exploitation | 12 200 000 | | | | |
| Frais de réparations | 17 300 000 | 74 250 000 | 6 | 4 460 000 | |
| Matériel | 137 000 000 | | | | |
| Frais de main-d'œuvre (1 mois) | 200 000 | | 6 | 15 600 | |
| Total | | | | 16 575 600 | |

7 300 % de
progrès lors
(calcul en moyenne)

Frais d'administration

15 % des frais de main-d'oeuvre (3 115 000 FR) : 468 000 FR

En résumé :

Coûts annuels d'exploitation (en francs maliens)

| | |
|---|------------|
| Main-d'oeuvre | 3 115 000 |
| Matériel auxiliaire et produits d'entretien | 12 220 000 |
| Frais de réparations | 17 340 000 |
| Amortissements | 23 540 000 |
| Intérêts | 16 575 600 |
| Frais administratifs | 448 000 |
| | <hr/> |
| | 73 238 600 |
| Dépenses imprévues (10 %) | 7 323 860 |
| | <hr/> |
| Total | 80 562 460 |

Coûts de broyage, d'ensachage et d'emballage d'une tonne de phosphate (sans les coûts de préconcentration), pour une production de 16 700 t/an :

| | |
|---|--------|
| Broyage et ensachage | 4 025 |
| Frais d'emballage | |
| Prix de 1 000 sacs de polyéthylène : 400 000 FR | |
| Nombre de sacs par tonne : 20,5 | 8 200 |
| | <hr/> |
| Total | 13 025 |

Prix de revient d'une tonne de phosphate brut, préconcentré, broyé, ensaché et emballé pour une production de 16 700 t/an :

| | |
|--|--------|
| Prix d'une tonne de phosphate préconcentré | 22 700 |
| Broyage et ensachage | 4 025 |
| Emballage | 6 200 |
| | <hr/> |
| Total | 32 925 |

**E. Prix de revient du phosphate brut, précipité, brut
de Souren à Napti**

| | |
|---|---------------|
| Distance : Souren \longrightarrow Napti | 710 km |
| Coût de transport par voie fluviale (par tonne) | FR |
| Chargement des barges | 850 |
| Déchargement des barges | 850 |
| Tarif fluvial (en km) | 8,5 |
| Frais de transport : $710 \times 8,5$ | 6 050 |
| Prix d'une tonne de phosphate brut, précipité, brut et ensaché à Napti | FR |
| de stockage à Souren | 35 785 |
| Chargement à Souren | 850 |
| Frais de transport | 6 050 |
| Déchargement à Napti | 850 |
| Total | 43 475 |

**F. Prix de revient du phosphate brut, précipité,
en vase à Koulikoro**

| | |
|---|---------------|
| Distance : Souren \longrightarrow Koulikoro | 1 214 km |
| Coût de transport par voie fluviale (par tonne) | FR |
| Chargement des barges | 850 |
| Déchargement des barges | 850 |
| Tarif fluvial (en km) | 8,5 |
| Frais de transport : $1 214 \times 8,5$ | 10 319 |
| Prix d'une tonne de phosphate brut, précipité, en vase à Koulikoro | FR |
| de stockage à Souren | 22 700 |
| Chargement à Souren | 850 |
| Frais de transport | 10 319 |
| Déchargement à Koulikoro | 850 |
| Total | 36 719 |

III. PRODUCTION DE SUPERPHOSPHATE SIMPLE

Un procédé de granulation mis au point par la firme néerlandaise Verenigde Kunstmestfabrieken Mekog - Albatros N.V. Utrecht a été proposé pour la fabrication du superphosphate. Ce procédé de granulation du superphosphate qui utilise un tambour rotatif est particulièrement apte à être utilisé pour la granulation d'autres sortes d'engrais. En raison de la grande flexibilité des installations, ce procédé peut être employé pour la fabrication de superphosphate triple mais aussi à l'aide d'installations auxiliaires pour la fabrication de phosphate de diammonium et d'autres engrais complexes.

L'équipement nécessaire à la production du superphosphate a été prévu pour une capacité de 12 t/h. Il est évident que cette capacité de production ne peut être atteinte que si l'on dispose de la matière première et des matières auxiliaires indispensables ainsi que de personnel qualifié. Étant donné qu'il s'agit d'un procédé en continu, le démarrage d'une telle installation devrait avoir lieu avec un stock de matières premières plus important. Tout d'abord, la fabrication des engrais chimiques se fera avec de l'acide sulfurique importé du Sénégal. Après quelques années, on pourra juger si le procédé de contact avec combustion de soufre est le seul procédé économique au Mali pour la fabrication de l'acide sulfurique. Il est possible qu'en cours du développement technique soient envisagés d'autres procédés permettant l'utilisation directe des gaz sulfureux provenant de la fabrication de ciment avec du gypse ou d'installations métallurgiques.

Dans cinq ans environ on pourra disposer de 10 000 t/an de P_2O_5 à Tanaguélélt. Avec cette quantité de phosphate brut l'installation de fabrication de superphosphate, construite pour une capacité minimale de 12 t/h, serait assez rentable en fonctionnant 210 jours par an. En fonctionnant 330 jours par an la production pourrait être augmentée de plus de 50 %.

Les installations de broyage et d'emballage utilisées à Bouron jusqu'au démarrage de la fabrication du superphosphate seront transférées à Koulikoro. En outre le phosphate brut préconcentré à Bouron sera transporté en voie par voie fluviale à Koulikoro.

Après la mise en marche du barrage de Selingué les obstacles actuels à la navigation sur le Niger disparaîtront.

La figure IV donne une vue d'ensemble des diverses étapes de la fabrication du superphosphate.

La figure V est un plan montrant l'emplacement des installations à Koulikoro :

- 6.1 Stockage d'acide sulfurique
- 6.2 Stockage de phosphate brut
- 6.3 Atelier de broyage de phosphate brut
- 6.4 Atelier de fabrication du superphosphate
- 6.5 Stockage de mûrissement du superphosphate
- 6.6 Atelier d'ensachage du superphosphate
- 6.7 Stockage de superphosphate ensaché
- 6.8 Installations auxiliaires

A. Stockage d'acide sulfurique

1. Description

L'acide sulfurique nécessaire à la fabrication du superphosphate est fourni par w. atelier du Sénégal à une concentration de 96-98 %. Le transport se fait par voie ferrée en wagons-citernes spéciaux. Le stockage en deux réservoirs de 3 000 t chacun (6.1.1) représente une provision pour 2 mois. Cette réserve suffit, Koulikoro étant très facile d'accès. Le déchargement des wagons-citernes est effectué par deux pompes centrifuges (une en service, une en réserve) (6.1.3). La possibilité de corrosion à l'intérieur des récipients (6.1.1) est éliminée par des dispositifs de séchage (6.1.2) de l'air de la ventilation causée par abaissement du niveau.

2. Spécifications

| | Nombre | REMARQUE |
|-------|--------|---------------------------|
| 6.1.1 | 2 | Réservoirs |
| | | Capacité : 3 000 t chacun |
| | | Diamètre : 15 000 mm |
| | | Hauteur : 10 000 mm |
| | | Matériau : acier |

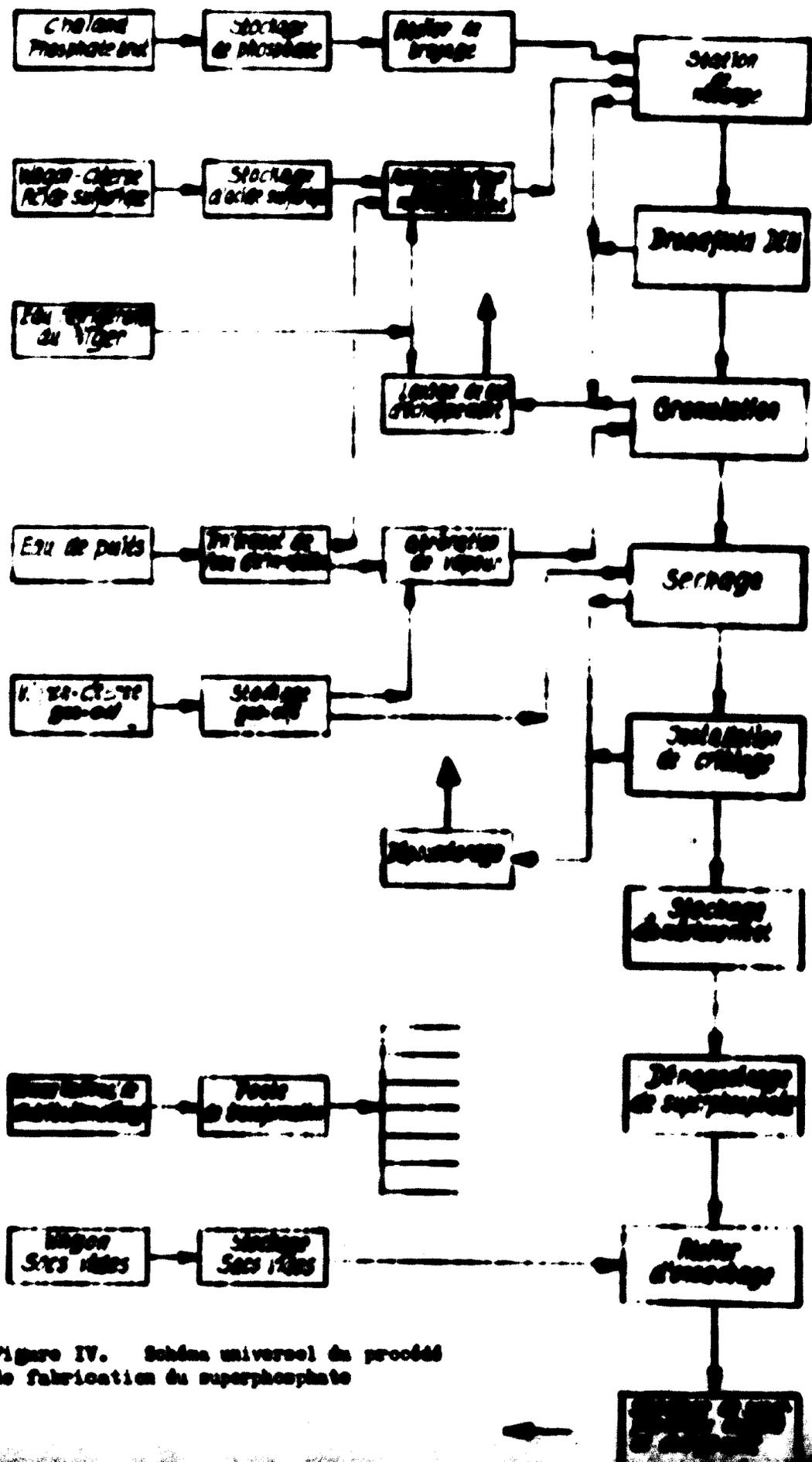


Figure IV. Schéma universel du procédé de fabrication du superphosphate

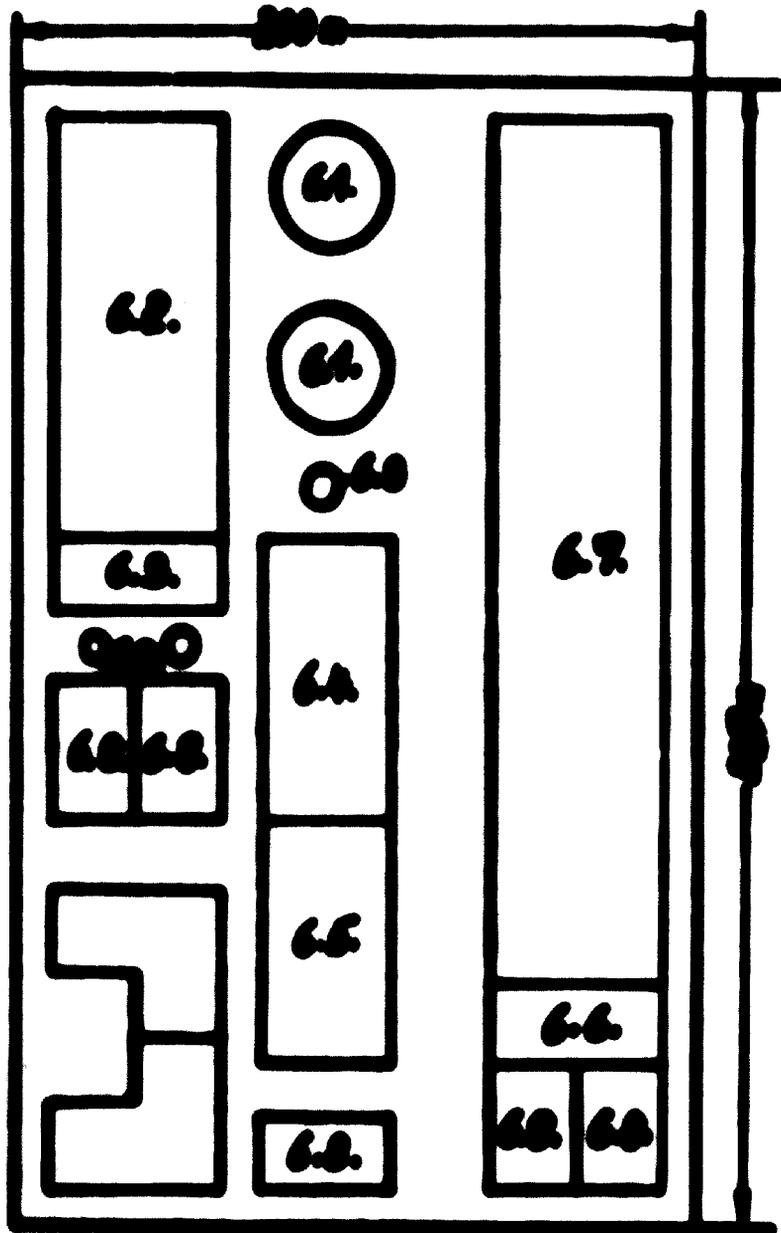


Figure V. Plan de situation des installations à Boulthère

| | Nombre <u>requis</u> | |
|-------|-------------------------|---|
| 6.1.2 | 2 | Dispositifs de séchage de l'air Matières : acier, silicagel |
| 6.1.3 | 2 | Pompes centrifuges avec moteurs et plaque de fondation Quantité : 20 m ³ /h Hauteur de levage : 20 m de liquide Matière : acier |
| 6.1.4 | | Tuyauterie et robinetterie |
| 6.1.5 | | Supports et plates-formes |
| 6.1.6 | | Instruments de mesure et de réglage |
| 6.1.7 | | Équipement électrique |
| 6.1.8 | | Isolements |

