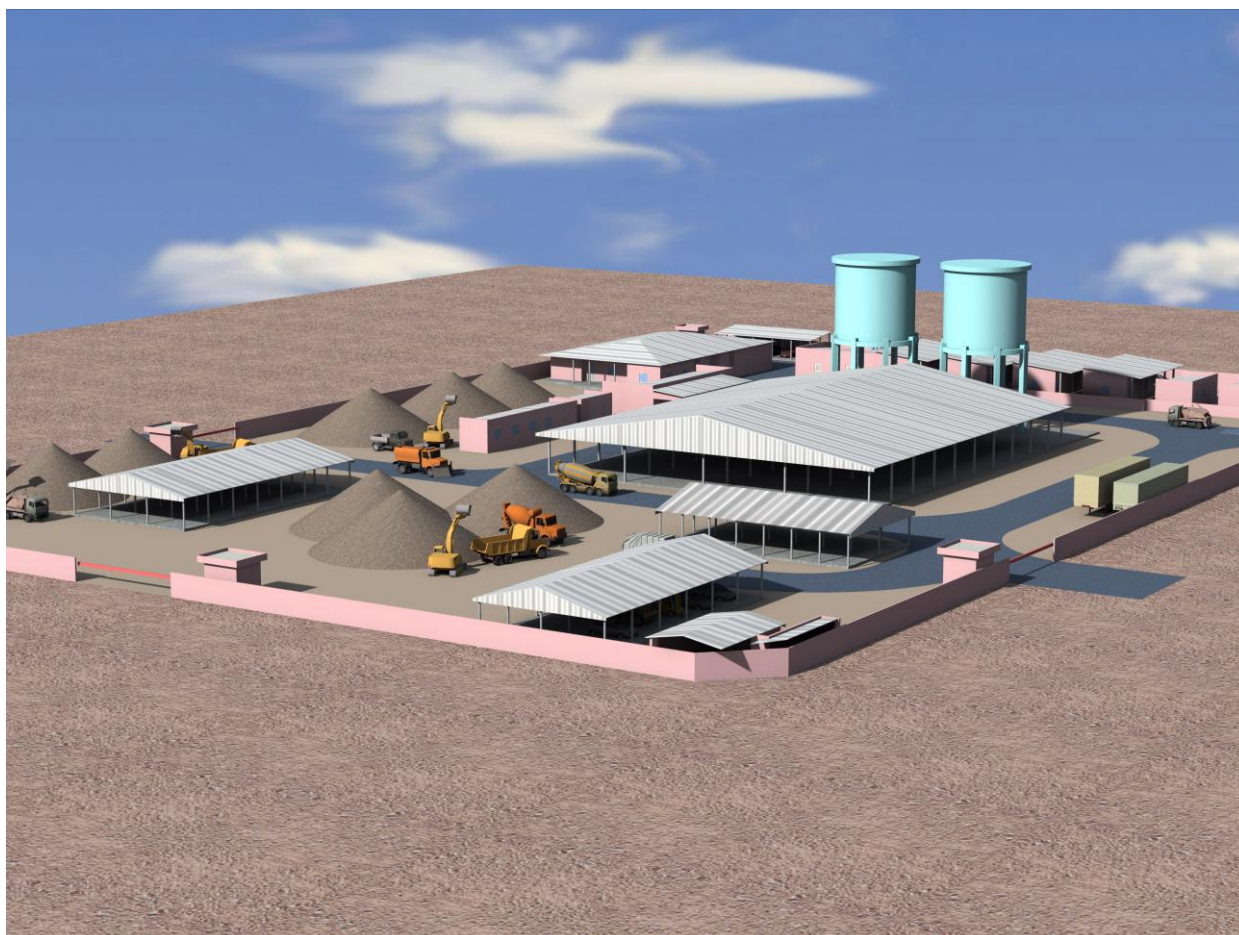


ETUDE DE FAISABILITE RELATIVE A LA PRODUCTION D'ENGRAIS AU BURKINA FASO A PARTIR DES PHOSPHATES NATURELS DE KODJARI

Version finale



Janvier 2014

Consultants :

Issa Martin BIKIENGA
Taladidia THIOMBIANO
Silas OUEDRAOGO

SOMMAIRE

SIGLES ET ABREVIATIONS	5
LISTE DES TABLEAUX	7
LISTE DES FIGURES	8
LISTE DES CARTES	8
LISTE DES GRAPHIQUES	8
INTRODUCTION	10
PREMIERE PARTIE : FAISABILITE TECHNIQUE	15
1.1. PLACE DES ENGRAIS MINERAUX DANS L'AGRICULTURE BURKINABE	16
1.1.1. Importance de l'agriculture dans l'économie nationale	16
1.1.2. Rôle et consommation des engrais minéraux au Burkina Faso	19
1.1.3. Point sur l'offre et la demande actuelle en engrais	23
1.2. LES PHOSPHATES NATURELS DU BURKINA FASO	30
1.2.1. Découverte des gisements de phosphates du Burkina Faso	30
1.2.2. Caractérisation des phosphates de Kodjari	30
1.2.3. Essais de traitement, d'enrichissement et de mise en valeur	37
1.2.4. Evaluation agro-économique	57
1.2.5. Détermination de la demande potentielle future	75
1.3. CONCLUSION SUR LA DETERMINATION DE LA DEMANDE POTENTIELLE FUTURE EN ENGRAIS ET DU PROCEDE DE FABRICATION	80
1.4. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	80
1.5. CONCEPTION DE L'USINE DE PRODUCTION D'ENGRAIS	81
1.5.1. Mine de phosphates de Kodjari	81
1.5.2. Centre de broyage de Diapaga	88
1.5.3. Unité de production d'engrais de Koupéla	114
1.5.4. Unité de production d'engrais de Bobo-Dioulasso	122
1.5.5. Synthèse des coûts d'investissement et de fonctionnement	129
CONCLUSION PARTIELLE	131
DEUXIEME PARTIE : FAISABILITE FINANCIERE ET ECONOMIQUE	133
2.1. ANALYSE DE LA RENTABILITE FINANCIERE ET ECONOMIQUE	134
2.1.1. Analyse de la rentabilité financière	134
2.1.2. Analyse de la rentabilité économique	139

2.2.	REGIME JURIDIQUE DE LA FUTURE SOCIETE A CREER	143
2.3.	RECOMMANDATIONS	144
2.3.1.	Au plan commercial	144
2.3.2.	Au plan opérationnel	145
2.3.3.	Au plan environnemental	147

CONCLUSION GENERALE	148
BIBLIOGRAPHIE	164
TERMES DE REFERENCE	165
LISTE DES PERSONNES RENCONTREES	168
LISTE DES SOCIETES RENCONTREES	169
TABLE DES MATIERES	170

SIGLES ET ABBREVIATIONS

AGRODIA	Association des grossistes et détaillants d'intrants agricoles
ALG	Autorité de développement intégré de la région du Liptako-Gourma
AM	Agent de maîtrise
AMEFERT	Amendement et fertilisant
AO	Appel d'offres
AOAC	Association Of Analytical Chemists
BGR	Bundesanstalt Für Geowissenschaften und Rohstoffe (Office fédéral de géosciences et des ressources minérales)
BPA	Burkinaphosphate partiellement acidulé
CAF	Coût, assurance, fret
CDF	Charbonnages de France
CEDEAO	Communauté économique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CIPAM	Compagnie industrielle de production agricole et marchande
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
DAP	Phosphate diammonique
DGEP	Direction générale des études et de la planification
DGPER	Direction générale de la promotion de l'économie rurale
EAR	Efficacité agronomique relative
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FCFA	Franc de la Communauté financière africaine
FEPA-B	Fédération des producteurs agricoles du Burkina
FOB	Free On Board
GIRE	Gestion intégrée des ressources en eau
IFA	International Fertilizer Association
IFDC	Centre international pour le développement des engrais
IRD	Institut de recherche pour le développement
MAP	Phosphate monoammonique
MASA	Ministère de l'agriculture et de la sécurité alimentaire
NPK	Azote, phosphore, potassium
NPKS	Azote, phosphore, potassium, soufre
O	Ouvrier

OPA	Organisation professionnelle agricole
ORSTOM	Organisme de recherche scientifique et technique Outre-mer
OS	Ouvrier spécialisé
PAPR	Phosphate naturel partiellement acidulé
PIB	Production intérieur brut
PNSR	Programme national du secteur rural
PRP	Projet riz pluvial
RPGH	Recensement général de la population et de l'habitation
SCAB	Chemical and Agricultural Society of Burkina
SCADD	Stratégie de croissance accélérée et de développement durable
SDR	Stratégie de développement rural
SEPB	Société d'exploitation des phosphates du Burkina
SN SOSUCO	Société nouvelle Société sucrière de la Comoé
SOFITEX	Société burkinabè des fibres textiles
SOFIVAR	Société de financement et de vulgarisation de l'arachide
SOFRECO	Société française d'études et de conseil
SSP	Superphosphate simple
TSP	Superphosphate triple
UNPCB	Union nationale des producteurs de coton du Burkina

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractérisation des zones agro-écologiques et protocole d'essai	20
Tableau 2 : Synthèse des résultats sur le sorgho en milieu paysan (3 campagnes, 127 sites)	20
Tableau 3 : Synthèse des résultats sur le mil en milieu paysan	21
Tableau 4: Synthèse des résultats sur le maïs en milieu paysan.....	21
Tableau 5 : Evolution des productions et des ventes.....	24
Tableau 6 : Evolution des prix du Burkinaphosphate.....	25
Tableau 7 : Evolution des importations d'engrais 2008-2012.....	27
Tableau 8 : Composition chimique moyenne des phosphates de Kodjari	33
Tableau 9 : Composition chimique moyenne du phosphate de Kodjari selon IFDC	34
Tableau 10 : Composition chimique moyenne du phosphate de Kodjari selon BGR.....	34
Tableau 11: Teneur en oligo-éléments du phosphate de Kodjari	35
Tableau 12 : Solubilité dans l'acide formique et l'acide citrique à 2 % et dans l'eau	35
Tableau 13: Acidulation partielle avec H_2SO_4 et H_3PO_4	39
Tableau 14 : Caractéristiques des produits issus de l'attaque sulfurique.....	49
Tableau 15 : Attaque complexe (emploi de matières pour 100kg de phosphate naturel)	51
Tableau 16: Attaque complexe (caractéristiques des produits)	51
Tableau 17 : Comparaison des résultats des différentes attaques	53
Tableau 18 : Quantité d'éléments nutritifs utilisés dans les tests en milieu paysan du Projet Engrais Vivriers.....	57
Tableau 19 : Synthèse des résultats sur le sorgho en milieu paysan (3 campagnes, 127 sites)	58
Tableau 20 : Synthèse des résultats sur le mil en milieu paysan (3 campagnes, 52 sites)	59
Tableau 21 : Synthèse des résultats sur le maïs en milieu paysan (3 campagnes, 50 sites)	60
Tableau 22 : Récapitulatif des résultats des trois campagnes rendements en kg/ha paddy Vallée du Kou (irriguée).....	60
Tableau 23 : Effet des phosphates sur les rendements (kg/ha paddy) en sol ferralitique Farako-Bâ) .	62
Tableau 24 : Efficacité relative du Burkinaphosphate par rapport au TSP en sol ferralitique - Farako-Bâ.....	62
Tableau 25 : Résultats en zone cotonnière (Houndé, rotation coton – maïs)	63
Tableau 26: Rotation arachide-sorgho	63
Tableau 27 : Effets et arrières effets des phosphates naturels partiellement solubilisés (Gampéla/Centre)	65
Tableau 28 : Effets directs et arrières effets de phosphatage de fond avec les phosphates naturels sur les cultures (Gampéla/Centre)	67
Tableau 29 : Effets et arrières effets de phosphatage de fond sur maïs à Farako-Bâ/sud-Ouest	68
Tableau 30 : Etude comparative de sources de phosphore, moyenne des rendements grains en kg/ha (sorgho), 1981-1991	68
Tableau 31 : Essai phosphates naturels-matière organique, moyenne des rendements grains en kg/ha (sorgho) 1982-1990	69
Tableau 32 : Evolution des rendements du sorgho entre 1981 et 1991.....	70
Tableau 33 : Evolution de la productivité du kg de phosphore (en kg grain/kg P_2O_5	72
Tableau 34 : Scénario 1 : Taux de croissance de 20% par an de l'année 1 à l'année 10.....	79
Tableau 35: Scénario 2 : Taux de croissance de 20% par an de l'année 1 à l'année 5, puis de 25% de l'année 6 à l'année 10	79