B. Stockage du phosphate brut

1. Description

Le phosphate brut nécessaire au procédé provient de l'atelier de préconcentration de Boura. Une fois préparé à 30 % de P_2O_5 et séché le transport peut se faire en vrs par voie fluviale si le Niger est navigable. On a tout de même prévu un stockage de 20 000 t environ de phosphate brut à Koulikoro. Le tas de stockage est entouré de murs assez élevés afin d'éviter des pertes de phosphate dues au vent. Il est utile de couvrir une partie du tas de stockage d'un toit afin de maintenir à environ 2 % la quantité d'humidité du phosphate à l'entrée de l'atelier de broyage. Les chaisants sont déchargés à l'aide de pelles mécaniques (6.2.4) et de bandes transporteuses avec courroies courroies de caoutchouc et engrenages (6.2.1) (6.2.2) (6.2.3)

Chiffres de capacité de consommation

Capacité : 20 000 t

Débit à l'entreposage : 100 t/h

à la sortie : 30 t/h

Consommation par tonne de superphosphate

Energie électrique 0,5 kWh
Gas-oil pour pelles mécaniques : 0,06 l

2. Spécifications

Nombre
FOURIS

- 6.2.1 1 Bande transporteuse avec trémie de chargement mobile
Distance d'axe en axe : 100 m
Largeur : 600 mm
Matières : acier, caoutchouc
- 6.2.2 1 Bande transporteuse
Distance d'axe en axe : 80 m
Largeur : 600 mm
Matières : acier, caoutchouc
- 6.2.3 1 Bande transporteuse avec chariot déverseur mobile
Distance d'axe en axe : 40 m
Largeur : 600 mm
Matières : acier, caoutchouc
- 6.2.4 2 Pelles mécaniques avec câbles tracteurs
Matière : acier
- 6.2.5 1 Pelleteuse mécanique à moteur Diesel
Capacité : 30 t/h
Matières : acier, caoutchouc
- 6.2.6 Moteurs, relais, câbles pour courant de grande intensité,
câbles de commande, éclairage

3. Atelier de travaux de phosphate brut

Description

Le procédé employé dans l'atelier de broyage est le même que celui de l'atelier de broyage de Souren (Figure I). L'équipement électrique a été adapté aux conditions de service à Houlès et toutes les installations de broyage

de Bourem sont réutilisées. C'est la raison pour laquelle la capacité de ces installations a été dès le début fixée à 10 t/h. Deux équipes suffisent au fonctionnement de l'atelier de superphosphate. Le phosphate brut est enlevé du tas de stockage par une pelleteuse mécanique (6.2.5) et porté par un élévateur à godets au récipient d'alimentation de l'atelier de superphosphate.

Chiffre de capacité et de consommation par tonne de phosphate brut

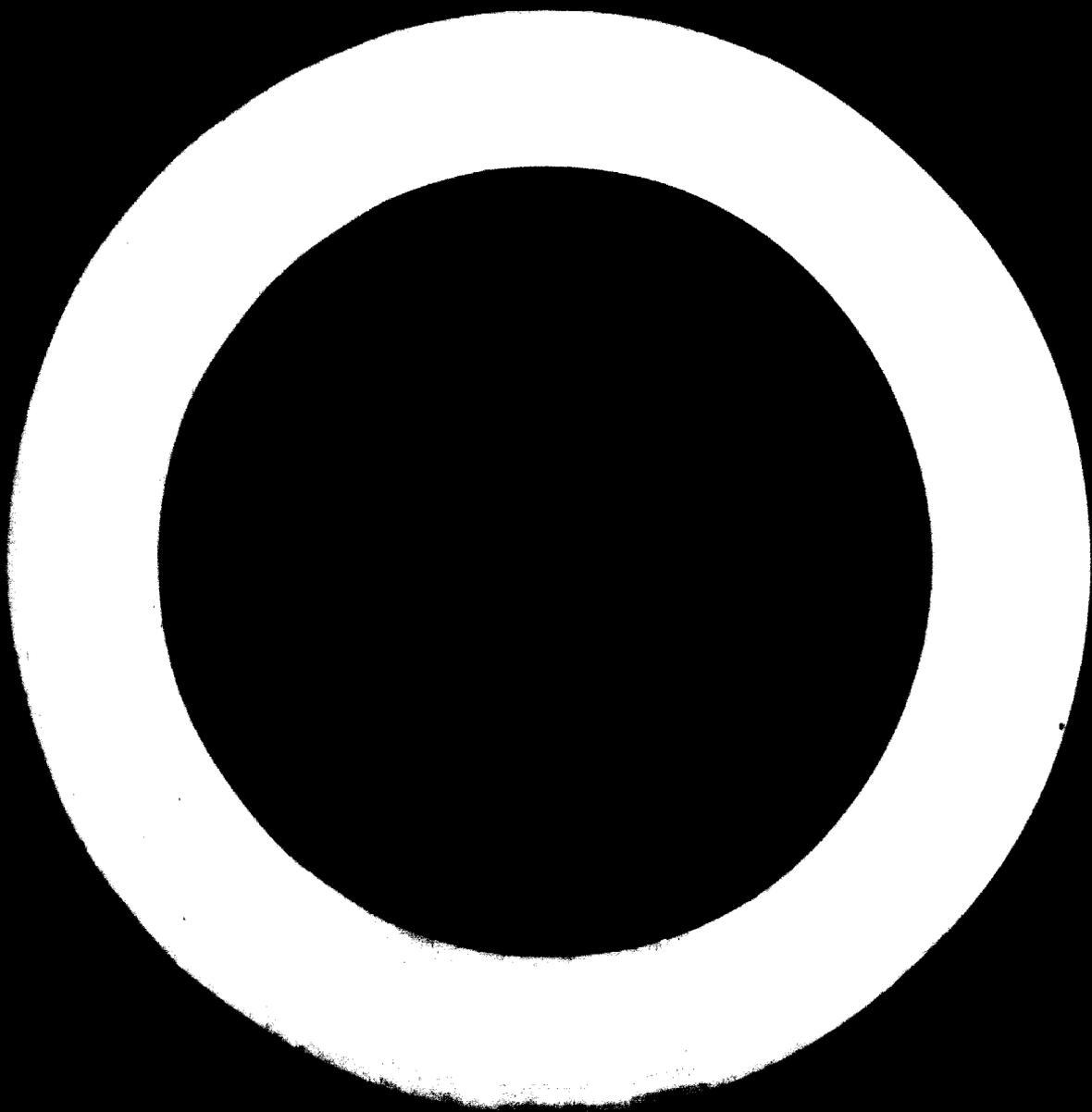
| | | |
|--------------------|---|--|
| Capacité | : | 10 t/h |
| Finesse de broyage | : | 15-20 % de refus sur crible de 150 μ |
| Granulométrie | : | 0,2-30 mm |
| Energie électrique | : | 15 kWh |
| Air comprimé | : | 3 m ³ /h |

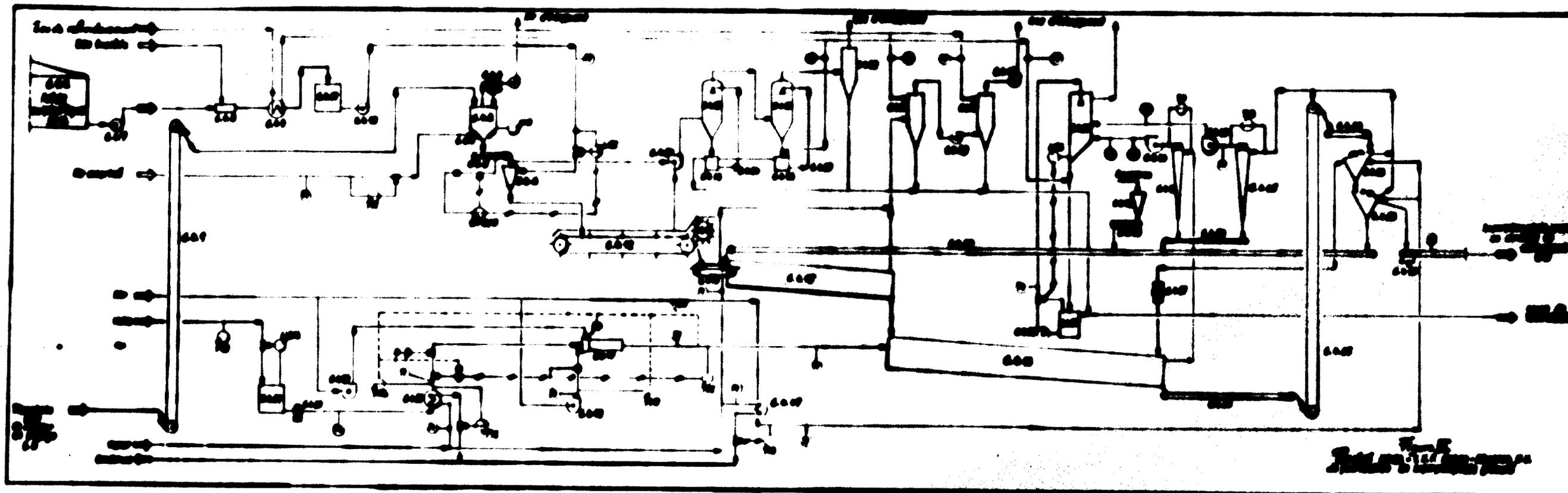
D. Fabrication du superphosphate simple

(Procédé Uhde-Nakog-Albatros)

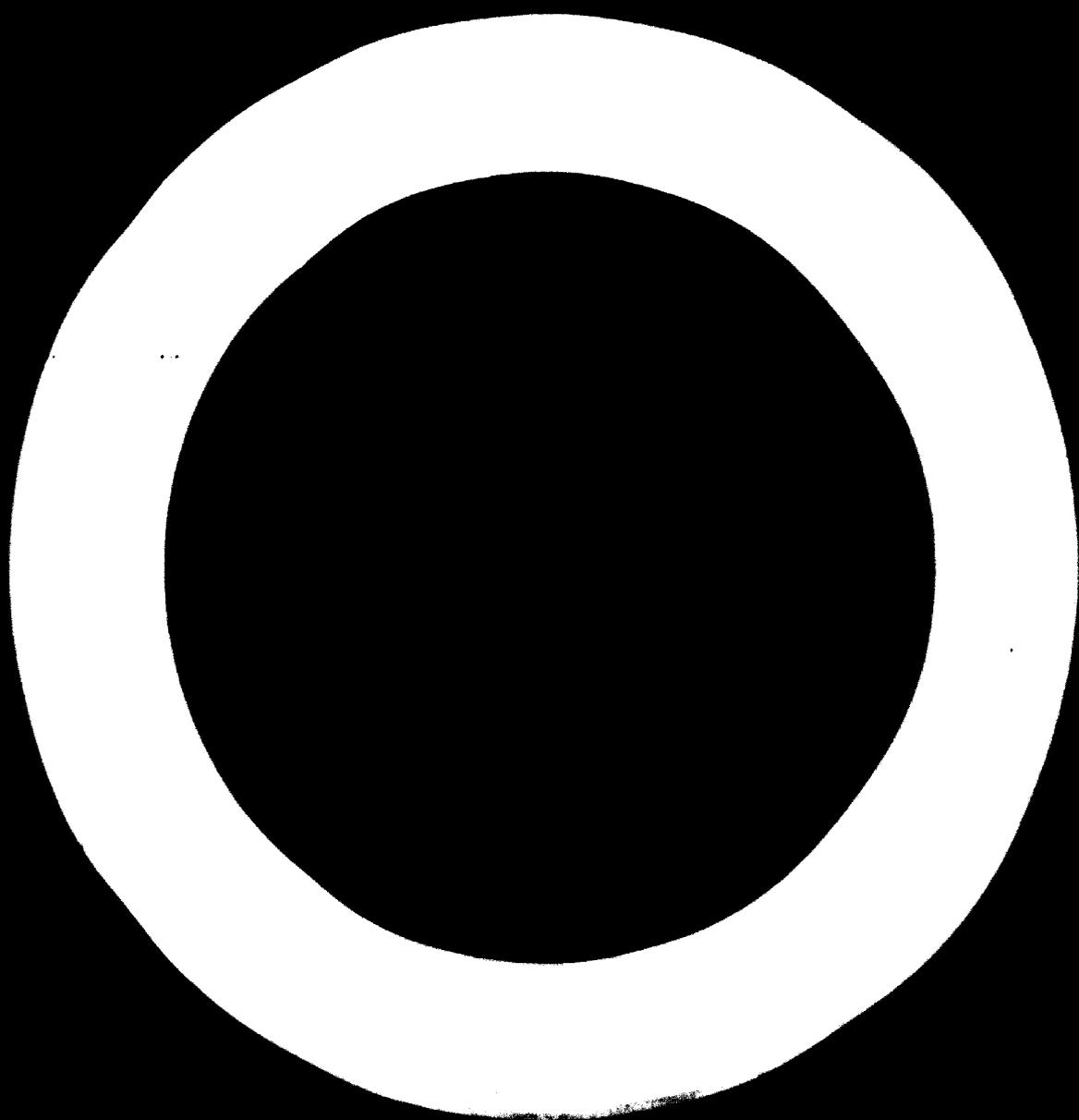
1. Description du procédé (Figure VI)

Le phosphate broyé est transporté par un élévateur à godets (6.4.1) de l'atelier de broyage à la trémie d'alimentation (6.4.2) équipée d'un filtre à air (6.4.3) avec ventilateur pour séparer la poussière de phosphate de l'air d'échappement et dans la partie conique munie des plaques d'assemblage (6.4.4). Cette trémie a une capacité calculée pour environ 20 heures. À la base de la trémie une bascule mécanique (6.4.5) dose les quantités de phosphate alimentées au mélangeur conique (6.4.6). L'acide sulfurique nécessaire au procédé est retiré par les pompes centrifuges (6.4.7) du réservoir d'acide (6.1.1) avec une concentration de 96 %. Dans une chambre de mélange (6.4.8) où se trouve un échangeur de chaleur (6.4.9) l'acide sulfurique à 96 % est dilué par addition d'eau traitée à 70 %. Cet échangeur de chaleur fonctionne comme un refroidisseur à ruissellement en cascade, et élimine la chaleur résultant de la dilution de l'acide sulfurique. Des pompes centrifuges (6.4.10) prélèvent dans un réservoir intermédiaire (6.4.11) la quantité nécessaire d'acide sulfurique dilué pour attaquer le phosphate dans le mélangeur conique. Le phosphate parfaitement inhibé d'acide sulfurique est repris à la base du mélangeur et tombe en pulpe dans le Broadfield HEN (6.4.12). Le temps





Radio Receiver



de séjour dans ce DEE peut être réglé et devrait être de 20 à 25 minutes au moins à cause de la réaction. Le superphosphate mûri est amené à un grutier (6.4.13) et envoyé sous une forme solide et friable par une bande transporteuse (6.4.14) à un tambour de granulation (6.4.15). La granulation du superphosphate dans ce tambour est réglée par addition de vapeur ou d'eau et peut être contrôlée par des dispositifs spéciaux. Le tambour de séchage (6.4.16) pour le produit granulé est chauffé par les gaz d'échappement d'une chambre de combustion (6.4.17). L'air est chauffé par la combustion d'huile avec air comprimé par les compresseurs à air primaire (6.4.18) et à air secondaire (6.4.19). L'huile du réservoir (6.4.21) est aspirée par une pompe à engrenages (6.4.20) et portée à travers un réchauffeur (6.4.22) à la chambre de combustion (6.4.17). Le produit fini passe du tambour de séchage par une bande transporteuse à l'élevateur à godets (6.4.25). Un tuyau de distribution (6.4.23) assure l'alimentation uniforme du tamis à grosses mailles (6.4.26). Ce tamis sépare des autres les grains trop grands (> 5 mm) qui sont broyés dans un concasseur spécial (6.4.27). Les particules broyées sont retournées au déchargement du tambour de séchage. Les grains trop fins (< 1 mm) sont séparés du produit fini par un tamis à mailles fines (6.4.28) et renvoyés avec les poussières des dispositifs de dépoussiérage par une bande transporteuse (6.4.29) à l'entrée du tambour rotatif de granulation.

Le produit fini est pesé par une bascule (6.4.30) incorporée à une bande transporteuse et transporté au stockage de mûrissement. Là le superphosphate simple doit rester entassé en couches uniformes pendant environ 3 semaines afin de parvenir à un mûrissement aussi avancé que possible.

Quelques dispositifs servent à dépoussiérer et à nettoyer l'air et les gaz d'échappement. Les gaz d'échappement du mélangeur conique (6.4.6) et du Broadfield DEE (6.4.12) sont aspirés par un ventilateur (6.4.31) et lavés l'un après l'autre avec de l'eau dans les scrubbers (6.4.32) et (6.4.35) à l'aide de pompes centrifuges (6.4.34) et (6.4.37) équipées de récipients (6.4.33) et (6.4.36) destinés à rassembler l'eau de lavage du scrubber. Un séparateur à gouttes (6.4.38) empêche que des particules liquides soient entraînées. Les gaz d'échappement de la bande transporteuse (6.4.14) et du tambour à granulation (6.4.15) sont aspirés par les ventilateurs (6.4.39) et (6.4.42) et introduits l'un après l'autre dans les deux cyclones (6.4.40) et (6.4.41)

alimentés en eau. Les gaz d'échappement du tambour de séchage (6.4.16) sont dépoussiérés par des cyclones (6.4.43) munis de collecteurs de poussière et d'un ventilateur (6.4.44) qui aspire l'air chauffé par le tambour de séchage et par les cyclones.

Une autre ligne de dépoussiérage est raccordée aux tamis (6.4.26) et (6.4.28) et à l'élévateur à godets (6.4.25). L'air est aspiré par un ventilateur (6.4.46) à travers les tamis (6.4.26) et (6.4.28) et dépoussiéré par des cyclones (6.4.45) munis de collecteurs de poussières. En cas d'arrêt de service, l'air aspiré est préchauffé par vapeur dans un échangeur de chaleur (6.4.47). Toutes les poussières des installations de dépoussiérage sont rassemblées par les bandes transporteuses (6.4.53) et (6.4.59) et renvoyées à l'entrée du tambour à granulation (6.4.15). Un récipient (6.4.48) avec des dispositifs de dosage (6.4.49) peut être utilisé pour l'addition des éléments de trace. Les gaz et l'air d'échappement de tous ces systèmes de dépoussiérage sont lavés dans le scrubber (6.4.50) avec de l'eau; la circulation de l'eau dans ce système chargé de poussières de superphosphate est effectuée par une pompe centrifuge (6.4.52) munie d'un récipient (6.4.51). Un courant partiel du système de lavage du gaz d'échappement et du système de lavage de l'air d'échappement est amené à une fosse de neutralisation.

Chiffres de production et de consommation

| | <u>TUNNES</u> |
|--|---------------|
| Capacité nominale annuelle | 30 000 |
| Capacité nominale par jour pendant 210 jours par an | 240 |
| Capacité nominale par heure pendant 20 heures par jour | 12 |
| Granulation | 1-4 mm |

Les chiffres de consommation des matières premières sont basés sur une analyse du phosphate brut, communiquée par la SHAWNEE le 26.8.75.

| | <u>LA CONSOMMATION</u> |
|------------------------|------------------------|
| Pentoxide de phosphore | 10,00 |
| Oxyde de calcium | 41,90 |
| Dioxyde de carbone | 2,50 |

La soude caustique

| | |
|--------------------|---------|
| Fleur | 2,90 |
| Oxyde de magnésium | 0,36 |
| Oxyde de sodium | 0,38 |
| Oxyde ferrique | 5,10 |
| Oxyde d'aluminium | 0,75 |
| Oxyde de potassium | 0,10 |
| Total de sulfure | 0,30 |
| Chloride | 300 ppm |

Pour attaquer 100 g de phosphate brut on a besoin de :

64 g de H_2SO_4 à 100 %

Les chiffres de consommation d'une tonne de superphosphate simple sont :

| | |
|---|----------------------|
| Phosphate brut | 650 kg |
| Acide sulfurique (à 100 %) | 415 kg |
| Eau de refroidissement | 12 m ³ |
| Eau traitée | 0,3 m ³ |
| Energie électrique | 85-30 kWh |
| Gas-oil (valeur calorifique nette = 9 600 kcal/kg) | 12 kg |
| Vapeur | 110 kg |
| Air comprimé | 85 m ³ /h |

2. Spécifications

(Procédé : Unité-Homag-Albatros)

Capacité : 12 t/h

Matériel

- 6.4.1 1 Elevateur à godets
Distance d'une anse à l'autre : 20 m
Largeur des godets : 400 mm
Matériau : acier
- 6.4.2 1 Trémie d'alimentation
Capacité : ~ 75 m³
Matériau : acier

| <u>Nombre</u> | | |
|---------------|---|---|
| <u>Exigés</u> | | |
| 6.4.3 | 1 | Filtre à air avec ventilateur Matériau : acier, tôle |
| 6.4.4 | | Plaques d'amoullissement Matériau : céramique |
| 6.4.5 | 1 | Bacule mécanique Capacité : 10 t/h Matériau : acier, caoutchouc |
| 6.4.6 | 1 | Mélangeur conique Matériau : acier ou nickel-chrome-molybdène |
| 6.4.7 | 2 | Pompes centrifuges (une en service, une en réserve) Capacité : 8 m ³ /h Hauteur de levage : 20 m de liquide Matériau : fonte |
| 6.4.8 | 1 | Chambre de mélange Matériau : fonte, carbone |
| 6.4.9 | 1 | Echangeur de chaleur Matériau : plastique armé de fils de verre |
| 6.4.10 | 2 | Pompes centrifuges pour l'acide sulfurique dilué Hauteur de levage : 20 m de liquide Quantité : 6 m ³ /h Matériau : plomb dur |
| 6.4.11 | 1 | Réservoir intermédiaire Capacité : 50 m ³ Matériau : acier, plomb |
| 6.4.12 | 1 | Breakfield III Capacité : 12 t/h Matériau : acier, acier au nickel-chrome-molybdène |
| 6.4.13 | 1 | Crutteur Capacité : 12 t/h |

| | <u>Nombre</u> | |
|--------|---------------|---|
| 6.4.14 | 1 | Bande transporteuse Distance d'axe en axe : 7 m Largeur : 500 mm Matériau : acier, caoutchouc |
| 6.4.15 | 1 | Tambour de granulation Diamètre : 1500 mm Longueur : 6 m Capacité : 25 t/h Matériau : acier, caoutchouc |
| 6.4.16 | 1 | Tambour de séchage Diamètre : 2 m Longueur : 15 m Matériau : acier |
| 6.4.17 | 1 | Chambre de combustion Matériau : acier |
| 6.4.18 | 1 | Compresseur à air primaire Quantité : ~ 20 000 m ³ /h Matériau : acier |
| 6.4.19 | 1 | Compresseur à air secondaire Quantité : 8 000 m ³ /h Matériau : acier |
| 6.4.20 | 2 | Pompes à engrenages (une en service, une en réserve) Matériau : acier |
| 6.4.21 | 1 | Réservoir d'huile Capacité : 10 m ³ Matériau : acier |
| 6.4.22 | 1 | Réchauffeur Matériau : acier |

| | <u>Nombre</u> | |
|--------|---------------|---|
| | <u>requis</u> | |
| 6.4.23 | 1 | Tuyau de distribution Longueur : 3 m Diamètre : 250 mm Matériau : acier |
| 6.4.24 | 1 | Bande transporteuse Distance d'axe en axe : 7 m Largeur : 500 mm Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.25 | 1 | Élévateur à godets Distance d'axe en axe : 26 m Largeur des godets : 400 mm Matériau : acier |
| 6.4.26 | 1 | Tamis à grosses mailles Capacité : 40 t/h Matériau : acier |
| 6.4.27 | 1 | Concasseur spécial Capacité : 6 t/h Matériau : acier |
| 6.4.28 | 1 | Tamis à mailles fines Capacité : 30 t/h Matériau : acier |
| 6.4.29 | 1 | Bande transporteuse Capacité : 40 t/h Largeur : 500 mm Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.30 | 1 | bascule Capacité : 12-15 t/h Matériau : acier |
| 6.4.31 | 1 | Ventilateur Matériaux : acier, caoutchouc |

| | <u>Nombre</u> | |
|--------|-----------------|---|
| | <u>quantité</u> | |
| 6.4.32 | 1 | Scrubber Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.33 | 1 | Récepteur Capacité : 3 m ³ Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.34 | 1 | Pompe centrifuge Hauteur de levage : 80 m de liquide Quantité : 25 m ³ /h Matériau : acier au nickel-chrome |
| 6.4.35 | 1 | Scrubber Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.36 | 1 | Récepteur Capacité : 3 m ³ Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.37 | 1 | Pompe centrifuge Hauteur de levage : 80 m de liquide Quantité : 25 m ³ /h Matériau : acier au nickel-chrome |
| 6.4.38 | 1 | Séparateur à gouttes Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.39 | 1 | Ventilateur Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.40 | 1 | Cyclone Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.41 | 1 | Cyclone Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.42 | 1 | Ventilateur Matériaux : acier, caoutchouc |

| <u>Nombre</u> | <u>Matériaux</u> | |
|---------------|------------------|---|
| 6.4.43 | 1 | Installation de dépollution composée de quelques cyclones Matériau : acier |
| 6.4.44 | 1 | Ventilateur Capacité : 30 000 m ³ /h Matériaux : acier, caoutchouc, acier ou nickel-chrome |
| 6.4.45 | 1 | Installation de dépollution Matériaux : acier |
| 6.4.46 | 1 | Ventilateur Matériaux : acier, caoutchouc, acier ou nickel-chrome |
| 6.4.47 | 1 | Echangeur de chaleur Matériau : acier |
| 6.4.48 | 1 | Récepteur Matériau : acier ou nickel-chrome |
| 6.4.49 | 1 | Élève transporteur Matériau : acier ou nickel-chrome-molybdène |
| 6.4.50 | 1 | Scrubber Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.51 | 1 | Récepteur Capacité : 5 m ³ Matériaux : acier, caoutchouc |
| 6.4.52 | 2 | Pompes centrifuges Hauteur de levage : 80 m de liquide Quantité : 15 m ³ /h Matériau : acier ou nickel-chrome-molybdène |
| 6.4.53 | 1 | Bande transporteur Distance d'axe en axe : 10 m Largeur : 400 mm Matériaux : acier, caoutchouc |

| | Nombre | |
|--------|---------------|---|
| | ENQUIS | |
| 6.4.54 | 1 | Tuyauterie, brides, vis, joints Matières : plomb, acier, plastique, acier au nickel-chrome-molybdène |
| 6.4.55 | | Garnitures spéciales, robinetterie Matières : plomb, acier, plastique, acier au nickel-chrome-molybdène |
| 6.4.56 | | Plates-formes, couloirs, goulottes, supports, dispositifs de suspension Matière : acier |
| 6.4.57 | | Isolament Matières : fibre de verre, aluminium |
| 6.4.58 | | Equipement électrique, moteurs, câbles |
| 6.4.59 | | Instruments, table de mesure, dispositifs pour la surveillance de l'exploitation |

E. Système de mûrissement du superphosphate

1. Description du procédé

Le superphosphate est expédié à l'aide d'une bascule (6.4.10) incorporée à une bande transporteuse de l'atelier de production au silo à mûrissement du superphosphate. Un chariot déverseur mobile par rapport à une bande transporteuse d'ennachage (6.5.1) permet de répartir uniformément le superphosphate sur la surface totale du silo. Il faut au moins trois semaines de séjour pour que mûrisse le superphosphate fabriqué à l'atelier de production. Le produit fini bien mûri est retiré du silo par une pelleteuse mécanique (6.5.2) transporté par une bande transporteuse (6.5.3) et porté par un élévateur à godets (1.3.1) à la soule d'ennachage (1.3.2). Toutes les installations de transport sont à commande électrique. Les dérangements sont indiqués par des signaux acoustiques et optiques.