Tableau 36 : Scénario 3 : Taux de croissance de 20% par an de l'année 1 à l'année 5, puis de 15% de l'année 6 à l'année 10	79
Tableau 37 : Coût d'investissement de la mine de phosphates de Kodjari.	85
Tableau 38 : Coût de fonctionnement de l'unité industrielle de Kodjari.....	86
Tableau 39 : Coût de remise en état du matériel existant à Diapaga (en FCFA).....	106
Tableau 40 : Coût des investissements à réaliser au centre de broyage de Diapaga	106
Tableau 41 : Coût de fonctionnement du centre de broyage de Diapaga	110
Tableau 42 : Coût des investissements concernant l'usine de Koupéla	114
Tableau 43 : Coût de fonctionnement de l'usine de Koupéla	118
Tableau 44 : Liste des engrais utilisés dans les mélanges en vrac	123
Tableau 45 : Coût des investissements à Bobo-Dioulasso	123
Tableau 46 : Coût de fonctionnement de l'usine de Bobo-Dioulasso	126
Tableau 47: Récapitulatif des coûts en FCFA	130
Tableau 48 : Eléments de calcul de la rentabilité de l'usine selon le scénario 1	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 49 : Eléments de calcul de la rentabilité de l'usine selon le scénario 2	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 50 : Eléments de calcul de la rentabilité de l'usine selon le scénario 3	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 51 : Calculs de la VAN et du TRI	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 52 : Effectifs et dépenses de personnel.....	140
Tableau 53 : Répartition du capital	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Circuits de distribution des engrais au Burkina Faso.....	26
Figure 2 : Evolution des ressources mobilisées pour les achats d'engrais.....	28
Figure 3 : Coupe lithologique de la formation du Kodjari	31
Figure 4 : Carte de localisation des phosphates du gisement de Kodjari.....	32
Figure 5 : Schéma de la fabrication (procédé ECOFERT)	54

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Carte administrative du Burkina Faso.....	16
Carte 2 : Mine de phosphates de KODJARI	81
Carte 3 : Localisation des gisements de phosphates de Kodjari, Arly et AloubDjouana	82
Carte 4 : Disposition des affleurements du gisement de phosphate de Kodjari.....	83

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Acidulation partielle	40
---	----

AVANT PROPOS

Cette étude a été réalisée par les consultants Issa Martin BIKIENGA (ingénieur agro-économiste), Professeur Taladidia THIOMBIANO (économiste-financier), Silas OUEDRAOGO (ingénieur industriel). L'importance du sujet n'est pas à démontrer à l'heure où l'accroissement de la productivité et de la production agricoles et la recherche de la sécurité alimentaire et nutritionnelle sont placées au cœur des préoccupations du Ministère de l'agriculture et de la sécurité alimentaire dans un contexte marqué par des difficultés d'approvisionnement des producteurs agricoles en engrais. Cette étude se veut être une contribution à la résolution de l'épineux problème des engrais au Burkina Faso. Sa réalisation a été émaillée de quelques difficultés notables, dont la durée relativement courte de l'étude et les dispositions insuffisamment prises pour les entretiens avec les personnes concernées. Néanmoins, les consultants tiennent à remercier les autorités du Ministère de l'agriculture et de la sécurité alimentaire et toutes les personnes qui se sont rendues disponibles pour leur fournir les informations demandées lors des entretiens. Ils souhaitent vivement que cette étude trouve un écho favorable auprès des bailleurs de fonds bilatéraux et multilatéraux soucieux du développement durable du Burkina Faso.

Les consultants :

Issa Martin BIKIENGA

Taladidia THIOMBIANO

Silas OUEDRAOGO

INTRODUCTION

1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE

Le secteur rural joue un rôle prépondérant dans l'économie burkinabé en termes de contribution à la formation du PIB, à la réalisation de la sécurité alimentaire et aux revenus monétaires des ménages agricoles.

Au Burkina Faso, les terres à vocation agricole sont estimées à environ 9 millions d'hectares. Annuellement environ 4,1 millions d'hectares (soit 46%) y compris les cultures de contre-saison sont emblavés. Cette agriculture se caractérise par une prédominance de la production de subsistance fondée sur les céréales vivrières (mil, sorgho et maïs) qui occupent plus de 88% des superficies emblavées dont la taille moyenne des exploitations tourne autour de 3 à 6 ha. Il s'agit principalement d'une agriculture de type familial.

Le caractère aléatoire des pluies, la pauvreté des sols, la persistance de la sécheresse et la faible utilisation des engrais minéraux sont les facteurs limitant la productivité agricole au Burkina Faso. L'approvisionnement en engrais est irrégulier et insatisfaisant, ce qui entrave l'accroissement de la productivité agricole. Seule la filière cotonnière s'organise d'année en année pour fournir aux producteurs de coton les engrais minéraux nécessaires à la production cotonnière. Par contre, au niveau des autres filières, on note une faible organisation dans l'approvisionnement et la distribution des engrais minéraux. Toutefois, suite à la crise alimentaire de 2008, l'Etat, les organisations de producteurs, les partenaires techniques et financiers, appuient le monde rural dans le cadre de la gestion intégrée de la fertilité des sols et plus spécifiquement en matière de facilitation de l'accès aux engrais minéraux visant généralement l'atteinte de la sécurité alimentaire, l'amélioration des conditions de vie et de revenus des producteurs.

Au Burkina Faso, les initiatives de développement de l'utilisation des engrais sont confrontées à d'énormes difficultés parmi lesquelles figurent :

- le faible revenu des producteurs agricoles ;
- la faible implication du secteur privé dans l'approvisionnement et la distribution des intrants agricoles ;
- la réticence des institutions financières à intervenir dans le secteur agricole ;
- l'absence d'une véritable industrie des engrais ;
- l'insuffisance des mesures incitatives à l'utilisation des engrais ;
- etc.

Cependant, le pays ne manque pas de potentialités en matière de production d'engrais. En effet, le Burkina Faso dispose de trois gisements de phosphates situés dans le Sud-est : Aloub-Djouana, Arly et Kodjari. Le plus important et le mieux connu est celui de Kodjari qui fait actuellement l'objet d'exploitation semi-industrielle. A cela il faut ajouter d'autres ressources agro-minérales : dolomies, calcaires, pyrites. Sur le plan agronomique,

technologique et économique, les phosphates de Kodjari ont fait l'objet d'études approfondies. Malheureusement sur le plan industriel, aucune réalisation n'a encore vu le jour. Au regard de cette situation qui compromet l'accroissement de la productivité agricole et par voie de conséquence le développement agricole, le Ministère de l'agriculture et de la sécurité alimentaire (MASA) a entrepris de faire réaliser une étude de faisabilité pour la possibilité d'une production d'engrais au Burkina Faso à partir de ces ressources naturelles à compléter par d'autres matières premières d'importation.

2. OBJECTIFS ET RESULTATS ATTENDUS DE L'ETUDE

L'objectif global de l'étude est de contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire par un accroissement de la productivité et de la production agricoles à travers une utilisation accrue des engrais.

Les objectifs spécifiques de l'étude sont ainsi qu'il suit :

- Déterminer la consommation totale d'engrais au Burkina Faso, toutes cultures confondues ;
- Dresser l'état des lieux de l'offre et de la demande actuelles en engrais spécifiquement sur les cultures vivrières ;
- Déterminer les contraintes techniques, économiques et financières à l'utilisation des engrais sur les cultures vivrières ;
- Déterminer la demande future en engrais pour les cultures vivrières ;
- Evaluer l'offre actuelle en engrais pour les cultures vivrières ;
- Examiner la possibilité de satisfaction de cette demande future et d'accroissement de cette offre par la production nationale d'engrais :
 - Type d'usine ;
 - Matières premières utilisées ;
 - Procédés de fabrication ;
 - Types d'engrais à produire ;
 - Localisation ;
 - Fonctionnement ;
 - Système de distribution des engrais produits ;
 - Coût et financement.
- Proposer des mesures d'amélioration de l'accessibilité des producteurs vivriers à ces engrais.

Au terme de l'étude les résultats suivants sont attendus :

- La consommation totale d'engrais au Burkina Faso (toutes cultures confondues) est connue ;
- Un état des lieux de l'offre et de la demande actuelles en engrais sur les cultures vivrières est disponible ;
- Les contraintes techniques, économiques et financières à l'utilisation des engrais sur les cultures vivrières sont connues ;

- La demande future en engrais pour les cultures vivrières est connue ;
- La possibilité d'installation d'une usine de production d'engrais est proposée assortie de sa faisabilité technique, économique et financière ;
- Des mesures d'amélioration de l'accessibilité des producteurs vivriers à ces engrais sont proposées.

3. APPROCHE METHODOLOGIQUE

La méthodologie proposée par les consultants a été mise en œuvre de la manière suivante :

- Entretien avec le commanditaire de l'étude, en l'occurrence le Coordonnateur du Projet Riz pluvial (PRP), mandaté par le Secrétaire général du Ministère de l'agriculture et de la sécurité alimentaire ;
- Recherche et exploitation documentaires ;
- Entretiens avec les acteurs concernés par l'étude ;
- Missions de terrain ;
- Elaboration des propositions ;
- Rapportage.

a) Entretien avec le commanditaire de l'étude

Pour mieux appréhender les attentes du commanditaire de l'étude, il a été tenu une réunion de cadrage avec le Coordonnateur du PRP qui agit au nom et pour le compte du MASA pour (i) échanger avec lui sur le déroulement global de l'étude et principalement sur la méthodologie proposée par l'équipe de consultants, (ii) prendre connaissance de ses préoccupations et orientations en termes de résultats attendus, de délais de réalisation de l'étude et de la suite à donner à l'étude.

b) Recherche et exploitation documentaires

La recherche documentaire a consisté à consulter tous les documents relatifs au problème des engrais au Burkina Faso. Elle a été orientée prioritairement sur :

- Les documents de portée générale sur les politiques macro-économiques et sectorielles agricoles :
 - Stratégie de croissance accélérée et de développement durable (SCADD) ;
 - Stratégie de développement rural (SDR) ;
 - Programme national du secteur rural (PNSR) ;
- Les documents spécifiques sur la problématique des engrais au Burkina Faso :
 - Approvisionnement et consommation des engrais au Burkina Faso ;
 - Les gisements de phosphates de Kodjari ;
 - Les ressources agro-minérales du Burkina Faso ;
 - La technologie des engrais ;
 - Les coûts des facteurs de production ;
 - Etc.