Chiffres de capacité et de consommation

Capacité : 10 000 t

Débit à l'entreposage : 12 t/h

à la sortie : 50 t/h

Consommation par tonne de superphosphate

Energie électrique : 1,2 kWh

Gas-oil pour la pelleteuse mécanique : 0,12 l

2. Spécifications

- | | Nombre | |
|--------|-----------------|---|
| | <u>quantité</u> | |
| 6.5.1 | 1 | Bande transporteuse avec un chariot déversoir mobile, courroie en caoutchouc et engrenage Distance d'axe en axe : 50 m Largeur : 500 mm Matières : acier, caoutchouc |
| 6.5.2 | 1 | Pelleteuse mécanique à moteur Diesel Capacité : 50 t/h Matières : acier, caoutchouc |
| 6.5.3 | 1 | Bande transporteuse avec courroie en caoutchouc et engrenage Distance d'axe en axe : 50 m Largeur : 500 mm |
| 6.5.4. | | Goulottes et couleirs |
| 6.5.5 | | Moteurs, relais, câbles pour courant de grande intensité, câbles de commande, dispositifs de blocage, installation d'éclairage. |

P. Atelier d'emballage du superphosphate

1. Description du procédé

Le procédé employé dans l'atelier d'emballage est le même que celui de l'atelier d'emballage de Bourm (Figure II). L'équipement électrique a été adapté aux conditions de service à Kouliko. Toutes les installations

en service à Bouron ont été transférées à Koulikoro. En vue de sa réutilisation, l'atelier d'ensachage a été pourvu d'une bascule automatique de grande capacité (3.3.3.1). En ajoutant une deuxième bascule automatique de grande capacité avec entonnoir de décharge et support (6.6.3) la capacité de la station d'ensachage peut être portée à 50 t/h. La route d'ensachage (3.3.2) est construite en acier ordinaire. Cela suffit pour le phosphate brut. Le superphosphate exige un revêtement en acier au nickel-chrome.

Entre l'élevateur à godets (3.3.1) et la route d'ensachage (3.3.2) est disposé un tamis (6.6.1) pour séparer les gravales agglomérées pendant le séchage. Les nettes supérieures à 4 mm sont écrasées par un broyeur de nettes (6.6.2) et ajoutées au produit fini.

Grâce à la situation centrale de Koulikoro une provision de 450 000 sacs de polyéthylène est suffisante pour trois mois environ.

Chiffres de production et de consommation

| | |
|---|--------|
| Capacité nominale avec deux bascules automatiques de grand rendement ou 1 000 sacs de 50 kg par heure | 50 t/h |
|---|--------|

Consommation par tonne de superphosphate

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| Energie électrique | 1,2 kWh |
| Eau de refroidissement | 0,04 m ³ |
| Air comprimé | 0,4 m ³ |
| Sacs plastiques (polyéthylène) | 20,5 |

2. Spécifications

Mêmes spécifications que pour l'atelier d'ensachage de phosphate à Bouron.

Installations supplémentaires

| | Nombre | Matériaux |
|-------|--------|--|
| 6.6.1 | 1 | Tamis Capacité : 50 t/h Matériau : acier |
| 6.6.2 | 1 | Broyeur de nettes Capacité : 15 t/h Matériau : acier |

Matériau : acier au nickel-chrome

**Nombre
Lignes**

6.6.3 1 Base de d'ensachage

En cas de fabrication de superphosphate à Koulikoro toutes les installations d'ensachage de Bouron seront réutilisées. L'équipement électrique devra être adapté aux conditions de la production de courant à Koulikoro.

0. Stockage de superphosphate ensaché

1. Description

Un système de bandes transporteuses mobiles (6.7.1) (6.7.2) (6.7.3) (6.7.4) se trouve là où sont stockés les sacs de polyéthylène remplis de superphosphate, en plein air.

Il faut procéder au stockage de superphosphate ensaché avec beaucoup de soin. Quant à l'encombrement, le stockage en plein air ne pose pas les mêmes problèmes que l'entreposage dans un bâtiment. La surface de chantier est construite de façon à ce que les eaux de pluie puissent s'écouler.

La disposition des sacs en plusieurs petites piles facilite les manipulations. Si l'entreposage se fait n'importe comment, les sacs plastiques risquent de glisser et d'être endommagés. Quant à l'encombrement, le stockage en plein air ne pose pas les mêmes problèmes que l'entreposage dans un bâtiment. La surface du chantier est construite de façon à ce que les eaux de pluie puissent s'écouler.

La disposition des sacs en plusieurs petites piles facilite les manipulations. Il ne faut pas, autant que possible, empiler les sacs sur les autres plus de 10 couches de sacs. Chaque couche est disposée à 90° de son axe pour éviter le glissement. Si on stocke les sacs à l'intérieur d'un bâtiment il faut tenir compte de la charge spécifique. Une couche de sacs représente une charge spécifique de 215 kg/m².

L'encombrement d'un sac de polyéthylène rempli de 50 kg de superphosphate est (en mm) : 600 x 300 x 130.

Des bandes transporteuses mobiles (6.7.1) (6.7.2) (6.7.3) (6.7.4) sont utilisées pour charger les chalands ou les camions qui transportent les engrais aux centres agricoles.

Chiffres de capacité

Capacité : 20 000 t

EBH1 en stockage : 90 t/h

à la sortie : 90 t/h

2. Spécifications

**Entre
ZMM12**

- 6.7.1** **2** **Bandes transporteuses mobiles avec courroies en caoutchouc et engrenages**
 Distance d'axe en axe : 100 m
 Largeur : 400 m
 Matériaux : acier, caoutchouc

- 6.7.2** **2** **Bandes transporteuses mobiles avec courroies en caoutchouc et engrenages**
 Distance d'axe en axe : 36 m
 Largeur : 400 m
 Matériaux : acier, caoutchouc

- 6.7.3** **3** **Bandes transporteuses mobiles avec courroies en caoutchouc et engrenages**
 Distance d'axe en axe : 18 m
 Largeur : 400 m
 Matériaux : acier, caoutchouc

- 6.7.4** **1** **Bande transporteuse mobile avec courroies en caoutchouc et avec engrenage**
 Distance d'axe en axe : 10 m
 Largeur : 400 m
 Matériaux : acier, caoutchouc

- 6.7.5** **Cadettes et rouleaux**

- 6.7.6** **Moteurs, relais, câbles pour courant de grande intensité, câbles de commande, dispositifs de blocage, installation d'éclairage**

N. Installations auxiliaires

1. Station d'eau de refroidissement

Description du procédé

L'eau de refroidissement nécessaire aux installations est pompée dans le Niger par des pompes immergibles (6.8.1.1) et est amenée aux lieux de consommation. Les impuretés de l'eau fluviale sont éliminées par un grille à tambour (6.8.1.2). L'addition d'une lessive d'hypochlorite de soude, à l'aide d'un dispositif de dosage (6.8.1.3) empêche la multiplication des algues et des microbes et la formation de fluide visqueux.

Spécifications

| | Nombre | |
|---------|---------------|--|
| | <u>unités</u> | |
| 6.8.1.1 | 2 | Pompes immergibles, avec moteurs et plaques de fondation Capacité : 800 m ³ /h Hauteur de levage : 50 m (colonne d'eau) |
| 6.8.1.2 | 1 | Grille à tambour Capacité : 180 m ³ /h |
| 6.8.1.3 | 1 | Dispositif de dosage |

2. Générateur de vapeur et préparation de l'eau d'alimentation

Description du procédé

La vapeur saturée nécessaire dans les ateliers est produite dans une chaudière combinée à tube-foyer et à tubes à fondes (6.8.2.1). La chaudière est chauffée par combustion d'huile. L'approvisionnement en carburant est assuré par des pompes (6.8.2.5) pourvues d'un réservoir (6.8.2.4). L'eau d'alimentation et l'eau pulvérisée sont préparées par des installations pour le traitement de l'eau d'alimentation, comprenant une installation de dosage théorique (6.8.2.6) et un générateur d'eau (6.8.2.7). L'alimentation en eau de la chaudière est effectuée par les pompes (6.8.2.2). Les gaz d'échappement sont évacués par une cheminée (6.8.2.3). L'eau non traitée amenée par des tuyaux vient des puits.

Spécifications

| | Nombre | |
|---------|----------------|---|
| | INDICIA | |
| 6.8.2.1 | 1 | Générateur de vapeur saturée, avec pulvérisateur à haute pression, réglable Capacité : 3 t/h Pression de service : 3 bar Matière : acier M II et St 37 |
| 6.8.2.2 | 2 | Pompes avec moteurs et plaques de fondation Capacité : 4 t/h Hauteur de levage : 30 m (colonne d'eau) |
| 6.8.2.3 | 1 | Cheminée Diamètre : 400 mm Hauteur : 30 m Matière : acier |
| 6.8.2.4 | 1 | Récepteur à huile avec réchauffeur Capacité : 6 m ³ Matière : acier |
| 6.8.2.5 | 2 | Pompes à huile avec moteurs et plaques de fondation Capacité : 0,5 t/h Hauteur de levage : 200 m (colonne d'eau) |
| 6.8.2.6 | 1 | Installation de dégage thermique de l'eau d'alimentation, avec récepteur pour l'eau d'alimentation (3 m ³) Capacité : 3 t/h Pression de travail : 0,4 bar Contenu d'oxygène à la sortie du dégageur : 0,02 mg/l Matière : acier ou nickel-chrome et acier ordinaire |
| 6.8.2.7 | 1 | Adoucisseur d'eau Capacité : 2 x 4 t/h Matières : acier, caoutchouc |

3. Station d'air comprimé (Figure VI)

Description du procédé

L'air comprimé nécessaire pour actionner les instruments de mesure est produit par deux compresseurs à pistons à marche sèche (6.8.3.1), un étant en service et l'autre en réserve. La station dispose aussi d'une installation automatique pour le séchage de l'air (6.8.3.2) et d'un récipient à air séché (6.8.3.3). Chaque compresseur a une capacité de 40 m³/h d'air d'une pression finale de 8 bar. L'humidité de l'air comprimé est éliminée jusqu'à un point de rosée de -30° C par une installation pourvue d'un dispositif de séchage. Le récipient, d'une capacité de 6 m³, suffit pour environ une heure en cas de panne de courant.

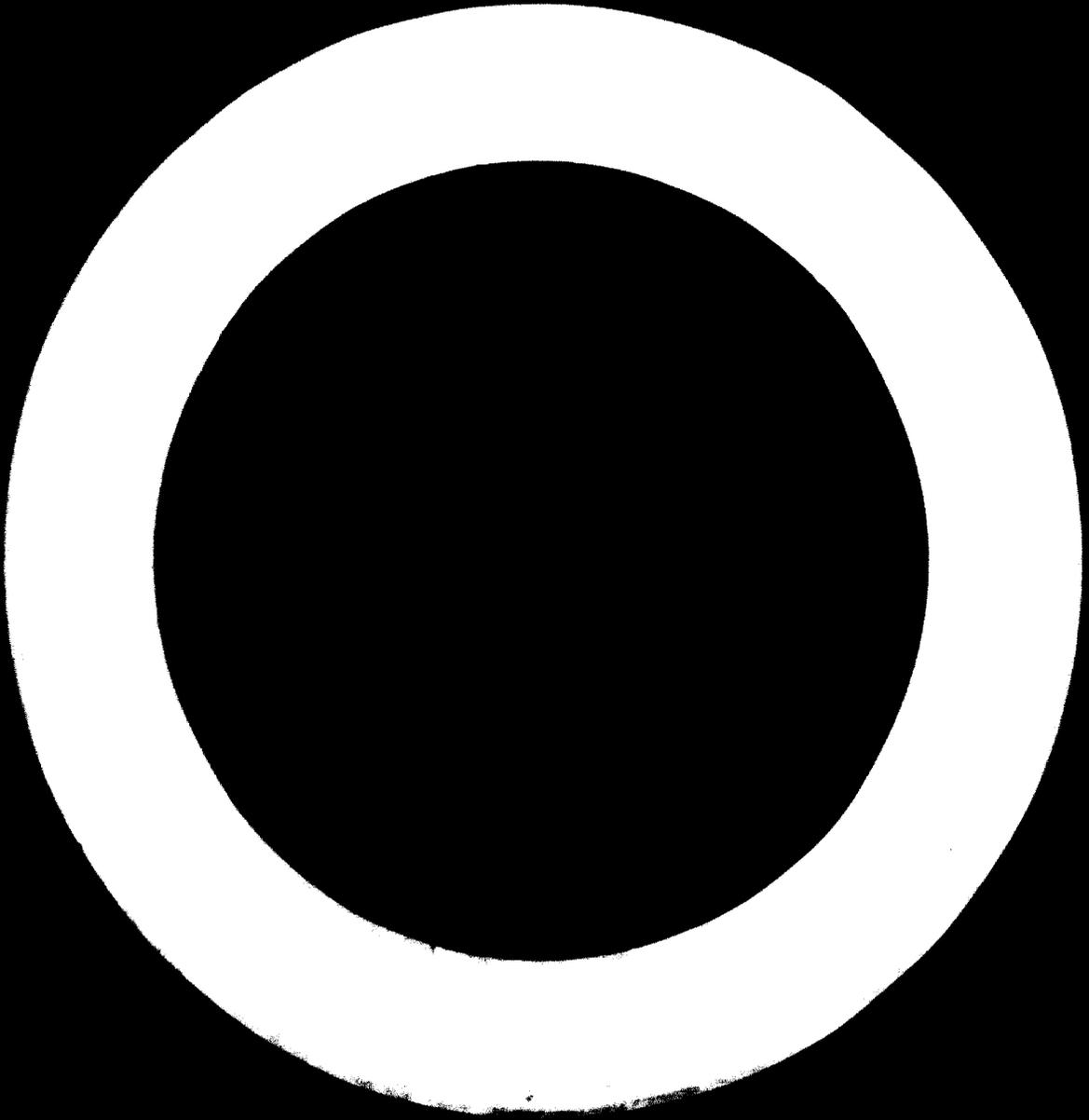
Spécifications

| | Nombre | |
|---------|---------------|--|
| | <u>requis</u> | |
| 6.8.3.1 | 2 | Compresseurs à piston, à 2 étages Capacité : 40 m ³ /h Pression finale : 8-10 bar |
| 6.8.3.2 | 1 | Installation de séchage de l'air composée de 2 absorbeurs Pression de service : 8-10 bar Température de service : 30° C Point de rosée : -30° C Produit déséchant : Silicagel |
| 6.8.3.3 | 1 | Récipient à air séché Capacité : 6 m ³ |

4. Equipement de mesure et de régulation

Mesure des quantités

Un mesureur de passage à indicateur/enregistreur électrique note la quantité d'acide sulfurique dans la chambre de mesure. L'eau traitée et les autres liquides sont mesurés avec un rotamètre local. La vapeur est mesurée par un diaphragme avec indicateur/enregistreur pneumatique dans la chambre de mesure.



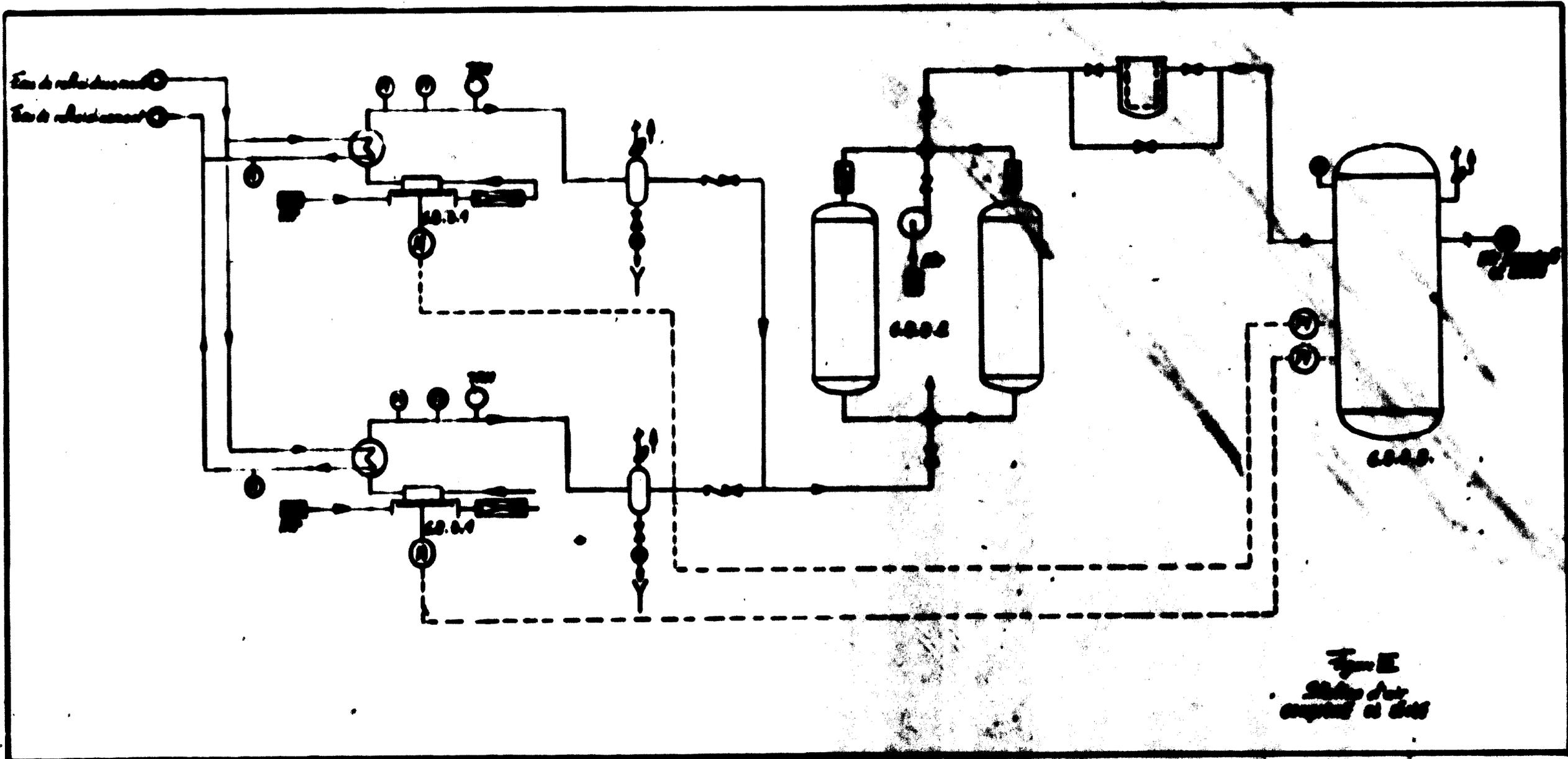
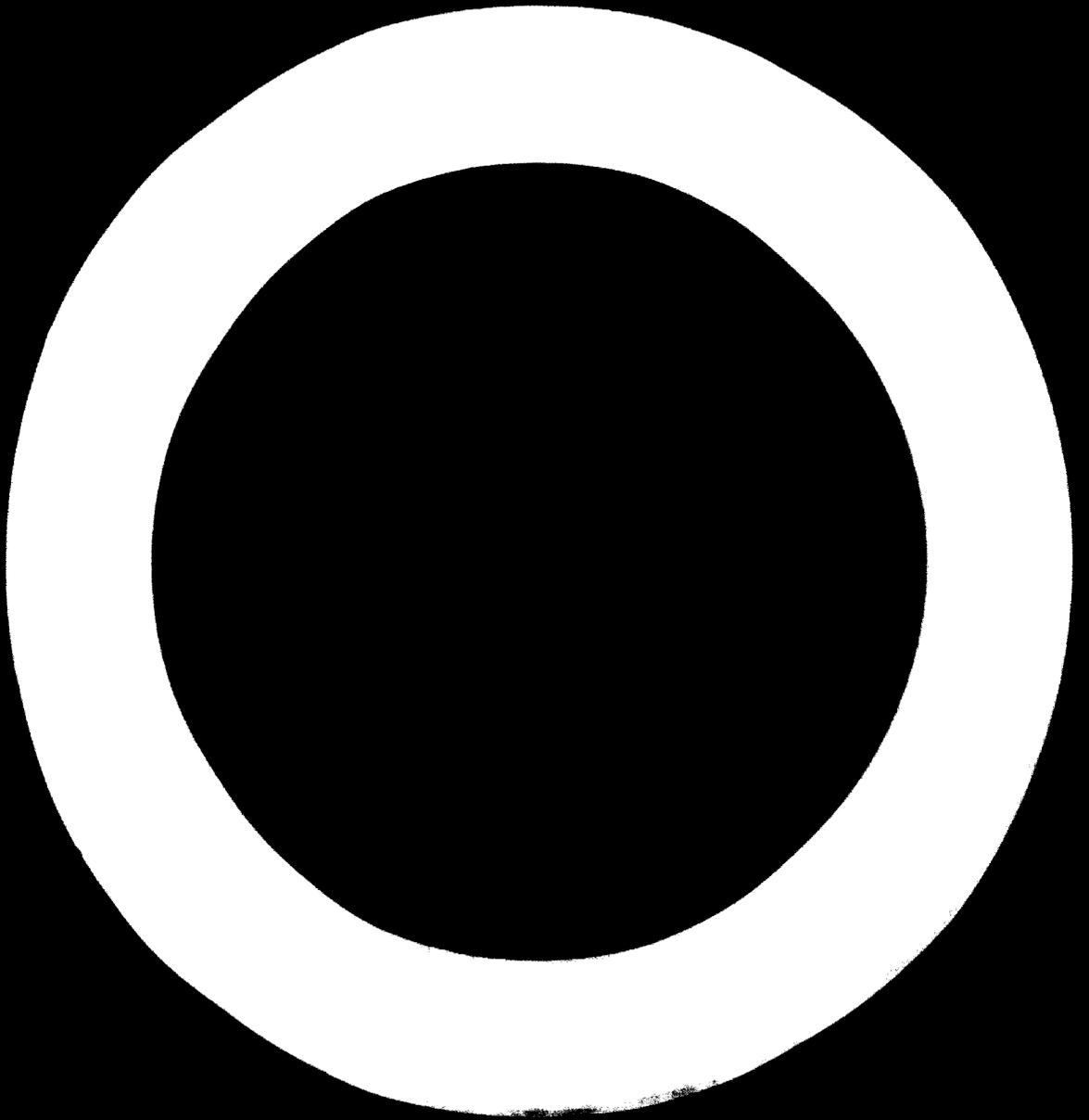


Figure II
Schéma du
système de refroidissement



Mesure des températures

La mesure des températures est effectuée par thermoéléments avec indication électrique (enregistreur multiple/indicateur dans la chambre de mesure). Localement, la température est indiquée par des thermomètres construits en bimétal.

Mesure de niveau

La mesure du niveau s'effectue, où cela est nécessaire, selon le principe des différences de pression par transmetteur à brides avec indicateur/enregistreur pneumatique dans la chambre de mesure. La mesure du niveau s'effectue quand cela est possible selon le principe des différences de pression en utilisant la méthode de pétillage avec indicateur/enregistreur pneumatique dans la chambre de mesure. Les mesures locales sont effectuées en utilisant la méthode de pétillage.

Mesure de pression

La mesure de la pression se fait où cela est nécessaire par transmetteur à pression avec indication pneumatique dans la chambre de mesure. Localement une indication par manomètre suffit.

Régulateurs et soupapes de régulation

Tous les cycles de régulation fonctionnent de manière pneumatique. Tous les cycles de régulation avec valeur enregistrée électriquement sont pourvus d'un convertisseur électropneumatique.

La chambre de mesure

Pour faciliter le fonctionnement et le contrôle de toutes les installations, les appareils de mesure et de régulation sont réunis sur un tableau central de contrôle. Les organes de commande automatique du procédé se trouvent également sur ce tableau. Au-dessus du tableau figure un schéma sur lequel le système d'alarme est indiqué par des lampes (clignotant et lumière continue). Le système d'alarme est complété par des signaux acoustiques (avertisseur ou sonnette électrique).

5. Autres installations nécessaires

L'approvisionnement en énergie électrique est effectué par le réseau national de distribution d'énergie. Il existe une installation de distribution de courant de haute tension à laquelle sont reliés les transformateurs et les moteurs à haute tension et une station de distribution de courant à basse tension. L'atelier d'entretien est équipé de machines-outils, d'appareils, d'outillage (section mécanique), d'instruments de mesure et de régulation (section électrique). Le laboratoire est pourvu de toutes les installations et de tous les appareils nécessaires au contrôle du procédé.

Une installation est nécessaire pour le stockage du gas-oil. Elle se compose d'un réservoir et de deux pompes dont les spécifications sont :

| | | Nombre | |
|---------|---|---|------------------------|
| | | <u>REQMIA</u> | |
| 6.8.4.1 | 1 | Réservoir | |
| | | Capacité | : 400 m ³ |
| | | Diamètre | : 8 000 mm |
| | | Hauteur | : 9 000 mm |
| | | Matière | : acier |
| 6.8.4.2 | 2 | Pompes à huile avec moteurs et plaques de fondation | |
| | | Capacité | : 4 m ³ /h |
| | | Hauteur de levage | : 30 m (colonne d'eau) |
| | | Matière | : acier |

6. Chiffres de consommation des installations auxiliaires

| | Par heure |
|---|----------------|
| Gas-oil (valeur calorifique : 9 600 kcal/kg) | 300 kg |
| Energie électrique | 77 kWh |
| Eau de puits | 2,4 t |
| Substances chimiques : | Pour 24 heures |
| Chlorure de sodium | 108 kg |
| Lessive d'hypochlorite de sodium | 56 kg |
| Produits anticorrosifs | 0,6 kg |

Ces diverses installations sont pourvues de la tuyauterie, robinetterie, des dispositifs de supports et de suspension, des instruments de mesure et de régulation, de l'équipement électrique et de l'isolement dont elles ont besoin.

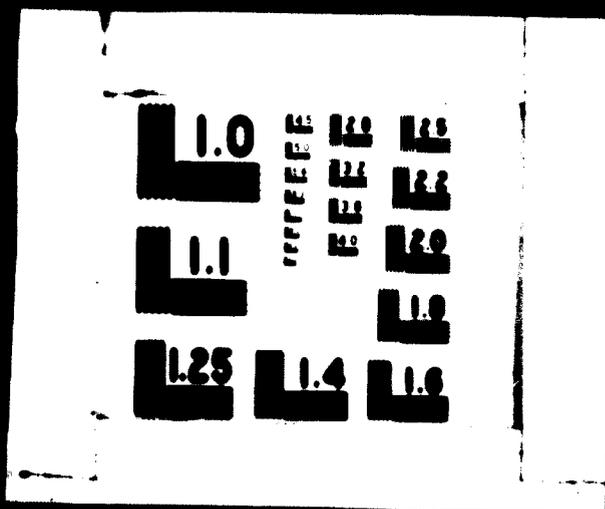
Pour la construction de la tuyauterie extérieure, les degrés de pression, les diamètres et le matériel ont été conçus conformément aux nécessités techniques. Les tuyaux sont conformes aux spécifications de l'ISO, les brides et la robinetterie à celles de DIN. On a tenu compte de certaines exigences techniques : tuyaux à paroi épaisse pour l'acide sulfurique, séparateurs d'eau de condensation à tuyaux pour la vapeur.



76. 05. 20

2 OF 2

06939



IV. ETUDE DU PRIX DE REVIENT DU SUPERPHOSPHATE SIMPLE ENSACHE A KOULIKORO

Pour une capacité de production de 16 700 t/an de phosphate préconcentré à Bourem, les coûts d'une tonne de phosphate préconcentré en vrac au stockage à Bourem s'élèvent à : 22 700 FM.

Pour une capacité de 33 400 t/an de phosphate brut préconcentré à Bourem les coûts se réduisent à : 17 750 FM.

Avec les frais pour chargement, transport fluvial et déchargement, le prix d'une tonne à Koulikoro pour une production de 33 400 t/an de phosphate brut préconcentré est de : 29 769 FM.