Elle a été complétée par la consultation de sites web d'un certain nombre d'organisations internationales spécialisées dans le domaine des engrais, notamment de l'International Fertilizer Development Center (IFDC), de l'Institut mondial des phosphates (IMPHOS), de l'International Fertilizer Association (IFA), etc.

c) Entretiens avec les acteurs concernés par l'étude

L'équipe de consultants a privilégié une démarche participative ayant permis ainsi d'intégrer au fur et à mesure les opinions des différents acteurs clés, notamment des structures en charge du secteur rural, en l'occurrence des Directions générales des études et de la planification (DGEP) et des coordonnateurs des programmes, des ministères en charge du secteur rural, de la recherche scientifique et technologique, du commerce et des mines, des bailleurs de fonds du secteur rural, des organisations de la société civile, des organisations interafricaines et internationales. Des entretiens ont été organisés avec ces acteurs sur la base d'une grille de questionnaires et de collecte de données élaborée spécifiquement à cet effet et couvrant les aspects ci-après :

- Diagnostic du secteur des engrais :
 - Consommation actuelle d'engrais (types, quantités, localités)
 - Demande actuelle ;
 - Offre actuelle ;
 - Systèmes d'approvisionnement ;
 - Structure des prix ;
 - Environnement politique et juridique ;
- Contraintes majeures à l'utilisation des engrais :
 - Disponibilité ;
 - Accessibilité géographique ;
 - Accessibilité financière ;
 - Systèmes d'approvisionnement et de distribution ;
 - Prix des produits agricoles ;
 - Recherche-développement ;
 - Etc.
- Estimation de la demande future en engrais :
 - Mode de détermination de la demande future ;
 - Evolution probable de la demande ;
 - Facteurs pouvant influencer sur la demande future ;
 - Options possibles pour satisfaire la demande ;
- Informations sur la production locale d'engrais :
 - Types d'engrais produits ;
 - Recherches effectuées et résultats connus ;
 - Etudes technico-économiques réalisées ;
 - Initiatives en cours au niveau national et sous-régional ;
 - Ressources naturelles existantes ;

- Mesures incitatives pour encourager la consommation d'engrais :
 - Mesures d'ordre politique ;
 - Mesures d'ordre économique ;
 - Mesures d'ordre juridique ;
 - Mesures portant sur l'offre ;
 - Actions promotionnelles ;
 - Etc.

d) Missions de terrain

Des missions de terrain ont été effectuées pour (i) la collecte des informations nécessaires à la réalisation et de l'étude, (ii) une meilleure connaissance des voies de communication, du trafic routier et ferroviaire, (iii) le choix des localités propices à l'installation de l'usine. Dans ce cadre, les consultants se rendus à Kodjari, Diapaga, Koupéla, Koudougou et Bobo-Dioulasso.

e) Elaboration des propositions

Au terme du diagnostic du secteur des engrais et de l'analyse des perspectives qui se dégagent, les consultants ont élaboré des propositions portant les possibilités de production d'engrais au Burkina Faso :

- Types d'engrais à produire ;
- Procédés de fabrication ;
- Localisation de l'usine ;
- Coût et financement ;
- Rentabilité financière et économique ;
- Mesures d'accompagnement.

f) Rapportage

Au terme de l'étude trois (3) rapports ont été produits à l'attention du commanditaire :

- Un rapport sur la faisabilité technique traitant des aspects suivants :
 - l'état des lieux de la consommation d'engrais ;
 - l'évolution de la demande en engrais ;
 - les choix techniques pour accroître l'offre en engrais sur la base de la production nationale ;
 - les types d'engrais proposés et les procédés de fabrication ;
 - le schéma et le mode de fonctionnement de l'usine.
- Un rapport sur la faisabilité financière et économique abordant :
 - la rentabilité financière intrinsèque de l'usine proposée ;
 - le mode de financement ;
 - le mode de gestion ;
 - l'intérêt économique de l'usine pour le pays.
- Un rapport de synthèse de l'étude présentant un résumé de l'étude de faisabilité technique, économique et financière.

PREMIERE PARTIE : FAISABILITE TECHNIQUE

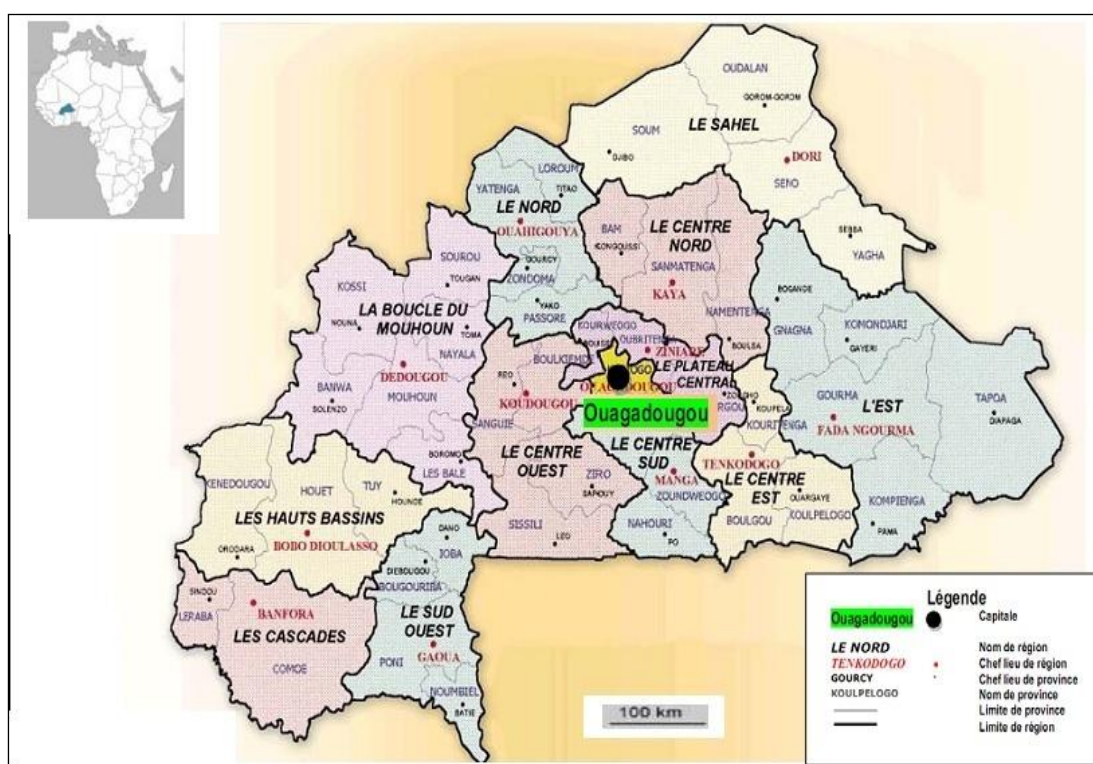
1.1. PLACE DES ENGRAIS MINERAUX DANS L'AGRICULTURE BURKINABE

1.1.1. Importance de l'agriculture dans l'économie nationale

1.1.1.1. Bref aperçu du Burkina Faso

Le **Burkina Faso** est un pays situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest, avec une superficie de 274.000 km². Sur le plan administratif, le territoire est subdivisé en treize (13) régions, quarante-cinq (45) provinces et trois cent cinquante une (351) communes dont trois cent deux (302) communes rurales (voir carte ci-dessous).

Carte 1 : Carte administrative du Burkina Faso



Source : PNSR, 2012.

En termes de population, selon l'Institut national des statistiques et de la démographie (INSD), le Burkina Faso comptait 15.730.977 habitants¹ en 2010 avec une croissance démographique forte de 3,1% par an. Les principales caractéristiques de cette population composée de 52% de femmes et 48% d'hommes sont sa jeunesse (les jeunes de moins de 15 ans représentent 47%) et sa ruralité (77% vivent en milieu rural). En outre, cette population reste caractérisée par un fort taux d'analphabétisme et de malnutrition.

¹Projection à partir des données du Recensement général de la population et de l'habitat de 2006 qui donnait une population de 14 017 262 habitants

Le contexte agro-écologique : pays sahélien au climat essentiellement semi-aride, le Burkina Faso est confronté à des conditions agro-écologiques relativement difficiles en raison de la péjoration climatique et de la pression anthropique croissante. Près de la moitié (46%) du territoire est soumise au phénomène de la dégradation des terres (disparition du couvert végétal, fragilisation et appauvrissement des sols, érosion et baisse des nappes phréatiques, etc., FAO, 2007). La pluviométrie est dans son ensemble faible (environ 1200 mm dans le Sud-ouest et 300 mm dans le Sahel par an), irrégulière et mal répartie. Ces dernières années, on observe une baisse tendancielle de cette pluviométrie avec un déplacement des isohyètes du nord vers le sud du pays et une conséquence négative sur la nappe souterraine dont le niveau enregistre une baisse. Ces phénomènes placent de plus en plus le pays dans une situation de stress hydrique. Les terres, les ressources en eau, les ressources pastorales, les ressources forestières, fauniques et halieutiques sont les principales ressources naturelles sur lesquelles le Burkina Faso fonde en grande partie son développement économique et social. Ainsi, la croissance économique du pays est pour une bonne partie fonction de l'évolution de l'activité Agricole, qui elle-même reste très dépendante de la variabilité de ces conditions agro-climatiques.

1.1.1.2. Contribution de l'agriculture à l'économie nationale

Le secteur rural joue un rôle prépondérant dans l'économie burkinabè. Il occupe environ 86 % de la population active (RGPH 2006) et sa contribution à la formation du Produit intérieur brut (PIB) est estimée en 2009 à environ 30% (IAP, 2010). Au cours de la période 2000-2009, la croissance économique du Burkina Faso a été en moyenne de 5,2% en termes réels, avec un pic de 8,7% en 2005. La contribution du secteur primaire à cette croissance a été en moyenne de 1,3 point de pourcentage, après le secteur tertiaire (3,1 points). Les aléas climatiques qui ont un impact réel sur cette croissance, mettent ainsi en relief, le rôle primordial du secteur rural. Outre sa forte contribution à la sécurité alimentaire, le secteur rural fournit 61,5% des revenus monétaires des ménages agricoles. Ces revenus proviennent de 67% de la production végétale, 30,9% de l'élevage et de 2,1% des produits de l'environnement (DGPER, 2010).

1.1.1.3. Potentialités et opportunités de l'agriculture burkinabè

Le Burkina Faso possède des potentialités permettant d'envisager une croissance accélérée et durable du secteur rural qui garantirait la sécurité alimentaire des populations et plus largement le développement économique et social.