1. Frais d'investissement (en francs maliens)

Prix du terrain et coûts de la mise en valeur

| | |
|--|-------------|
| Terrain de 65 000 m ² à 500 FM/m ² | 32 500 000 |
| Développement | 32 500 000 |
| Routes | 10 400 000 |
| Enclos | 8 500 000 |
| Evacuation des eaux résiduaires | 5 600 000 |
| Pavage des emplacements de stockage en plein air | 20 400 000 |
| | <hr/> |
| | 109 900 000 |

Bâtiments

| | |
|--|-------------|
| Administration, installations sociales, atelier mécanique, laboratoire | 100 000 000 |
| Entrepôt de phosphate brut | 120 000 000 |
| Entrepôt de mûrissement | 120 000 000 |
| Atelier de broyage | 30 000 000 |
| Atelier d'ensachage | 80 000 000 |
| Atelier de production du superphosphate | 330 000 000 |
| | <hr/> |
| | 780 000 000 |

Installations de production, machines et véhicules (voir tableau 12)

**Tableau 17. Ventilation des coûts des installations de production, machines et véhicules à Koulikoro
(en francs maliens)**

| | Prix f.o.b. | Transport à Bahr | Transport à Koulikoro | Construction et assemblage | Prix total à Koulikoro |
|--|----------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------|
| Toutes les installations sont transférées de Bourem à Koulikoro. | | | | | |
| Atelier de bruyage | | | | | |
| Atelier d'ensilage | | | | | |
| Stockage de phosphate | | | | | |
| Stockage d'acide sulfurique | | | | | |
| Atelier de superphosphate | | | | | |
| Stockage de nitrate | | | | | |
| Stockage de produit fini | | | | | |
| Installations auxiliaires | 1 850 000 000 | 110 000 000 | 83 500 000 | 630 000 000 | 2 673 500 000 |
| Bus réfrigérants | | | | | |
| Vapeur | | | | | |
| Air comprimé | | | | | |
| Atelier mécanique | | | | | |
| Laboratoire | | | | | |
| Équipement électrique | | | | | |
| Travaux extérieurs | | | | | |
| 3 véhicules de 1 t à usages multiples | 19 000 000 | 2 850 000 | | | |
| 6 remorques | 19 000 000 | 2 850 000 | 650 000 auto-propulsion | | |
| Total | 1 888 000 000 | 115 700 000 | 84 150 000 | 630 000 000 | 2 717 850 000 |

3/ Tous les coûts pour le démontage à Bourem, pour le transport de Bourem à Koulikoro, pour le montage à Koulikoro, pour le changement de dispositifs électriques et pour les appareils supplémentaires (6.6.1) (6.6.2) (6.6.3) sont compris dans les coûts des installations pour la fabrication du superphosphate.

Dépenses imprévues

5 % du capital à investir dans les installations : 136 000 000 FR

En résumé :

| | |
|---|----------------------|
| Coût des installations mécaniques | 2 717 850 000 |
| Dépenses imprévues | 136 000 000 |
| Coût de la mise en valeur du terrain (sans le prix du terrain) | 77 400 000 |
| Coût des bâtiments | 780 000 000 |
| Total | 3 711 250 000 |

2. Coûts annuels de production

Main-d'oeuvre et cadres

Tableau 18. Personnel et frais de main-d'oeuvre

| Catégorie | Nombre de Postes | Rémunération annuelle (comprenant les taxes et contributions) (en francs belges) | Frais annuels |
|----------------------|------------------------|---|-------------------|
| Directeur | 1 | 7 380 000 | 7 380 000 |
| Ingénieur | 1 | 7 380 000 | 7 380 000 |
| Chimiste | 1 | 7 380 000 | 7 380 000 |
| Comptable | 1 | 1 800 000 | 1 800 000 |
| Electricien | 3 | 1 100 000 | 3 300 000 |
| Technicien | 1 | 1 100 000 | 1 100 000 |
| Chef d'atelier | 1 | 1 500 000 | 1 500 000 |
| Serrurier | 2 | 441 000 | 3 969 000 |
| Laborantin | 4 | 600 000 | 2 400 000 |
| Chauffeurs | 4 | 234 000 | 936 000 |
| Chef d'équipe | 3 | 715 000 | 2 145 000 |
| Maître | 4 | 1 500 000 | 6 000 000 |
| Contremaître | 3 | 1 000 000 | 3 000 000 |
| Ouvrier qualifié | 12 | 350 000 | 4 200 000 |
| Ouvrier non qualifié | 12 | 159 000 | 1 908 000 |
| Secrétaire | 3 | 300 000 | 900 000 |
| Total | | | 54 518 000 |

Matières premières

| | |
|--|---------------|
| | FM |
| Phosphate brut (33 400 t/an à 29 769 FM/t) = | 994 285 000 |
| Acide sulfurique ^{5/} (21 200 t/an à 55 000 FM/t) = | 1 166 000 000 |

Matières auxiliaires et produits d'entretien et d'exploitation

| | |
|-------------------------------|------------|
| Consommation d'énergie | FM |
| 2 600 000 kWh à 38 FM/kWh | 99 000 000 |

| | |
|--------------------------------|------------------|
| Consommation de gas-oil | en litres |
| 2 pelleteuses mécaniques | 10 000 |
| 3 véhicules | 9 000 |
| Installations auxiliaires | 1 120 000 |
| | <u>1 139 000</u> |

| | |
|--|--------------------|
| Prix de l'huile (130 FM/l x 1 139 000) = | <u>148 000 000</u> |
|--|--------------------|

| | | |
|---|----------------------|-------------|
| Frais annuels pour l'énergie électrique et le gas-oil | Total partiel | 247 000 000 |
|---|----------------------|-------------|

| | |
|-----------------------------|------------------|
| Supplément pour lubrifiants | <u>3 300 000</u> |
|-----------------------------|------------------|

| | | |
|--|----------------------|-------------|
| Coûts annuels pour l'énergie électrique, le gas-oil et les lubrifiants | Total partiel | 250 300 000 |
|--|----------------------|-------------|

| | |
|---|------------------|
| Petits outils, autres produits auxiliaires et matériaux de consommation | <u>9 900 000</u> |
|---|------------------|

| | |
|--------------|---------------------------|
| Total | <u><u>260 200 000</u></u> |
|--------------|---------------------------|

Entretien et réparation (voir tableau 19)

^{5/} Le calcul a été fait sur la base du prix de l'acide sulfurique importé d'Europe, car on ne disposait pas de données sur les prix en vigueur au Mali.

Tableau 19. Ventilation des frais annuels
d'entretien et de réparation
(en francs maliens)

| | Prix d'achat | Pourcentages du prix d'achat | Frais |
|--|--------------|------------------------------------|--------------------|
| Routes, enclos, pavage | 44 900 000 | 2 | 900 000 |
| Bâtiments | 780 000 000 | 2 | 15 600 000 |
| Installations de production comprenant les installations auxiliaires | 673 500 000 | 5 | 133 675 000 |
| Véhicules et remorques | 44 350 000 | 10 | 4 435 000 |
| Total | | | 154 610 000 |

Amortissements

Tableau 20. Calcul des amortissements annuels

| | Durée d'utilisation (années) | Taux d'amortissement (%) | Amortissement (FR) |
|---|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Installations extérieures (routes, etc.) | 30 | 3 1/3 | 1 500 000 |
| Bâtiments | 30 | 3 1/3 | 26 000 000 |
| Installations de production et installations auxiliaires | 15 | 6 2/3 | 178 000 000 |
| Véhicules et remorques | 5 | 20 | 8 870 000 |
| Total | | | 214 370 000 |

Coûts du capital à incorporer

Ce sont les intérêts qui devront être payés effectivement pour le capital emprunté, le prix du terrain, la moitié du capital d'équipement, les quantités stockées de matières premières et à l'encaisse nécessaire à l'exploitation.

- 16 000 t de phosphate brut
- 5 000 t d'acide sulfurique
- 4 000 t de superphosphate

Les coûts du capital à incorporer portés aux comptes du phosphate brut et du superphosphate emmagasiné ne sont calculés que pour les dépenses effectives : frais de personnel, matières auxiliaires, produits d'entretien et de fonctionnement, frais de réparations, frais administratifs et le coût de l'acide sulfurique nécessaire à la production.

Coût du capital à incorporer (voir tableau 21)

Frais administratifs

30 % des frais de main-d'oeuvre (54 518 000 FM) = 16 400 000 FM

Dépenses imprévues

10 % de tous les frais sans les matières premières et auxiliaires et sans les produits d'entretien et d'exploitation. Elles s'élèvent à 58 087 200 FM.

En résumé :

| | <u>FM</u> |
|--|----------------------|
| Frais de main-d'oeuvre | 54 518 000 |
| Matières premières : phosphate brut | 994 285 000 |
| acide sulfurique | 1 166 000 000 |
| Matières auxiliaires et produits d'entretien et d'exploitation | 260 200 000 |
| Frais d'entretien et de réparation | 154 610 000 |
| Amortissements | 214 370 000 |
| Intérêts | 140 974 000 |
| Frais administratifs | 16 400 000 |
| Dépenses imprévues | 58 087 200 |
| Total | <u>3 059 444 200</u> |

Prix d'une tonne de superphosphate pour une production de 50 000 t/an :

| | |
|----------------|-----------|
| sans emballage | 61 189 FM |
| avec emballage | 69 389 FM |

Tableau 21. Coût du capital à incorporer

(en francs maliens)

| | base du service de l'intérêt | valeur ^{a/} | valeur au promoteur b/ | taux d'intérêt (%) | montant des intérêts |
|---|---|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Terrain | Prix d'achat et frais de mise en valeur | 65 000 000 | 65 000 000 | 6 | 3 900 000 |
| Installations extérieures, installations de production, véhicules | Moitié du capital investi | 1 426 980 000 | 1 426 980 000 | 6 | 85 500 000 |
| Entrepôt de phosphate brut : 16 000 t | Dépenses effectives à Tamagobélet | 173 500 000 | | | |
| | Dépenses effectives à Bouron | 225 000 000 | 429 000 000 | 6 | 25 800 000 |
| | Dépenses effectives à Bouron | 94 423 500 | | | |
| | Transport à Koulikoro | 400 000 000 | | | |
| Entrepôt d'acide sulfurique : 5 000 t | Prix de 5 000 t d'acide sulfurique | 275 000 000 | 275 000 000 | 6 | 16 500 000 |
| | Entrepôt de superphosphate de : 4 000 t | Mêmes dépenses que pour le phosphate brut | 994 285 000 | 150 000 000 | 6 |
| Dépenses effectives à Koulikoro | | 485 728 000 | | | |
| Emballage | | 400 000 000 | | | |
| Total | Frais de main-d'oeuvre (1 mois) | 4 544 000 | 4 544 000 | 6 | 274 000 |
| | | | | | 140 974 000 |

a/ Frais pour la production entière de phosphate brut et de superphosphate.

b/ Frais proportionnels pour les quantités de phosphate brut et de superphosphate entreposées.

Annexe I

PERSONNALITES RENCONTREES AU MALI

PNUD, FAO

M. Jean Pierre Schellenberg
Représentant résident du PNUD

M. Roland Menil
Adjoint au représentant résident du PNUD

Mlle Marta Schmelzer
Adjointe au représentant résident du PNUD

M. Loïc Hervouet
Conseiller pour le développement industriel, PNUD à Dakar

M. Robert Fanfant
Conseiller agricole
Représentant de la FAO

M. Yves Biry
Directeur de projet (MLI/72/011) du PNUD

M. Pierre Bachtchadjian
Fonctionnaire d'administration du PNUD

Ministères

M. Seydou Domba Directeur général
de la Direction nationale de l'industrie
Ministère du développement industriel et
des travaux publics

M. Mohamadou Cissé Directeur
du Bureau d'études de la Direction nationale
de l'industrie

M. N'Golo Traoré Ingénieur en chef
du Bureau d'études de la Direction nationale
de l'industrie

M. Orissa Keita Ingénieur en chef
de la Direction nationale de l'industrie

M. Issmila Kanté Directeur
du Ministère du développement industriel et
des travaux publics

M. Morifing Koné Directeur
du Ministère des sociétés et entreprises d'Etat

M. Sekou Diallo Directeur
de la Direction nationale de la géologie et
des mines

M. Kand Ingénieur en chef
de la Direction nationale de la géologie et
des mines

M. Diarra Directeur adjoint
de la Direction nationale de la géologie et
des mines

M. Ousmane Niaré Ingénieur en chef
de la Direction de l'agriculture

AUTRES PERSONNES

M. Cimalando Directeur général
des Chemins de fer

M. Citon Directeur général
de la Compagnie malienne des transports routiers

M. Couba Cissé Directeur général
de la Compagnie malienne de navigation

M. Zatie Joseph Koné Ingénieur en chef
de la Compagnie malienne de navigation

M. Samoula Traoré Directeur général
de SOAEM

M. Hounta Traoré Ingénieur en chef
au Département d'études techniques de SOAEM

M. Ousmane Koné Ingénieur en chef
de la base de Gao de SOAEM

M. Hantou
Oloquingaly Directeur général
de SOAEM

M. Hakan Kayento Ingénieur en chef
de SOAEM

M. Alpha Cheick Cissé Directeur adjoint
de SOAEM

M. Thera Ingénieur en chef
de SOAEM

Annexe II

TARIFE DE TRANSPORT

TARIF DES CHEMINES DE FER (en francs maliens, par tonne)

Tarif sénégalais (Dakar à la frontière du Mali)

| | |
|---|--------|
| Soufre (en vrac - 35 t/wagon) | 7 904 |
| Engrais (35 t/wagon) | 7 904 |
| Phosphate de chaux | 7 947 |
| Ciment (en sacs) | 8 832 |
| Acides (46 m ³ /wagon-citerne) | 15 193 |
| Machines | 8 795 |
| Tubes | 12 093 |
| Tôles | 12 093 |
| Camion de 10 t | 15 504 |

Tarif malien (frontière du Mali à Koulikoro)

| | |
|---|--------|
| Soufre (en vrac - 35 t/wagon) | 9 140 |
| Engrais (35 t/wagon) | 7 872 |
| Phosphate de chaux | 7 115 |
| Ciment, importé, en sacs | 7 944 |
| Ciment de SOGIMA (90 km de Kayes) en sacs | 7 883 |
| Acides (46 m ³ /wagon-citerne) | 9 140 |
| Machines | 9 368 |
| Tubes | 8 280 |
| Tôles | 8 280 |
| Camion de 10 t | 13 568 |

Location de wagons de 15 m³ (prix par m³)

| | |
|----------|--------|
| 15 jours | 3 500 |
| 3 mois | 18 700 |
| 1 année | 65 500 |

Pénalités pour retard des wagons

| | |
|---------------|--------|
| 1 jour (24 h) | 6 000 |
| 2 jours | 9 000 |
| 3 jours | 15 000 |
| 4 jours | 15 000 |
| Après 4 jours | 4 000 |
| Après 5 jours | 60 000 |

Tous les tarifs de chemins de fer seront augmentés de 20 % en octobre 1975.