En matière de ressources exploitables, il s'agit :

- d'un potentiel en terres agricoles cultivables (9 millions d'ha), aménageables et irrigables actuellement faiblement exploité avec localement une bonne maîtrise de la petite irrigation;

- d'un cheptel d'animaux d'élevage numériquement important et diversifié (8 400 000 têtes de bovins, 8 200 000 têtes d'ovins, 12 300 000 têtes de caprins, 2 200 000 têtes de porcins et 37 500 000 têtes de volaille ;
- d'un grand nombre de zones pastorales, d'aires villageoises de pâture et de couloirs de transhumance ;
- d'une faune riche et variée comprenant environ 128 espèces de mammifères, plus de 477 espèces d'oiseaux et au moins 60 espèces de reptiles et amphibiens ;
- d'environ 1208 plans d'eau qui constituent une immense potentialité pour le développement de l'irrigation, de la pêche et de l'aquaculture ;
- d'une superficie d'aires classées estimée à 3 815 000 ha, soit 14 % du territoire national qui constituent des espaces privilégiés de conservation de la biodiversité ; d'une diversité d'espèces ligneuses composées de 376 espèces constituant un potentiel en produits forestiers ligneux et non ligneux (gommes et résines, fruits et feuilles comestibles, plantes médicinales, plantes légumineuses, etc.) d'une valeur économique et alimentaire très importante ;
- de deux (2) Réserves de la Biosphère : Parc National du W (350 000 ha) et la mare aux hippopotames de Bala (19 200 ha) ;
- de quinze (15) zones humides d'importance internationale pour la conservation des oiseaux ;

En matière de techniques de production et de gestion des ressources naturelles, il est important de retenir l'existence de :

- centres de recherche agricole et environnementale performants et de paquets technologiques adaptés aux diverses zones agro-écologiques ;
- un savoir-faire paysan en matière d'agriculture et d'élevage qui peut être mis en valeur amélioré et exploité ;
- des techniques éprouvées de conservation de la fertilité des sols, de la biodiversité et de mobilisation/valorisation des eaux de surface ;
- l'existence d'un réseau hydrographique important de réapprovisionnement des barrages et des nappes souterraines alimentant les puits et forages ;

Au plan législatif, il faut retenir que :

- que plusieurs textes législatifs et réglementaires relatifs aux réserves de faune ont permis de définir le domaine faunique du Burkina Faso couvrant environ 3.550.000 hectares (environ 13% du territoire national) ;
- l'adoption de la loi sur le foncier rural et de ses huit (08) décrets d'applications qui contribueront à sécuriser les différents utilisateurs de la terre ;
- l'adoption des codes forestiers et de l'environnement qui encadrent mieux la gestion des forêts et de l'environnement ;
- la mise en place d'Agences de bassin pour favoriser la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) ;

- l'existence d'un dispositif national de gestion et de prévention des crises alimentaires opérationnel ;
- la loi d'orientation relative à la gestion de l'eau ;
- la loi d'orientation relative au pastoralisme (LORP).

Sur le plan et institutionnel, il est important de retenir :

- que le processus de décentralisation est en cours avec la prise en compte des dimensions régionales et locales qui se traduisent dans des plans et politiques de développement local ;
- que des dynamiques sociales importantes se développent avec la volonté de lutter contre la dégradation des ressources naturelles et la désertification ;
- l'existence d'un schéma de responsabilisation accrue des communautés dans la gestion des forêts (chantiers d'aménagement forestier) offrant ainsi de meilleures perspectives quant à leur gestion durable ;

Sur le plan de la commercialisation et de la transformation, il s'agit :

- de l'existence d'un marché sous-régional porteur pour les produits agricoles (niébé, sésame, oignon, maïs...) et animaux ;
- de l'existence d'un marché domestique réel avec un potentiel de croissance du fait de l'urbanisation et de l'enrichissement national (PIB) offrant de bonnes perspectives de croissance de la demande en produits agricoles, notamment en ce qui concerne le lait, les produits carnés et halieutiques ainsi que les produits maraichers ;
- des opportunités de financement pour la conservation et la création des forêts et des espaces naturels à travers le crédit carbone et l'éco-tourisme ;

En matière d'eau potable, d'assainissement et d'amélioration du cadre de vie, les atouts se rapportent à :

- une bonne expérience en matière d'approche programme ;
- une responsabilisation des collectivités dans la gestion des ouvrages d'eau et d'assainissement.

1.1.2. Rôle et consommation des engrais minéraux au Burkina Faso

1.1.2.1. Effets des engrais minéraux dans l'accroissement de la productivité et de la production agricoles

Les résultats de la fertilisation observés en grande culture sont extrêmement rares et n'ont été récapitulés et analysés que dans le cas d'exploitations agricoles ayant bénéficié d'un suivi rapproché ou d'études ponctuelles.

Le Projet Engrais Vivriers, en rapport avec l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles a réalisé un nombre important de tests de formules d'engrais en milieu paysan dans des zones agro-climatiques diverses. Ces tests d'évaluation ont mis en comparaison le Burkinaphosphate à l'état brut (BP), le Burkinaphosphate partiellement acidulé (BPA) et le complexe soluble NPKS, sur les principales cultures vivrières que sont le sorgho, le mil, le maïs et le riz. En outre, il a été calculé le coefficient d'efficacité agronomique de chaque formule d'engrais. Les protocoles afférents à ces tests sont ainsi qu'il suit :

Tableau 1 : Caractérisation des zones agro-écologiques et protocole d'essai

ZONE A : Moins de 500 mm de pluies

ZONE B : Plus de 500 mm et moins de 800 mm de pluies

ZONE C : Plus de 800 mm de pluies.

TRAITEMENTS	ZONE A			ZONE B			ZONE C		K2O
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	
1. Témoin	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. BP	30	50	7	34	50	11	38	50	15
3. BPA	30	11.5	7	34	15	11	37	20	15
4. Compl. coton	30	11.5	7	34	17	10	37	23	15

Source : Bikienga, I.M. (2011)

Les paragraphes et tableaux ci-dessous analysent les résultats par culture obtenus durant les campagnes 1989, 1990 et 1991.

Effets sur le sorgho

Les effets sur le sorgho sont présentés au tableau N° 2 par campagne avec une moyenne des trois campagnes.

Tableau 2 : Synthèse des résultats sur le sorgho en milieu paysan (3 campagnes, 127 sites)

Années traitements	1989		1990		1991		Moyenne	
	Rdt grain kg/ha, 29 sites	Coeff. Eff. %	Rdt grain kg/ha, 30 sites	Coeff. Eff. %	Rdt grain kg/ha, 68 sites	Coeff. Eff. %	Rdt grain kg/ha	Coeff. Eff. %
Témoin abs.	1 022		773		642		812	
BP	1 422	112	989	40	873	52	1 095	63
BPA	1 305	79	1 133	67	1 020	85	1 153	76
NPK	1 380	100	1 314	100	1 085	100	1 260	100
Marge NPK/ témoin	35 %		70 %		69 %		55 %	

Source : Bikienga, I.M. (2011)

Les résultats montrent clairement une bonne réponse du sorgho à l'engrais minéral sur chaque année. L'augmentation de rendement due au NPK est en moyenne de 55 % par rapport au témoin absolu ; en valeur absolue cette augmentation de rendement correspond à 448 kg de grains.

Effets sur le mil

De la même manière les effets sur le mil sont donnés au tableau N° 3 ci-dessous :

**Tableau 3 : Synthèse des résultats sur le mil en milieu paysan
(3 campagnes, 52 sites)**

Années traitements	1989		1990		1991		Moyenne	
	Rdt grain kg/ha	Coeff. Eff. %	Rdt grain kg/ha	Coeff. Eff. %	Rdt grain kg/ha	Coeff. Eff. %	Rdt grain kg/ha	Coeff. Eff. %
Témoin abs.	483		692		451		542	
BP	696	60	861	50	611	57	723	55
BPA	627	41	972	82	673	77	757	66
NPK	837	100	1 032	100	737	100	869	100
Marge NPK/ témoin	73 %		49 %		63 %		60 %	

Source : Bikienga, I.M. (2011)

Les effets observés sur le mil sont convaincants. Les hausses de rendement dues au NPK sont en moyenne de 327 kg de grains ou de 60 % par rapport au témoin.

Effets sur le maïs

Les effets sur le maïs peuvent être lus au tableau N° 4.

**Tableau 4: Synthèse des résultats sur le maïs en milieu paysan
(3 campagnes, 50 sites)**

Années traitements	1989		1990		1991		Moyenne	
	Rdt grain kg/ha	Coeff. Eff. %	Rdt grain kg/ha	Coeff. Eff. %	Rdt kg/ha	Coeff. Eff. %	Rdt kg/ha	Coeff. Eff. %
Témoin abs.	487		1 450		1 123		1 020	
BP	1 220	92	2 321	89	1 735	57	1 759	79
BPA	1 158	84	2 005	57	1 984	80	1 716	74
NPK	1286	100	2 432	100	2 201	100	1 973	100
Marge NPK/ témoin	164 %		68 %		96 %		93 %	

Source : Bikienga, I.M. (2011)

Ces résultats montrent clairement que la réponse du maïs à la fertilisation minérale est spectaculaire. Avec le NPK, les accroissements de rendements sont en moyenne de 953 kg de grains ou de 93 %.

L'enseignement qu'on peut tirer est que malgré les conditions climatiques difficiles que connaît le Burkina, l'utilisation des engrais reste une solution efficace pour accroître les rendements des cultures et l'ensemble de la production agricole. Même dans le plateau central et l'Est du pays où la pluviométrie est relativement faible et où l'on pratique surtout la culture du sorgho et du mil, l'efficacité des engrais minéraux se confirme. Cela signifie qu'en se penchant sérieusement sur le développement de la fertilisation minérale, on peut accroître notablement la production agricole au point de réaliser la sécurité alimentaire locale.

1.1.2.2. Enjeux et intérêt économique de l'utilisation des engrais minéraux

Les enjeux et l'intérêt économique de l'utilisation des engrais minéraux au Burkina Faso peuvent s'analyser à travers plusieurs aspects d'importance variable. Nous en retiendrons trois.

Contribution à la gestion des ressources naturelles

L'utilisation des engrais minéraux peut contribuer de façon importante à une meilleure protection et gestion des ressources naturelles. Comme on le constate actuellement, le Burkina Faso présente un profil écologique fragile qui pose des problèmes en matière de gestion des ressources naturelles. La fertilisation bien raisonnée aide à la pratique d'une agriculture productive et durable et contribue donc à une meilleure gestion des ressources naturelles.

Amélioration des revenus et lutte contre la pauvreté

L'intensification agricole par l'utilisation des engrais permet de produire davantage et à des conditions économiques intéressantes. Par ce biais, les producteurs sont en mesure d'améliorer leurs revenus en dégagant une partie commercialisable de leur production. Vue sous cet angle, on peut dire que l'utilisation des engrais minéraux peut aider efficacement à lutter contre la pauvreté.