Tarifs routiers (en francs maliens, par tonne et par km)

| | |
|--|-------|
| Sur les axes nationaux et internationaux | 26,40 |
| Sur les pistes | 52,80 |

Surtaxes : elles sont calculées en pourcentage des coûts

| | |
|--------------------|-------|
| Impôts | 6 % |
| Taxe d'affrètement | 1,5 % |
| En Côte d'Ivoire | 2 % |

| | |
|--------------|------------|
| Chargement | : 600 FM/t |
| Déchargement | : 600 FM/t |

Tarifs fluviaux

| | |
|-------------------------------|-------|
| Phosphate (en vrac ou en sac) | 8,50 |
| Ciment (en sac) | 8,50 |
| Gas-oil (en citerne) | 16,10 |
| Matériaux de construction | 12,75 |
| Machines 1-2 t | 30,55 |
| 2-4 t | 39,00 |
| 4-7 t | 47,50 |
| > 7 t | 54,30 |
| Tôles | 14,45 |
| Véhicules 2 t | 22,90 |
| 3 t | 33,55 |
| 15 t | 42,45 |

| | |
|-------------------------|------------|
| Chargement des barges | : 850 FM/t |
| Déchargement des barges | : 850 FM/t |

Annexe III

DISTANCES

| <u>Distances : Chemin de fer</u> | <u>En kilomètres</u> |
|------------------------------------|----------------------|
| Dakar —————> frontière du Mali | 62 |
| Frontière du Mali —————> Koulikoro | 64 |
| <u>Distances routières</u> | |
| Abidjan —————> Tamagoueleit | 2 150 |
| Abidjan —————> Mopti | 1 357 |
| Bamako —————> Koulikoro | |
| Bamako —————> Markala | 207 |
| Bourem —————> Tamagoueleit | 108 |
| Bourem —————> Mopti | 674 |
| Bourem —————> Koulikoro | 1 100 |
| Mopti —————> Markala | 434 |
| <u>Distances fluviales</u> | |
| Bourem —————> Mopti | 710 |
| Bourem —————> Koulikoro | 1 214 |

Carte du Mali et des pays voisins (Figure VIII)

Annexe IV

LISTE DES FOURNISSEURS

Ateliers (clefs en main) pour toutes les sortes d'engrais

Lurgi Chemie und Hütten Technik GmbH
6 Frankfurt (Main), Gervinusstrasse 17/19
Tel : 0611-1571, Telex : 04 1236

Davy Powergas GmbH
Köln a. Rhe., Aachenerstrasse 958

Friedrich Unde GmbH
41 Dortmund, Degglingstrasse 10-12 -
Tel : 0231-5471, Telex : 0222 187

Klöckner-Industrie-Anlagen GmbH
41 Duisburg 1, Wilhelmerstrasse 54, Postfach 21
Tel : 02131-181 Zentrale, Telex : 08 55 381 - 7
Telegramm : KLOCKNER DUISBURG

Fried. Krupp GmbH, Chemie Anlagenbau
43 Essen, Altendorferstrasse 100
Tel : 28001, Telex : 08 57 385, Telegramm : KRUPP CHEMIE ESSEN

Didier-Kollogg, Industrie-Anlagenbau GmbH
43 Essen, Alfredstrasse 28, Postfach 360

Halder Topogé
Copenhagen-Nor. rup, Baumgaardevej 73

Staatmijnen
Gelsen (Niederlande)

Sinon-Corves Chemical Engineering Ltd
Stockport (England) SK3 0RE
Tel : 061 488 3600, Telex : 668 878, Telegramm : SINON MANCHESTER

Machines à bras

Kohlenscheidungs-Gesellschaft mbH
7000 Stuttgart 1, Johannesstrasse 41-45
Tel : 0711-280154/59, Telex : 07 23 054, Telegramm : KESCHENDE STUTTGART

Claudine Peters AG.
2 Hamburg 60, Hauptstrasse 1
Tel : 040-43381, Telex : 02 174 110 opag 4
Telegramm : PETERS HAMBURG

Aulmann & Beckschulte, Maschinenfabrik
5283 Bergneustadt Bez-Köln, Kölnerstrasse 94, Postfach 94
Tel : 02261-52061/63, Telex : 08 84 576, Telegramm : AULMANN BERGNEUSTADT

Alpine AG, Maschinenfabrik
89 Augsburg 2, Postfach 629
Tel : 336033, Telex : 053808, Telegramm : ALPINE AUGSBURG

Loesche Hartzerkleinerungs- und Zementmaschinen K.G.
4 Düsseldorf, Steinstrasse 18
Tel : 80151, Telex : 08 582 656, Telegramm : LOESCHENWUEHLEN DUESSELDORF

MEDAG Westfalia Dinnendahl Gröppel AG.
463 Bochum, Hermerstrasse 299
Tel : 5391, Telex : 0825807 a wog d, Telegramm : MEDAG BOCHUM

Passules

Libra-Werk, Pelz & Nagel K.G.
33 Braunschweig-Gliesmarode, Vossenkamp 1
Tel : 37 60 51, Telex : 09 52 866, Telegramm : LIBRAMERK BRAUNSCHWEIG

Toledo-Werk GmbH
5000 Köln-Braunsfeld, Stolbergerstrasse 7-11
Tel : 52 10 21, Telex : 08 802 855, Telegramm : TOLEDOWERK KOELN

Carl Schenck GmbH, Maschinenfabrik
61 Darmstadt, Landwehrstrasse 55
Tel : 06151-8821, Telex : 04 19 441 ced d, Telegramm : SCHENCK DARMSTADT

Biserte-Werke Wilhelm Kraut KG
Wilhelm-Krautstrasse 41, Postfach 107, 7460 Balingen 1, Abt. 908 K
Tel. 07433-121, Telex : 0763 682, Telegramm : BIZERRE

Greif-Werk Ernst Mahlkoch, Maschinenfabrik
2400 Lübeck, Kronsforder Landstrasse 177, Postfach 1183
Telex : 2 6 895, Telegramm : GREIFWERK

Chronos-Werk Reuther & Bessert GmbH
3802 Hannover 1 (Bief) P, Postfach : 1267, Frankfurterstrasse 85-95
Tel : 05142-2381/85, Telex : 879504, Telegramm : CHRONOS

Luftmaschinen

P. Klaus, Maschinen und Apparatebau
463 Bochum, Blumenfeldstrasse 18
Tel : Bochum 41084/87, Telex : 08 25 875, Telegramm : KLAUSWERKE BOCHUM

Balcke-Durr Aktiengesellschaft
6710 Frankenthal/Pfalz
Tel : 06233-841, Telex : 0467228

Halberg Maschinenbau GmbH & Co
700 Ludwighafen
Postfach 210625
Tel : 0621-50121, Telex : 04 64 833

KHD Industrieanlagen AG
Humboldt Wedag, Köln 91, Postfach 910404
Tel : 823-1, Telex : 088 73 221

Klein, Schanzlin & Becker AG
6710 Frankenthal, Postfach 225
Tel : 062 33-861, Tel : 0465 211/12/13

Rhein Stahl AG., Maschinenbau
Ruhrpumpen, 5810 Mitten, Postfach 6309
Tel : 02302-6611, Telex : 08229117

Sulzer Weise GmbH
7580 Bruchsal
Tel : 07251-9841, Telex : 078 22 207

Bungartz, Paul & Co
4000 Düsseldorf 11, Düsseldorferstrasse 79

Filtern & Air

Intensiv-Filter GmbH, Spezialfabrik für Entstaubungsanlagen
5608 Langenberg-Rhld, Vosskuhlstrasse 68
Tel : 1777, Telex : 08 516 799, Telegramm : IFLA LANGENBERG

Maschinenfabrik Beth GmbH
2400 Lübeck 1, Mäusen Allee
Tel : 43 961, Telex : 0 6 828, Telegramm : BETH LÜBECK

Heinrich Lühr, Staubtechnik
496 Stadthagen, Buserstrasse 26
Tel : 05781-635, Telex : 097 381, Telegramm : LUHRFILTER STADTHAGEN

Standard-Filterbau, Dr. E. Andreas KG
4400 Münster, Postfach 7608
Tel : 0251-6971, Telex : 89 27 14

Relais und Magneten

Baten Yale & Toume GmbH
5680 Velbert, Heiderstrasse 71, Postfach 410
Tel : 02124-3111, Telex : 8516 841 bko-d, Telegramm : BTE

Kaelbe, Carl, GmbH, Motoren und Maschinenfabrik
7150 Backnang, Wilhelmstrasse 44, Postfach 1380
Tel : 07191-8931, Telex : 784 426, Telegramm : KAELBE

Schoepf, Maschinenbau GmbH
7000 Stuttgart 75, Kirchheimerstrasse 120, Postfach 93
Tel : 0711-4129331/38, Telex : 723218, Telegramm : SCHOEPF STUTTGART

Zettelmeyer Maschinenfabrik GmbH & Co KG.

5503 Konz

Tel : 06501-851, Telex : 04 72 771, Telegramm : ZETTELMEYERKONZ

Clark - Maschinenfabrik GmbH

4330 Wilhelm (Ruhr), Weselerstrasse 48/50, Postfach 010 340

Tel : 02133-5851, Telex : 856621, Telegramm : CLARK WILHEIM

Roboterics

Klinger, Richard, GmbH

6270 Idstein, Richard-Klinckerstrasse, Postfach 1370

Tel : 06126-821, Telex : 04 182 276

Erhard, Joh. H. Waldenmaier Erben, Süddeutsche Armaturenfabrik

792 Heidenheim

Tel : 07 321-3201, Telex : 07 148 72

Bopp & Reuther GmbH

6800 Mannheim 31 (Waldhof), Carl-Reutherstrasse, Postfach 38

Tel : 0621-75031, Tel. 463 281, Telegramm : BOPPREUTHER

Vereinigte Armaturen Gesellschaft mbH

6800 Mannheim 1, Augusta-Anlage 32, Postfach 2512

Tel : 0621-45071, Telex : 463 241/42/43 vag d

Telegramm : VEREINIGTE MANNHEIM

RheinWitte vorm. Ludwig Beck & Co. KG

6802 Wiesbaden-Diebrich, Rheingonstrasse 96-100, Postfach 06121-69086

Telex : 4 186 226, Telegramm : RHEINWITTE

Instrumente de mesure et de régulation

J.G. Eckardt AG.

7000 Stuttgart 50, Postfach 500 347, Pragerstrasse 82

Tel : 0711-5021, Telex : 723 838, Telegramm : APPARAT STUTTGART

Hartmann & Braun AG., Mess- und Regeltechnik

6000 Frankfurt 90, Gräfenstrasse 97, Postfach 900 507

Tel : 0611-7991, Telex : 414 071 Fern d

Telegramm : HARTMANNBRAUN FRANKFURTERHEIM

Honeywell GmbH

605 Offenbach (Main), Kaiserleistrasse 55

Tel. 0611-80441, Telex : 4-150005

Hettinger Baldauf Messtechnik GmbH

61 Darmstadt, Postfach 4751

Tel : 06151-2031, Telex : 0419341

Samson Apparatebau AG
6000 Frankfurt 1, Weismüllerstrasse 1, Postfach 4147
Tel : 0611-40091, Telex : 417240 sams d, Telegramm : SAMSONREGLER

Cyclones

Intensiv-Filter GmbH & Co KG
5602 Langenberg/Rhld, Vosskuhlstrasse 63
Tel : 02127-5031, Telex : 08516799

Büttner-Schilde-Haus AG
4150 Krefeld-Uerdingen-11, Farkstrasse 29, Postfach 4-6
Tel : 02151-4431, Telex : 8 53 824, Telegramm : BUTTNER KREFELD-URDINGEN

Hartmann AG
6050 Offenbach/Main
Tel : 0611-851 041, Telex : 04 152 844

Lühr, Heinrich - Staubtechnik
D 496 Stadthagen, Buzerstrasse 26
Tel : 4004, Telex : 97 22 81, Telegramm : LUHRFILTER

Schiele, G. & Co. Ventilatoren-Lufttechnische Anlagen
6836 Eschborn 1 (Tannus), Hauptstrasse 81-85
Tel : 06196-44051, Telex : 04 156 36

Standard Filterbau, Dr. E. Andreas KG
4400 Münster, Postfach 7608
Tel : 0851-6971, Telex : 898714

KHD Industrieanlagen AG
Humboldt Weg, 5 Köln 91, Postfach 910404
Tel : 883-1, Telex : 06873221

Ventilatoren

G. Schiele & Co
6836 Eschborn (Tannus), Postfach 1309
Tel : End Soden 06196-4051, Telex : 04 15 636,
Telegramm : SCHIELE ESCHBORN

Fa. Turbon-Werke GmbH
1 Berlin-Steinickendorf 1, Boedermallee 1-2
Tel : 4906-1, Telex : 0181704

Ventilatorenfabrik
4740 Oelde 1, Ahmannstr 10, Postfach 8)
Tel : 08522-2303, Telex : 89464 voo d

Spellenbach Nachf. KG
56 Huppertal 2, Rheinischestrasse 14, Postfach 240 403
Tel : 0808-694-1, Telex : 8991 752, Telegramm : SPILLER

Mittner-Schilde-Haas AG.

Werk 6440 Bebra, Robert-Bunsenstrasse 10-12, Postfach 180
Tel : 06622-861, Telex : 493 415

Pellrich, Paul & Co

4050 Mönchengladbach, Neusserstrasse 172, Postfach 609
Tel : 02161-22651, Telex : 852751

Sack- und Polverfabriken

Natronzellstoff und Papierfabriken AG.

68 Mannheim, Sandhoferstrasse 176
Tel : 3911, Telex : 0463 372, Telegram : NATRO D

Erwin Behn, Verpackungsbedarf GmbH

4150 Krefeld, Diensumerstrasse 59 71, Postfach 324
Tel : 28294, Telex : 06 53 862, Telegram : PACKBEDARF KREFELD

Spohn Verpackungswerke KG.

7800 Freiburg
Tel : 0761-42626, Telex : 0772814

PEG Plastik-Sack GmbH & Co KG.