Accélération de la croissance économique

Comme cela a été sus-évoqué, l'agriculture joue un rôle important dans l'économie nationale. Outre sa forte contribution au PIB du pays et aux revenus des ménages, elle se place aujourd'hui comme deuxième source de devises après l'or.

Le Burkina Faso vient d'adopter pour la période 2011-2015 une nouvelle stratégie de développement qui vise l'accélération de la croissance et la promotion du développement durable, afin de mettre le pays sur la voie de l'émergence. Cette stratégie est dénommée Stratégie de croissance accélérée et de développement durable (SCADD). Son objectif global

est de réaliser une croissance économique forte, soutenue et de qualité, génératrice d'effets multiplicateurs sur le niveau d'amélioration des revenus, la qualité de vie de la population et soucieuse du respect du principe de développement durable. La SCADD a assigné un taux de croissance de 10,7% au secteur de l'agriculture sur la période 2011-2015. Cette croissance pourra se réaliser, entre autres, par l'accroissement des rendements et de la productivité agricole. Cela signifie en clair qu'il faudra à l'avenir mettre nécessairement l'accent sur la promotion de l'utilisation à grande échelle des engrais en sus de l'emploi des autres intrants agricoles.

1.1.3. Point sur l'offre et la demande actuelle en engrais

1.1.3.1. L'offre

Les principaux acteurs intervenant dans l'importation et la distribution des engrais sont constitués des sociétés cotonnières, de la Nouvelle Société Sucrière de la Comoé (SN-SOSUCO), de l'Etat, des organisations de producteurs, de filiales de multinationales, de grossistes individuels et de détaillants. Les gros importateurs sont localisés dans les villes de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso. En outre, il faut signaler l'existence de réseaux clandestins d'importation d'engrais dont les volumes importés sont difficilement quantifiables.

Les principales sociétés privées importatrices d'engrais au Burkina Faso sont les suivantes :

- AGRIDIS: représentant de Hydrochem, une société internationale, elle importe les engrais et autres intrants agricoles qu'elle vend soit à la Sofitex, soit directement sur le marché national.
- La société SCAB (Chemical and Agricultural Society of Burkina): importatrice d'intrants au profit de la SOFITEX, de la SN SOSUCO et d'un réseau plus large de petits revendeurs, elle représente STEPC Côte d'Ivoire qui est une filiale du groupe français la Société des Potasses d'Alsace.
- La société Amendement et Fertilisant (AMEFERT): également importatrice d'engrais pour la SOFITEX, c'est une société affiliée à YARA implantée au Ghana et en Côte d'Ivoire.
- La société CHEMEFERT: elle est également importatrice d'engrais au profit de la SOFITEX.
- La société TROPIC Agro Chem : Société de droit burkinabè, elle importe et distribue des engrais chimiques et divers intrants agricoles.
- La société King Agro : Société de droit burkinabè, elle importe et distribue des engrais chimiques et divers intrants agricoles.

L'offre de phosphate naturel est assurée par la Société d'exploitation des phosphates du Burkina (SEPB), qui a succédé à l'ancien Projet Phosphate du Burkina. La production a commencé en 1978 avec 68 tonnes et atteint le niveau de 2 296 tonnes en 2012 après avoir

connu un pic de 4 576,60 tonnes en 1997. Le tableau 5 ci-dessous donne l'évolution de la production et des ventes de 1978 à 2012. Les prix de cession au consommateur ont varié de 12 FCFA en 1981 à 90 FCFA/kg à nos jours (Cf. tableau 6).

Tableau 5 : Evolution des productions et des ventes

ANNEES	PRODUCTIONS (en tonne)		VENTES (en tonne)	
	ANNUELLES	CUMULEES	ANNUELLES	CUMULEES
1978	68,00	68,00	54,00	54,00
1979	1 025,00	1 093,00	908,90	962,90
1980	598,95	1 691,95	182,95	1 145,85
1981	1 716,95	3 408,90	798,20	1 944,05
1982	600,10	4 009,00	395,00	2 339,05
1983	0,00	4 009,00	943,00	3 282,05
1984	916,700	4 925,70	368,00	3 650,05
1985	700,50	5 626,20	893,00	4 543,05
1986	246,05	5 872,25	619,85	5 162,90
1987	1 112,00	6 984,25	507,63	5 670,53
1988	362,40	7 346,65	311,28	5 981,81
1989	604,05	7 950,70	655,50	6 637,31
1990	490,70	8 441,40	1 219,00	7 856,31
1991	875,85	9 317,25	627,70	8 484,01
1992	465,85	9 783,10	640,00	9 124,01
1993	1 026,85	10 809,95	1 326,90	10 450,91
1994	2 207,50	13 017,45	1 420,00	11 870,91
1995	2 046,35	15 063,80	1 909,95	13 780,86
1996	2 415,35	17 479,15	2 174,60	15 955,46
1997	4 576,60	22 055,75	2 247,90	18 203,36
1998	2 768,20	24 823,95	3 229,00	21 432,36
1999	3 598,70	28 422,65	2 877,25	24 309,61
2000	1 531,40	29 954,05	1 984,28	26 293,89
2001	1 008,60	30 962,65	1 008,60	27 302,49
2002	2 344,10	33 306,75	2 344,10	29 646,59
2003	1 427,10	34 733,85	804,75	30 451,34
2004	1 095,75	35 829,60	1 718,10	32 169,44
2005	2 368,35	38 197,95	1 104,40	33 273,84
2006	843,90	39 041,85	663,55	33 937,39
2007	1 392,35	40 434,20	1 204,93	35 142,32
2008	1 764,30	42 198,50	1 421,95	36 564,27
2009	892,00	43 090,50	583,00	37 147,27
2010	977,45	44 068,00	1 700,00	38 847,27
2011	1 111,85	45 179,85	3 214,00	42 061,27
2012	2 296,00	47 475,85	343,00	42 404,27

Source : SEPB, 2013

Tableau 6 : Evolution des prix du Burkinaphosphate

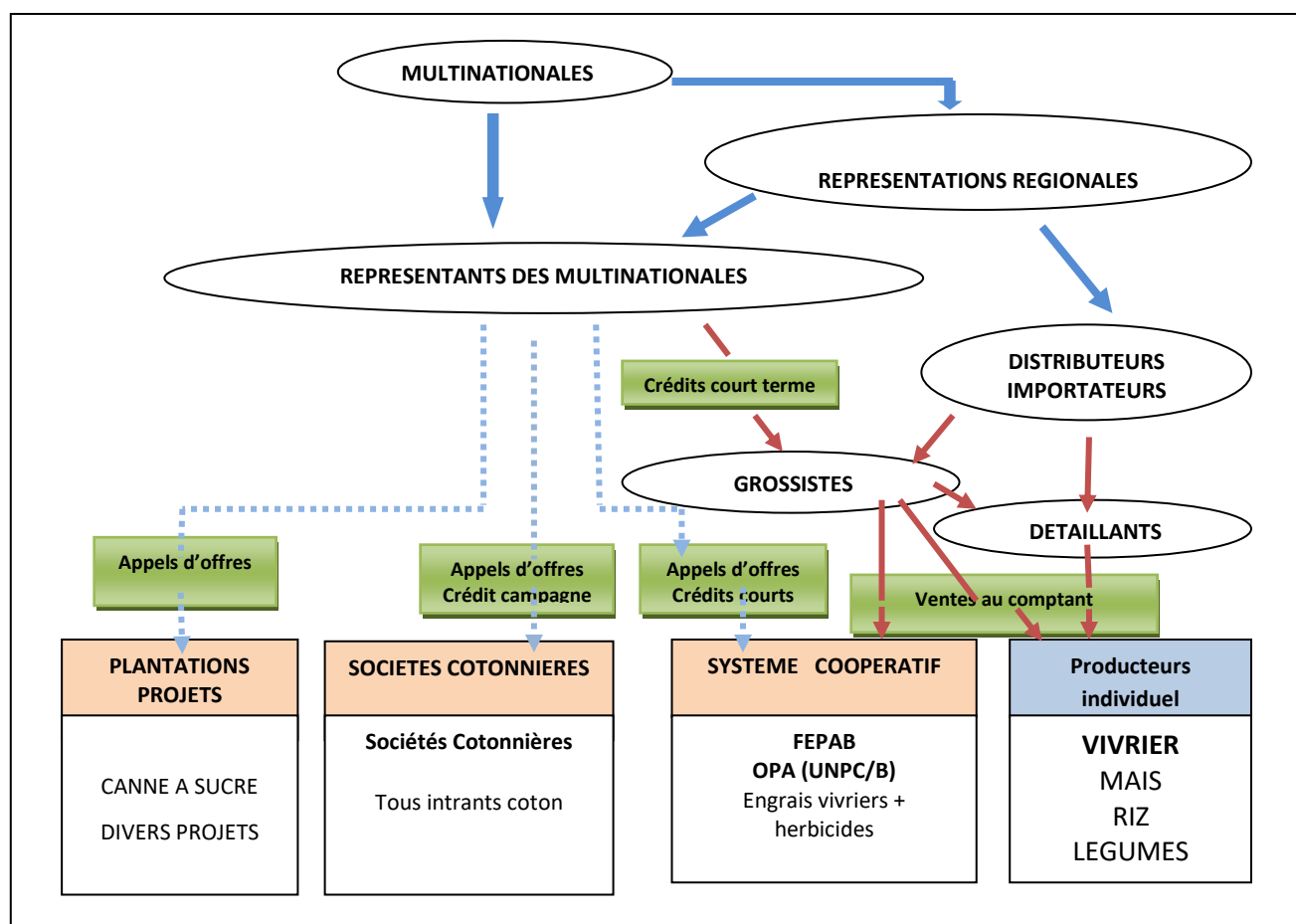
ANNEE	DESIGNATION	PRIX DU KILOGRAMME	PRIX DU SAC DE 50 KG
1978	Phosphate naturel		
1981 - 1985	Volta phosphate	12 F	600 F
1986 - 1989	Burkina Phosphate	25 F	1 250 F
1990 - 1993	Burkina Phosphate	26 F	1 300 F
1994 - 1997	Burkina Phosphate	40 F	2 000 F
1998 - 1999	Burkina Phosphate	60 F	3 000 F
2000 - 2003	Burkina Phosphate	70 F	3 500 F
2003 - 2008	Burkina Phosphate	90 F	4 500 F

Source : SEPB, 2013

La distribution des engrais au Burkina Faso passe par quatre circuits comme l'indique la figure 1 ci-dessous :

1. Le circuit des sociétés cotonnières : en zones cotonnières, la fourniture d'engrais se fait par appels d'offres internationaux lancés une fois par an par les sociétés cotonnières;
2. Le circuit des fournisseurs locaux: des consultations restreintes et les marchés de gré à gré sont passés entre les fournisseurs locaux et les groupements de producteurs (UNPCB, FEPA-B, projets...) ;
3. Le secteur informel : les groupements de producteurs des périmètres rizicoles s'approvisionnent au comptant sur le marché libre. Ce circuit fait intervenir un ou plusieurs niveaux de distribution (gros, détail). La plupart de ces distributeurs s'approvisionnent auprès des fournisseurs installés à Bobo-Dioulasso ou à Ouagadougou, mais aussi sur le marché parallèle généré par la revente par les paysans cotonniers des engrais reçus à crédit, et par le trafic existant sur les engrais en provenance des pays limitrophes ;
4. Le circuit étatique : il s'agit des engrais subventionnés mis en place par l'Etat à travers ses structures décentralisées.

Figure 1 : Circuits de distribution des engrais au Burkina Faso



Source : Ouédraogo B. (2013)

Le secteur privé joue un rôle important dans la distribution des engrais.

Il est constitué des représentants ou des filiales de multinationales spécialisées et des commerçants opérants dans le domaine formel et informel. On y distingue globalement deux types d'opérateurs :

- Les opérateurs privés spécialisés dans le domaine des engrais : il s'agit de représentants des filiales de multinationales spécialisées dans l'importation et la distribution des engrais, principalement basés à Ouagadougou et Bobo-Dioulasso. Ces opérateurs sont la CIPAM, la SCAB, AMEFERT, CHEMEFERT, TROPIC Agro Chem et de King Agro. Les trois premières sociétés participent généralement aux différents appels d'offres (AO) lancés sur le territoire national.
- Les opérateurs privés non spécialisés dans le domaine des intrants agricoles : il s'agit de quelques opérateurs économiques disposant d'importantes capacités financières, qui importent de manière ponctuelle des engrais pour la consommation locale. Ces opérateurs locaux sont souvent la principale source d'information des producteurs. Leur domaine d'activités va au-delà du secteur des engrais et couvre les autres intrants agricoles. C'est pour cela qu'ils ont mis en place en 2004 avec l'appui de l'IFDC

l'Association des grossistes et détaillants d'intrants agricoles (AGRODIA) dans le but d'améliorer leurs prestations auprès des producteurs. De 52 distributeurs à sa création, AGRODIA compte aujourd'hui 600 membres répartis sur 34 provinces avec pour ambition de couvrir graduellement les 45 provinces.

1.1.3.2. La demande

La demande d'engrais au Burkina Faso est difficile à cerner avec précision faute de données statistiques fiables et établies sur une longue durée. Néanmoins, elle peut être appréciée à travers le volume d'engrais importé.

Les engrais importés au Burkina Faso proviennent par ordre d'importance du Mali (31%), de la Russie (16%), de la Côte d'Ivoire (13%), du Ghana (7%) et de la France (7%). 81% des engrais importés sont majoritairement composés de NPK et d'urée, représentant respectivement 49% et 32%. Le tableau N° 7 ci-dessous présente l'évolution des importations d'engrais de 2008 à 2012 dernières années :

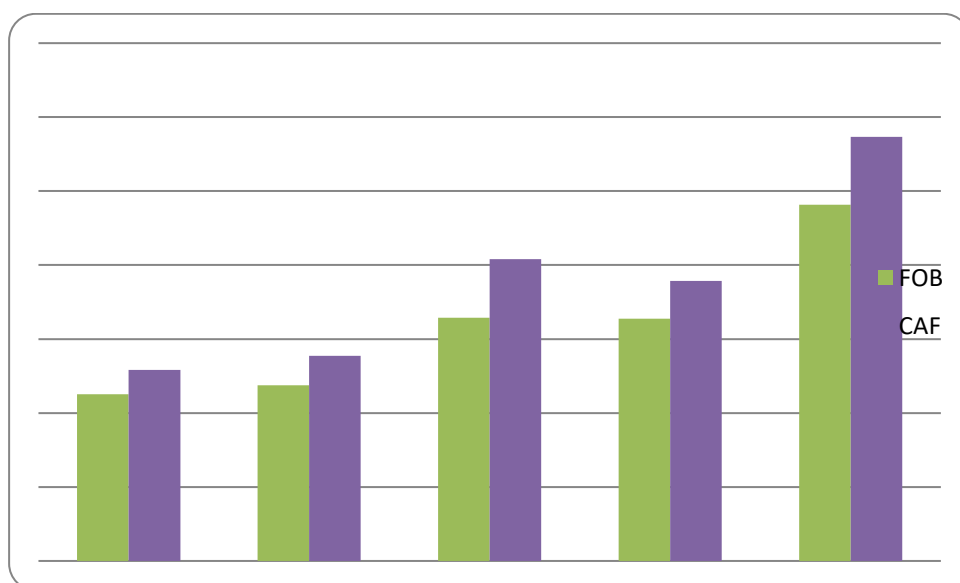
Tableau 7 : Evolution des importations d'engrais 2008-2012

Année	Poids net (en milliers de tonnes)	Prix FOB (en millions FCFA)	Prix CAF (en millions FCFA)
2008	86	22 516	25 815
2009	109	23 754	27 739
2010	167	32 897	40 788
2011	137	32 765	37 855
2012	167	48 156	57 351

Source : Ouédraogo B. (2013)

A la lecture de ce tableau, on constate une tendance à la hausse des volumes d'engrais importés. Les quantités d'engrais importées ont quasiment doublé entre 2008 et 2012. A ces importations commerciales, il faut ajouter les achats effectués directement par les distributeurs du circuit informel dont les achats ne sont pas bien connus. La figure 2 ci-dessous représente les quantités d'engrais entre 2008 et 2012.

Figure 2 : Evolution des ressources mobilisées pour les achats d'engrais



Source : Ouédraogo B. (2013)

L'observation de ce graphique montre que d'importantes ressources financières sont davantage mobilisées pour l'acquisition des engrais. Cela démontre également que les producteurs agricoles utilisent de plus en plus d'engrais pour leurs différentes spéculations.

Les engrais ainsi importés sont répartis prioritairement dans les grandes zones de production, à savoir, les régions des Hauts-Bassins, du Centre-Est, de la Boucle du Mouhoun et du Sud-ouest.

La demande en Burkinaphosphate n'est pas non plus connue avec précision. En effet, son utilisation s'est longtemps heurtée à sa forme pulvérulente et à sa réaction jugée lente par les producteurs agricoles. De même que pour les engrais minéraux, la demande en Burkinaphosphate peut être assimilée au volume des ventes tel qu'il apparaît au tableau 5 ci-dessus.

En résumé, les principales contraintes liées à l'approvisionnement en engrais au Burkina Faso sont ainsi qu'il suit :

Contraintes à la disponibilité des engrais au niveau national	Niveau*
Inexistence d'unités de production des engrais	++
Faiblesse du secteur privé « engrais »	++
Etroitesse du marché intérieur / non disponibilité d'intrants spécifiques	-
Mauvais planning de l'approvisionnement et de la mise en place des engrais (retard)	+
Faible compétitivité des services portuaires (entrepôts et coût du transit)	+
Mauvais état des routes et/ou indisponibilité de la flotte de véhicules gros porteurs	++
Frais liés aux "tracasseries" routières / faux frais (police, douanes, gendarmerie)	+++
Insuffisance et mauvais état des magasins de stockage local	++
Insuffisance et inadaptation des ressources financières	++
Systèmes de crédit hors coton inexistants ou aléatoires	++

Note : contrainte d'importance négligeable (-), faible (+), modérée (++), forte (+++), très forte (++++)

1.2. LES PHOSPHATES NATURELS DU BURKINA FASO

1.2.1. Découverte des gisements de phosphates du Burkina Faso

Si l'on s'intéresse à la découverte des gisements de phosphates du Burkina du Faso, le nom qui vient en premier lieu est celui de *M. Pascal*, géologue français de l'Institut de recherche pour le développement (IRD), anciennement dénommé Office français de recherche scientifique et technique Outre-mer (ORSTOM). C'est effectivement à M. Pascal que l'on doit la découverte des gisements de phosphates du Burkina Faso.

Les phosphates du Burkina Faso ont été découverts en 1970, grâce aux travaux de reconnaissance effectués par M. Pascal sur les niveaux phosphatés du Bassin voltaïen. Les formations géologiques du bassin voltaïen elles-mêmes ont fait l'objet d'études approfondies par différents géologues, dont l'une des plus connues est celle de *P. Affaton*.

De façon résumée, les phosphates du Burkina Faso sont répartis en trois gisements, tous situés dans le sud-est du pays :

- Gisement d'Arly ;
- Gisement de Kodjari ;
- Gisement d'AloubDjouana.

Le document le plus consistant contenant les informations les plus détaillées sur ces phosphates demeure la thèse de doctorat de troisième cycle présentée en 1982 par *Zéga Raphaël Ouédraogo* à l'Ecole nationale supérieure de géologie appliquée de l'Institut national polytechnique de Lorraine en France, et intitulée : « **Contribution à l'étude des gisements de phosphates d'âge précambrien du sud-est voltaïque. Géologie, valorisation** ». Cette thèse constitue un document de référence et une précieuse source d'informations sur les gisements de phosphates du Burkina Faso.

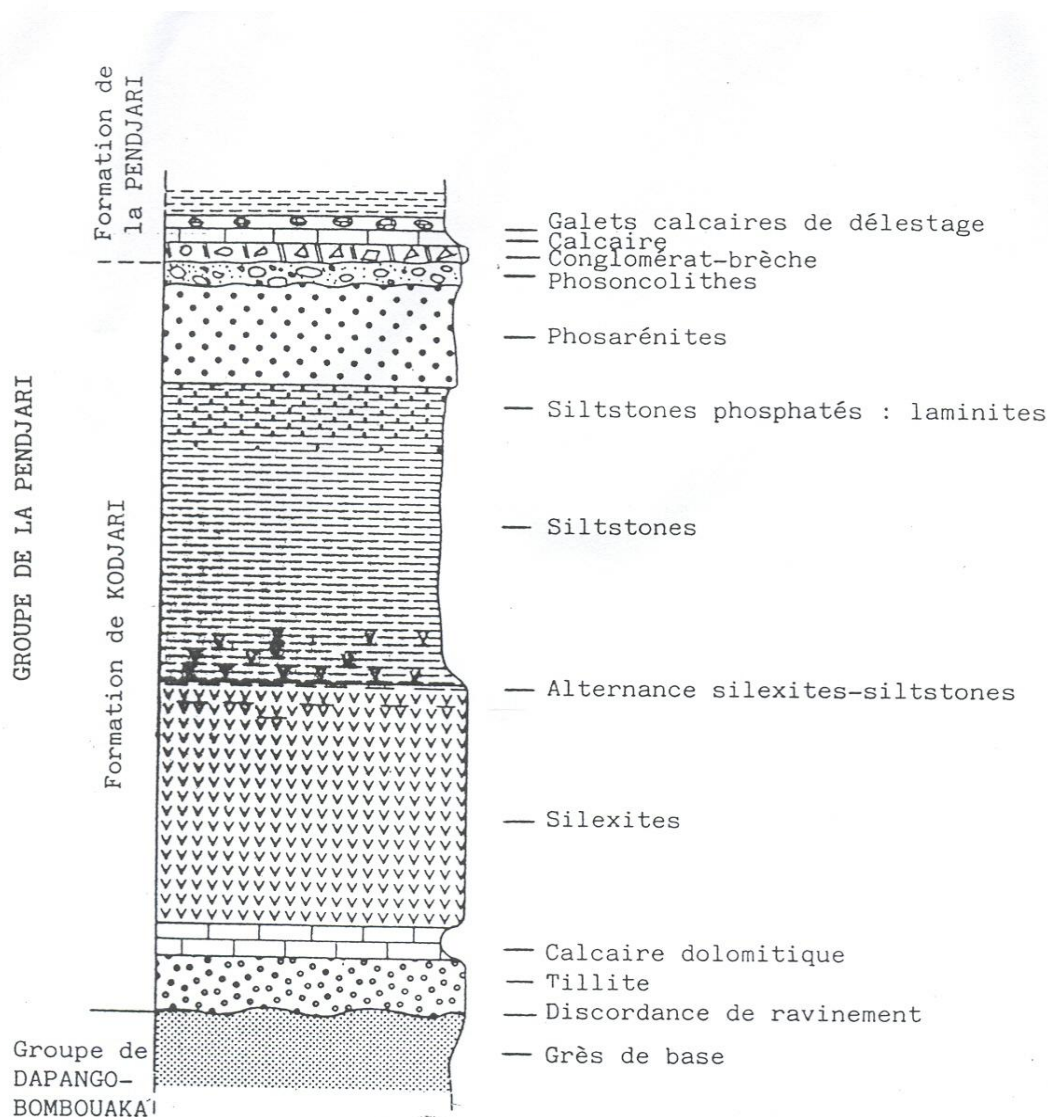
L'ensemble de ces travaux par les différents auteurs susmentionnés a débouché sur une estimation des réserves totales prouvées de ces différents gisements de phosphates à environ 180 à 200 millions de tonnes de minerai pour une teneur de coupure supérieure à 20% P_2O_5 .