4780 Beckum

Plastopack GmbH

8808 Heilsbrunn
Tel : 09872 376 et 595, Telex : 061 452

Rollenmaschinen

ELM-Werk Maschinen-Gesellschaft mbH & Co

7305 Bittlingen (Baden), Bahnhofstrasse 17-21, Industriegelände,
Postfach 66
Tel : 07043-3271/79, Tel : 7 226 779, Telegram : ELMWERK

Johannes Heller Maschinen und Apparatebau

8000 Hamburg 30, Schillerstrasse 43, Postfach 30 1069
Tel : 040-391481/83, Telex : 212 302, Telegram : JOHHELLER

Schneidemaschinen & Rollenmaschinen

Halberg Maschinenbau GmbH & Co.

67000 Ludwigshafen (Rhein), Halbergstrasse 1, Postfach 21 0625
Tel : 0621-9221, Telex : 0464833

Burg Aktiengesellschaft

4100 Duisburg, Hülfgang - Ruster-Platz
Tel : 80121, Telex : 08 55 855, Telegram : BURG DUISBURG

Linde Aktiengesellschaft, Werkgruppe Sürth
Kälte und Klimatechnik, Verianrenstechnik
5038 Rodenkirchen/Sürth, Sürther Hauptstrasse 178, Postfach 1610
Tel : 02236-601-1, Telex : 8 886 925 lin d, Telegramm : LINDEIK SÜERTH

Tamis

Rheum, Rheinische Werkzeug und Maschinenfabrik GmbH
5030 Remscheid 12 - Lütringhausen, Rosentalstrasse, Postfach 53
Tel : 02123-60105/08, Telex : 08 513 785, Telegramm : RHEUM-REMSCHIED

Haver & Boecker, Drahtweberei und Maschinenfabrik
474 Oelde/Westfalen, Carl-Haver-Platz
Tel. 02522-301, Telex : 08 921 571 hav, Telegramm : HABOE OELDE

KHD Industrieanlagen AG., Humboldt Weg
5 Köln 91, Postfach 910404
Tel : 823-1, Telex : 08873221

Elévateurs

Gustav Schade Maschinenfabrik
4600 Dortmund-Schlüren, Am Rosenplätzchen 120, Postfach 796
Tel : 0231-441051, Telex : 822429, Telegramm : GUSTAVSCHADE

Carl Schenck AG.
61 Darmstadt, Landwehrstrasse 55, Postfach 4018
Tel : 06151-8821, Telex : 04 19611

Fredenhagen KG.
6050 Offenbach, Spremlinger Landstrasse 181
Tel : 0611-839071, Telex : 04-152815, Telegramm : FREDENHAGEN

Erkelenser Maschinenfabrik
Ferdin. Glasen KG, 5140 Erkelenz (Rhld), Bernh. Bahnstrasse 18-20
Postfach 1228/1229
Tel : 02431-6041/43, Telex : 8 329 864, Telegramm : EMB

Machines à roses cellulaires

Maschinenfabrik Hartmann AG.
6050 Offenbach/Main
Tel : 0611-51 041, Telex : 04 152 844

Polysius AG.
4723 Neubeckum, Graf-Galenstrasse 17, Postfach 340
Tel : 02525-711, Telex : 89481, Telegramm : POLYSIUS NEUBECKUM

Johannes Müller, Maschinen und Apparaten
2000 Hamburg 50, Schillerstrasse 43, Postfach 501069
Tel : 040-391 481/83, Telex : 2 12 302, Telegramm : JOHSMULLER

Miag Mühlenbau und Industrie GmbH
3300 Braunschweig, Ernst-Amme-Strasse 19, Postfach 3369
Tel : 0531-5941, Telex : 952 862

Tambours à granulation

Böttner-Schilde-Haas AG., Werk Bad Hersfeld
430 Bad Hersfeld, August-Gottlieb-Strasse 5, Postfach 266
Tel : 0621-81-1, Telex : 493 315, Telegramm : TROCKENSCHILDE

Eirich, Adolf u. Albrecht KG., Maschinenfabrik
6969 Hardheim, Bretzinger-Strasse 32, Postfach 5
Tel : 06283-345 u. 925, Telex : 466 440 eiric, Telegramm : SILOEIRICH

Vis transporteuses

Alexander Eirich, Mühlen Silo Speicherbau
6969 Hardheim, Miltenberg-Strasse
Tel : 06283 - 8181

Carl Schenk AG.
61 Darmstadt, Landwehr-Strasse 55, Postfach 4018
Tel : 06151-8821, Telex : 04 19611, Telegramm : SCHENK

Bühler-Miag GmbH
3300 Braunschweig, Ernst-Amme-Strasse 19, Postfach 3369
Tel : 0531-5941, Telex : 39 -52862 bmbs d.
Telegramm : BUEHLER-MIAG BRAUNSCHWEIG

Machines à souder les sacs en matière plastique

Librawerk Pelz & Nagel KG.
3300 Braunschweig, Vossenkamp 1, Tel : 376051, Telex : 09 52 866

Gottlieb Wiedmann KG. Maschinenfabrik
Fellbach b. Stuttgart

Machines pour la fabrication des sacs en feuilles plastiques

Windschiller & Hülscher
4540 Langerich/Westf.
Tel : 05481-141, Telex : 941 322

Gottlieb Wiedmann KG. Maschinenfabrik
Fellbach b. Stuttgart

Buses à immersion

Beumer, Maschinenfabrik KG.
4780 Boekum, Calder-Strasse 40, Postfach 45
Tel : 08581-81/51, Telex : 8 981 511, Telegramm : BEUMER

Erkelenzer Maschinenfabrik, Ferd. Clasen KG.
Erkelenz/Rhld, Bernhard-Hahnstrasse 18-20, Postfach 1228/1229
Tel : 02431-6041/43, Telex : 8 329 864, Telegramm : EMBE

Pompes à engrenage

Fr. August Neidig Söhne, Maschinenfabrik
6800 Mannheim Industriehafen, Friesenheimerstrasse 3, 5, 7 und 8
Postfach 1640
Tel : 0621-34088, Telex : 462 209, Telegramm : NEIDIGEMK

Ernst Scherzinger KG, Pumpenfabrik
7743 Furtwangen (Schwarzw.), Bregstrasse 25, Postfach 29
Tel : 07723-2021 + 2022, Telex : 792 914, Telegramm : PUMPENSCHERZINGER

Installations pour l'épuration de l'eau à alimenter les chaudières

Permutit Aktiengesellschaft
1000 Berlin 33
Tel : 0311-8260261, Telex : 0184044

Wabag Wasserreinigungsbau, A. Kretzschmar KG.
8650 Kulmbach, Lichtenfelserstrasse 53

Chaudières à vapeur

Standard Kessel
4100 Duisburg
Tel : 08131-4521, Telex : 0855850

Osnabrücker Dampfkessel-Fabrik, Julius Mayer
4500 Osnabrück, Postfach 3380
Tel : 0541-58371



Figure VIII. Carte du Mali
et de ses voisins

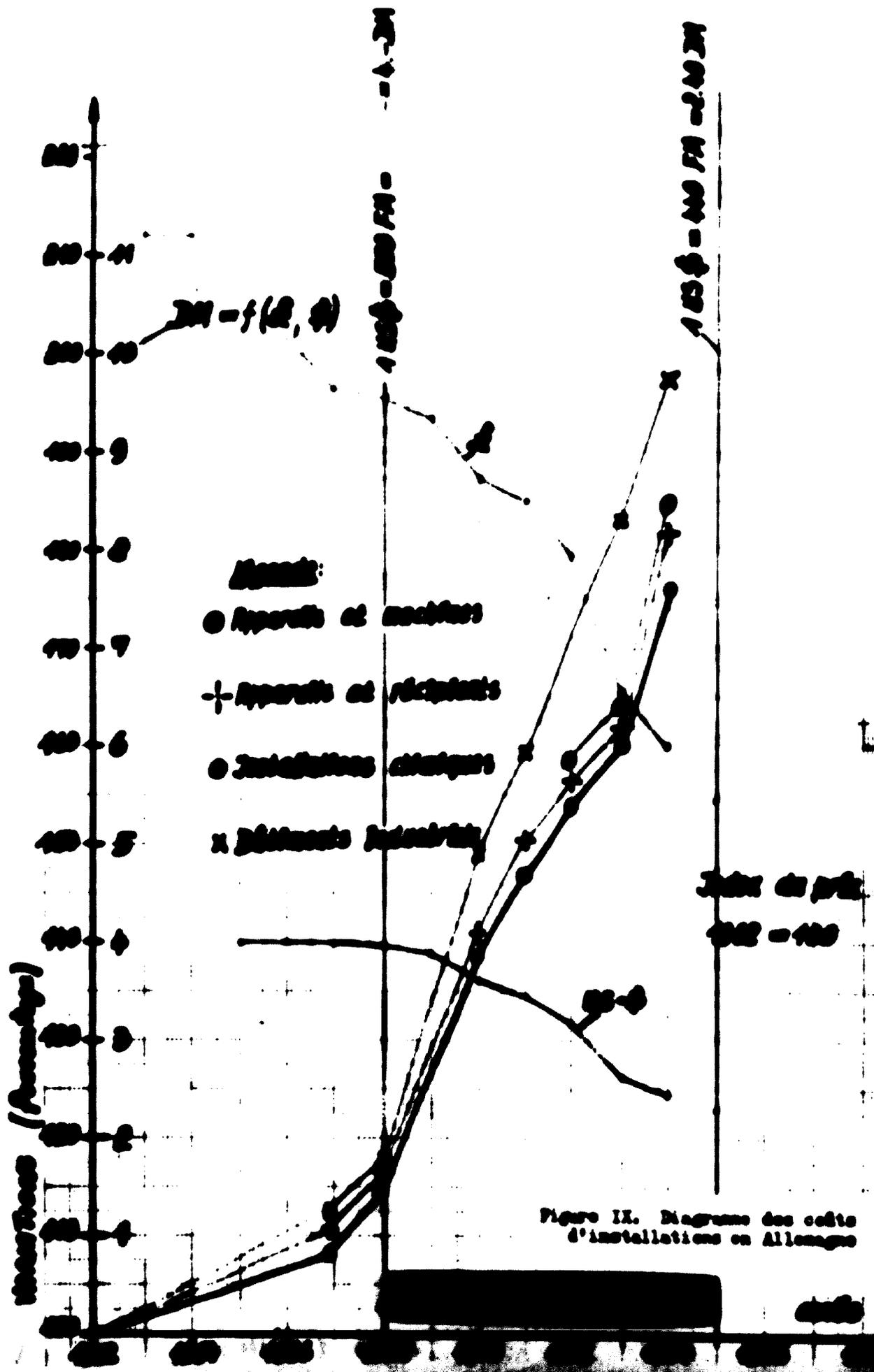
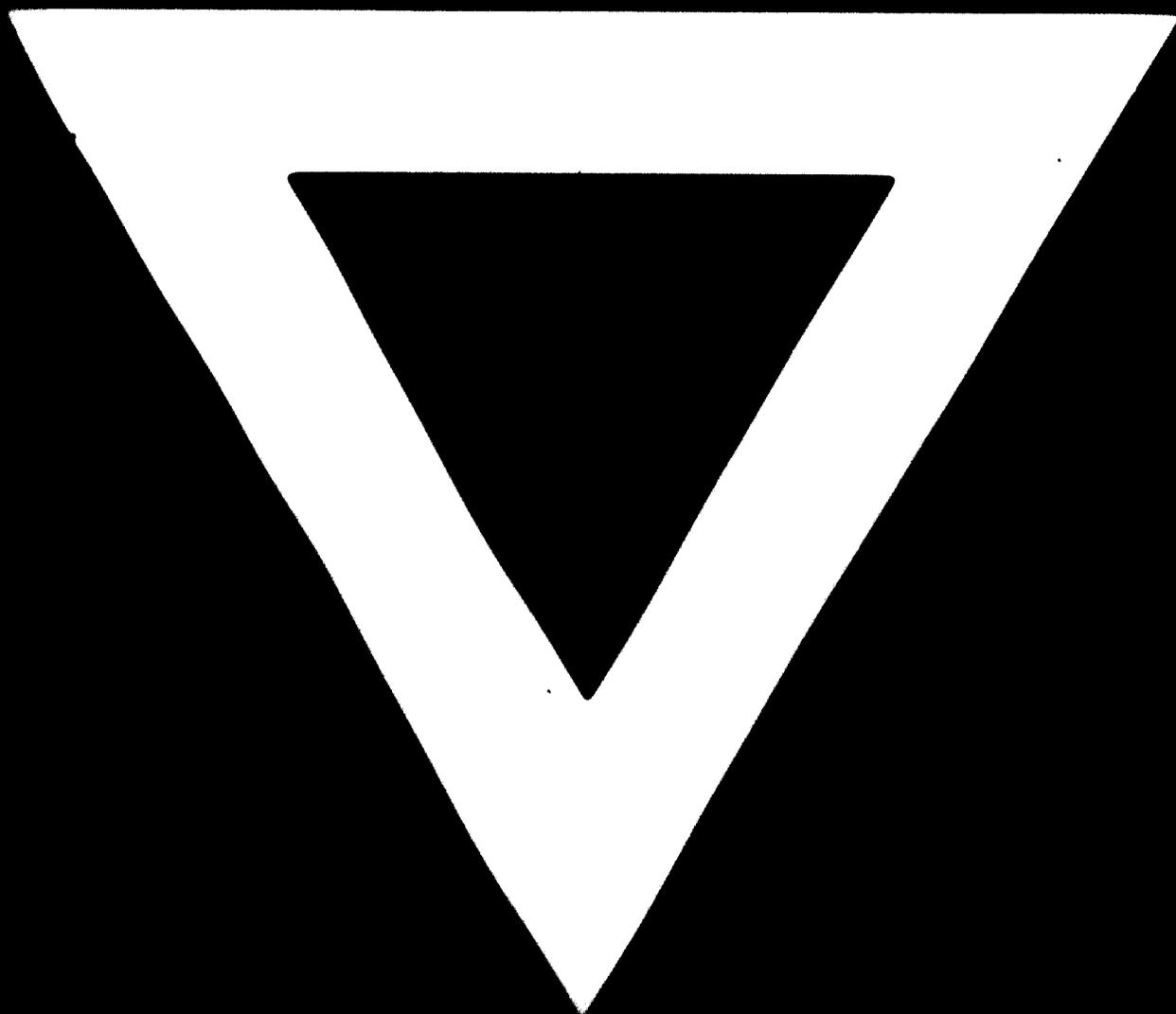


Figure IX. Diagramme des coûts d'installations en Allemagne



76 05. 20