1.2.2. Caractérisation des phosphates de Kodjari

1.2.2.1. Stratigraphie

La thèse de *Z. R. Ouédraogo* suscitée décrit en particulier la stratigraphie des gisements de phosphates de Kodjari. La *Formation*, dite de *Kodjari*, est représentée par une tillite associée à des niveaux calcaires siliceux et phosphatés, comme l'indique la figure N° 3 ci-dessous.

Figure 3 : Coupe lithologique de la formation du Kodjari



Source : Z.R. Ouédraogo, 1982

1.2.2.2. Morphologie

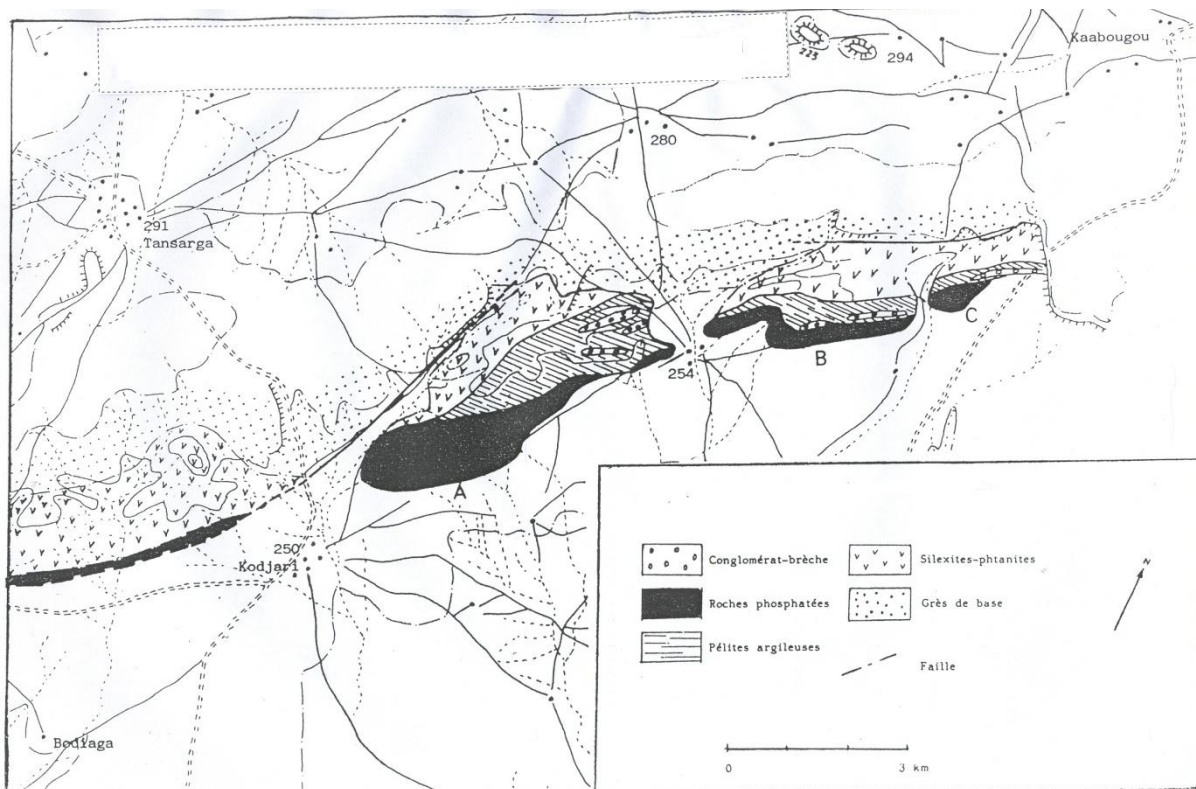
Le gisement de phosphates de Kodjari est localisé dans le Sud-Est du Burkina. Il se situe à 70 km au NE d'Arly et à environ à 40 km au sud de Diapaga, chef-lieu de la Province de la Tapoa, sur la bordure nord-occidentale du Bassin Voltaïen².

Si l'on se réfère aux photographies aériennes (Mission IGN 1956) de la mission de Madjoari, il est indiqué que le secteur appartient au quart NE de la feuille d'Arly au 1/200 000^e (Arly NC.31.XX). D'autres références précisent qu'il existe une photographie satellite de la zone de Kodjari (photo Arly 207/52).

² Z.R. Ouédraogo

Selon les différents géologues s'étant intéressés à cette zone, le gisement de phosphate de Kodjari appartient à la *Formation dite de Kodjari*. Comme cela est indiqué dans la figure N°4 ci-dessous, les phosphates du gisement de Kodjari affleurent sous forme de trois collines (A, B, C) dont l'altitude dépasse rarement 270m. Ces collines se relaient suivant une direction SW-NE sur plus de 15km. La largeur du gisement varie de façon générale entre 800 et 1000m.

Figure 4 : Carte de localisation des phosphates du gisement de Kodjari



Source : Z.R. Ouédraogo, 1982

Les couches phosphatées suivent une pente de 5° environ vers le SE. Cette allure générale laisse penser à des possibilités d'extension en allongement vers le NE et le SW, et en profondeur vers le SE.

1.2.2.3. Géochimie

1.2.2.3.1. Analyse faite par Zéga Raphaël Ouédraogo

La composition chimique moyenne des phosphates de Kodjari obtenue à partir des travaux de Z. R. Ouédraogo est comme suit :

Tableau 8 : Composition chimique moyenne des phosphates de Kodjari

Eléments	Unité	Valeur
P ₂ O ₅	%	28,35
CaO	%	42,79
SiO ₂	%	18,52
Fe ₂ O ₃	%	1,75
Al ₂ O ₃	%	3,09
MgO	%	0,31
MnO	%	0,03
K ₂ O	%	0,48
Na ₂ O	%	0,22
TiO ₂		0,27
Perte au feu	%	5,40
Be	ppm	22,45
B	ppm	86,24
Pb	ppm	56,67
Ni	ppm	144,66
V	ppm	152,02
Cu	ppm	56,21
Co	ppm	19,73
Ga	ppm	56,11
Cr	ppm	113,30
Sr	ppm	2709,96
Ba	ppm	1390,96

1.2.2.3.2. Analyse faite par IFDC

En octobre 1979, une analyse chimique du phosphate de Kodjari a été faite par IFDC, à l'époque connu sous le nom de *International Fertilizer Development Center*, basé à Muscle Shoals en Alabama (USA). Cette analyse a été effectuée par les Laboratoires THORNTON à Tampa (Floride, USA). Selon cette analyse, le phosphate de Kodjari a la composition chimique moyenne suivante :

Tableau 9 : Composition chimique moyenne du phosphate de Kodjari selon IFDC

Humidité	0,89 %
Analyse des matières sèches : anhydride phosphorique	25,38 %
Oxyde de fer ($\text{Fe}_2 \text{O}_3$) soluble dans HCl	3,42 %
Alumine ($\text{Al}_2 \text{O}_3$) soluble dans HCl	3,08 %
Chaux (CaO)	34,45 %
Anhydride carbonique (CO_2)	1,00 %
Matière organique (C)	0,09 %
Fluor (F)	2,54 %
Oxyde de potassium ($\text{K}_2 \text{O}$)	0,23 %
Matière siliceuse (SiO_2)	26,24 %
Oxyde de sodium (Na_2O)	0,11 %
Soufre total (S)	0,04 %

Source : Bikienga, I.M. (2011)

1.2.2.3.3. Analyse faite par BGR

En 1981, une nouvelle analyse chimique du phosphate de Kodjari a été faite par BGR (Office Fédéral de Géosciences et des Ressources Minérales) à Hanovre en République Fédérale d'Allemagne, ce qui a donné les résultats suivants :

Tableau 10 : Composition chimique moyenne du phosphate de Kodjari selon BGR

SiO_2	23,47 %	- F	2,64 %
TiO_2	0,20 %	- CO_2	1,94 %
$\text{Al}_2 \text{O}_3$	4,23 %	- Cd	2,80 ppm
Fe O	2,98 %	- Hg	51 ppm
MnO	0,05 %	- As	8,4 ppm
MgO	0,18 %	- Cu	10 ppm
CaO	34,39 %	- Mo	4 ppm
$\text{Na}_2 \text{O}$	0,19 %	- Zn	12 ppm
$\text{K}_2 \text{O}$	0,53 %	- Co	11 ppm
$\text{P}_2 \text{O}_5$	27,59 %	- Apatite	62 %
SO_3	0,06 %	- Quartz	20 %
Perte au feu	4,29 %		

Source : Bikienga, I.M. (2011)

L'analyse granulométrique faite par BGR en 1981 a donné les résultats suivants :

200 µm	2,1 %	63-20 µm	30,7 %
200-112 µm	7,2 %	20 µm	35,0 %
112-63 µm	25,0 %		

Source : Bikienga, I.M. (2011)

La teneur en oligo-éléments et la solubilité dans différents réactifs sont indiquées dans les tableaux ci-après :

Tableau 11: Teneur en oligo-éléments du phosphate de Kodjari

N° Labo	Cd ³	Cu	Mo	Ni	Pb	Sr	U	Zn
	ppm							
1741	-	-	-	-	21	1 511	13	-
2139	-	-	-	-		753	-	-
3974	3	13	4	32	10	627	6	29
3975	3	10	4	33	10	841	8	12

Source : Bikienga, I.M. (2011)

Tableau 12 : Solubilité dans l'acide formique et l'acide citrique à 2 % et dans l'eau

Elément	FR ⁽⁴⁾ %	HClO ₄ ⁽⁵⁾ %	AF ⁽⁶⁾ %	AC ⁽⁷⁾ %	H ₂ O ⁽⁸⁾ %
F ₂ O ₅	27,59	24,79	4,77	5,06	0,03
SiO ₂	23,47	-	-	-	-
TiO ₂	0,20	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	4,23	3,78	-	0,23	SP
Fe ₂ O ₃	2,98	2,89	0,03	0,08	0
MnO	0,05	0,05	0,01	0,01	0
MgO	0,18	0,20	-	0,02	0
CaO	34,39	33,61	-	4,20	0,01
Na ₂ O	0,19	0,11	-	0,02	SP
K ₂ O	0,53	0,28	0,01	0,01	0,003
SO ₃	0,06	-	-	-	-
F	2,64	-	-	-	-
Perte au feu	4,29	-	-	-	-

Source : Bikienga, I.M. (2011)

³ Déterminé chimiquement

⁴ Fluorescence Röntgen

⁵ Dissolution dans HNO₃/HClO₄

⁶P₂O₅ soluble dans l'acide formique à 2 %

⁷P₂O₅ soluble dans l'acide citrique à 2 %

⁸P₂O₅ soluble dans l'eau

Quelle interprétation peut-on faire de ces résultats d'analyses ? Tout d'abord, la teneur du minerai en phosphore est relativement faible (25,38 % P_2O_5) par rapport à d'autres phosphates commerciaux que l'on rencontre sur le marché international.

On constate une forte teneur en silice (26,24 % SiO_2) qui confère au minerai une dureté élevée.

Il y a également la présence d'éléments pénalisants 3,42 % Fe_2O_3 et 3,08 % Al_2O_3 .

La réactivité chimique mesurée à travers la solubilité dans différents réactifs (citrate d'ammonium alcalin, acide citrique à 2 %, acide formique, citrate d'ammonium au pH₃, solubilité absolue dans le citrate) est également faible. A titre d'exemple, la solubilité dans le citrate Association of Official Analytical Chemists (AOAC) du phosphate de Kodjari déterminée par l'IFDC sur plusieurs échantillons se situe entre 1 et 3 %. En général, l'aptitude agronomique d'un phosphate naturel est élevée lorsque le phosphore soluble dans le citrate AOAC (Association of Official Analytical Chemists) est supérieur à 16 % du phosphore total, moyenne lorsque le phosphore soluble dans le citrate AOAC est compris entre 9 et 16 %, et faible lorsque le phosphore soluble dans le citrate AOAC est inférieur à 9 %. Ceci permet de classer le phosphate naturel de Kodjari parmi les phosphates à très faible réactivité chimique.

Une forte teneur en carbonate du phosphate naturel indique un degré de substitution CO_3/PO_4 et une bonne solubilité dans le citrate sont considérés comme de bons indicateurs pour l'application directe du phosphate naturel en agriculture. Le phosphate naturel de Kodjari ne remplit pas ces conditions.

La teneur en métaux lourds présents dans le phosphate naturel de Kodjari et susceptibles de poser des problèmes environnementaux, est indiquée aux tableaux 11 et 12. Les taux trouvés dans les échantillons analysés se situent tout à fait dans les normes. Par contre, ce qui n'est pas connu, c'est le comportement de ces métaux ou les réarrangements chimiques possibles avec les traitements du phosphate naturel par les acides minéraux.

Malgré sa faible réactivité chimique et sa teneur en quelques éléments pénalisants le phosphate naturel de Kodjari a fait l'objet de nombreux travaux de recherches en vue d'une valorisation agronomique. Par ailleurs, des études minéralurgiques ont été également entreprises pour connaître les possibilités d'amélioration de ce phosphate.

1.2.2.3.4. Conclusion sur la caractérisation des phosphates de Kodjari

La caractérisation minéralogique et cristallographique faite sur le phosphate de Kodjari permet de conclure que ce dernier contient de l'apatite (60 % environ). La nature de l'apatite conditionne la réactivité d'un phosphate. L'apatite contenue dans le phosphate de Kodjari est une francolite avec un faible degré de substitution de carbonate qui indique une faible réactivité.

Au plan chimique, la teneur en phosphore (P_2O_5) est de l'ordre de 25 %. La haute teneur en silice (26,24 % SiO_2) confère une dureté élevée au minerai. Les autres éléments pénalisants sont le fer (3,42 % Fe_2O_3) et l'alumine (3,08 % Al_2O_3).

La solubilité dans les réactifs couramment utilisés pour tester les phosphates naturels est jugée insuffisante.

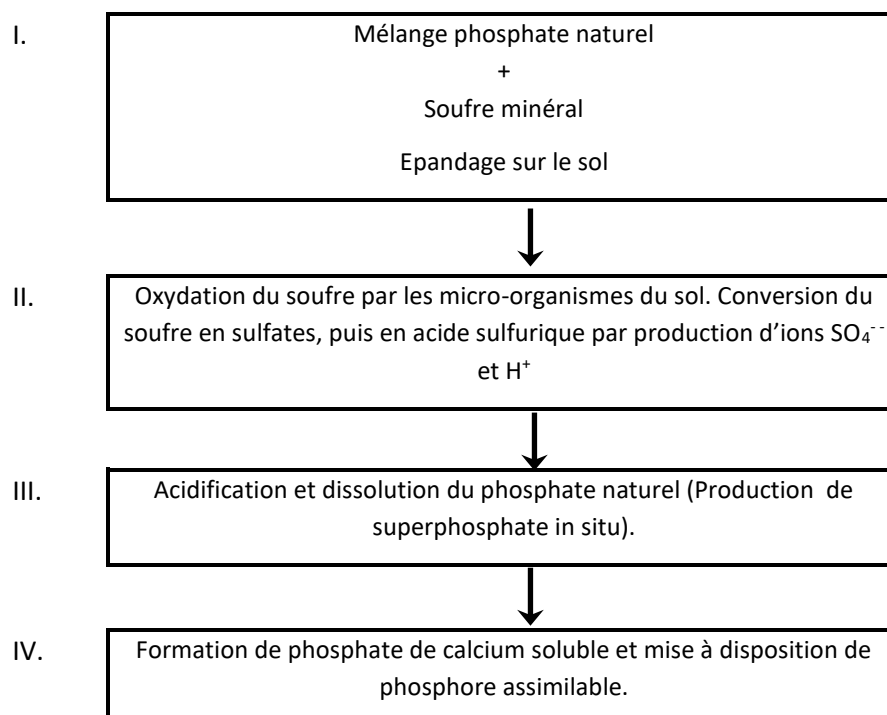
Les métaux lourds qui y sont rencontrés et susceptibles de poser des problèmes environnementaux sont contenus dans des limites admissibles.

1.2.3. Essais de traitement, d'enrichissement et de mise en valeur

1.2.3.1. Travaux de recherche réalisés au sein de l'IFDC

1.2.3.1.1. Combinaison du phosphate naturel de Kodjari avec du soufre minéral

On peut améliorer l'efficacité du phosphate naturel par adjonction de soufre minéral. Dans des conditions favorables, le soufre est oxydé par certains micro-organismes du sol et converti en acide sulfurique ; cet acide sulfurique attaque le phosphate naturel et met le phosphore sous forme disponible à la plante. L'oxydation du soufre dans le sol, la synthèse d'acide sulfurique et la dissolution du phosphate brut constituent en quelque sorte, une production de superphosphate in situ. De façon très simplifiée, le mécanisme est le suivant :



Du point de vue agronomique, cet effet est intéressant en ce sens qu'il permet d'aboutir aux résultats suivants :

- Disponibilité de sulfates dans le sol ;
- Dissolution plus facile du phosphate naturel ;
- Augmentation de la disponibilité et l'assimilabilité du phosphore contenu dans le phosphate naturel.

Pour que la combinaison soit efficace, les particules de phosphate naturel et de soufre doivent être associées de façon très intime. Ceci peut être obtenu par minigranulation du mélange phosphate naturel plus soufre minéral. D'autres méthodes consistent à enrober (garnir) le phosphate avec du soufre fondu. Quelle que soit la méthode utilisée, les réponses des cultures restent toujours dépendantes des propriétés du sol, de la population bactérienne et d'autres facteurs.

Bien que les mélanges de phosphate naturel et de soufre minéral ne puissent pas présenter d'intérêt commercial dans les pays où la technologie des engrais est très avancée, ils peuvent trouver leur place dans certains pays en développement qui n'ont pas encore des facilités de fabrication ou de formulation d'engrais minéraux.

Dans les laboratoires de l'IFDC, ce procédé a été appliqué avec succès au phosphate naturel de Kodjari. Le produit issu de ce mélange a fait l'objet d'une minigranulation dans le but de faciliter son épandage.

1.2.3.1.2. Acidulation partielle du phosphate naturel de Kodjari

La faible réactivité chimique de certains phosphates naturels limite leur efficacité agronomique lorsqu'ils sont utilisés directement en fumure annuelle sur des cultures annuelles. Cela est dû au fait que les phosphates naturels ont généralement une solubilité lente. Pour résoudre ce problème, on peut aciduler partiellement les phosphates naturels avec des acides minéraux (H_2SO_4 , H_3PO_4 , HCl). Cette méthode facilite énormément la solubilisation des phosphates naturels après leur épandage.

Les phosphates naturels partiellement acidulés sont des phosphates naturels ayant été acidulés avec une quantité d'acide inférieure à celle requise pour la fabrication du superphosphate simple (dans le cas de l'acide sulfurique), ou du superphosphate triple (dans le cas de l'acide phosphorique).

De nombreux chercheurs ont étudié l'effet de l'acidulation partielle sur la disponibilité du phosphore contenu dans les phosphates naturels.

Les résultats agronomiques obtenus avec les phosphates naturels partiellement acidulés ont prouvé que parfois ils étaient pratiquement équivalents aux superphosphates. Dans certaines circonstances l'acidulation partielle a été considérée comme l'un des moyens les

plus efficaces et les plus économiques pour améliorer la solubilité des phosphates naturels dont la réactivité chimique est relativement faible.

L'acidulation partielle du phosphate de Kodjari a été réalisée à 10 %, 20 % et 30 % du niveau d'acidulation normalement utilisé pour la fabrication du super triple. Par cette méthode, on évite la production séparée de l'acide phosphorique par le procédé humide. Sur le plan industriel cette méthode a l'avantage de réduire considérablement le volume du capital investi. Le produit obtenu peut être broyé à une grande finesse, minigranulé ou granulé.

A partir des notes de calculs indiqués au tableau N° 13 , on constate que pour 10, 20 et 30 pour cent de niveau d'acidulation normalement utilisé pour la fabrication du supertriple, les niveaux correspondants d'acidulation avec l'acide sulfurique sont respectivement de 35,4%, 57,7% et 72,9%.

Tableau 13: Acidulation partielle avec H_2SO_4 et H_3PO_4

Taux d'acidulation %	Volume de H_2SO_4 concentré à 100 % (ml)	Quantité de phosphate brut pour l'acidulation totale (g)	Quantité complémentaire de phosphate pour la granulation (g)
35,4 ^a (10) ^b	197	598,14	1 671,86
57,7 (20)	323	979,90	1 290,10
72,9 (30)	407	1 235,62	1 034,38

Source : Bikienga I.M., 2011

(a) Acidulation avec H_2SO_4

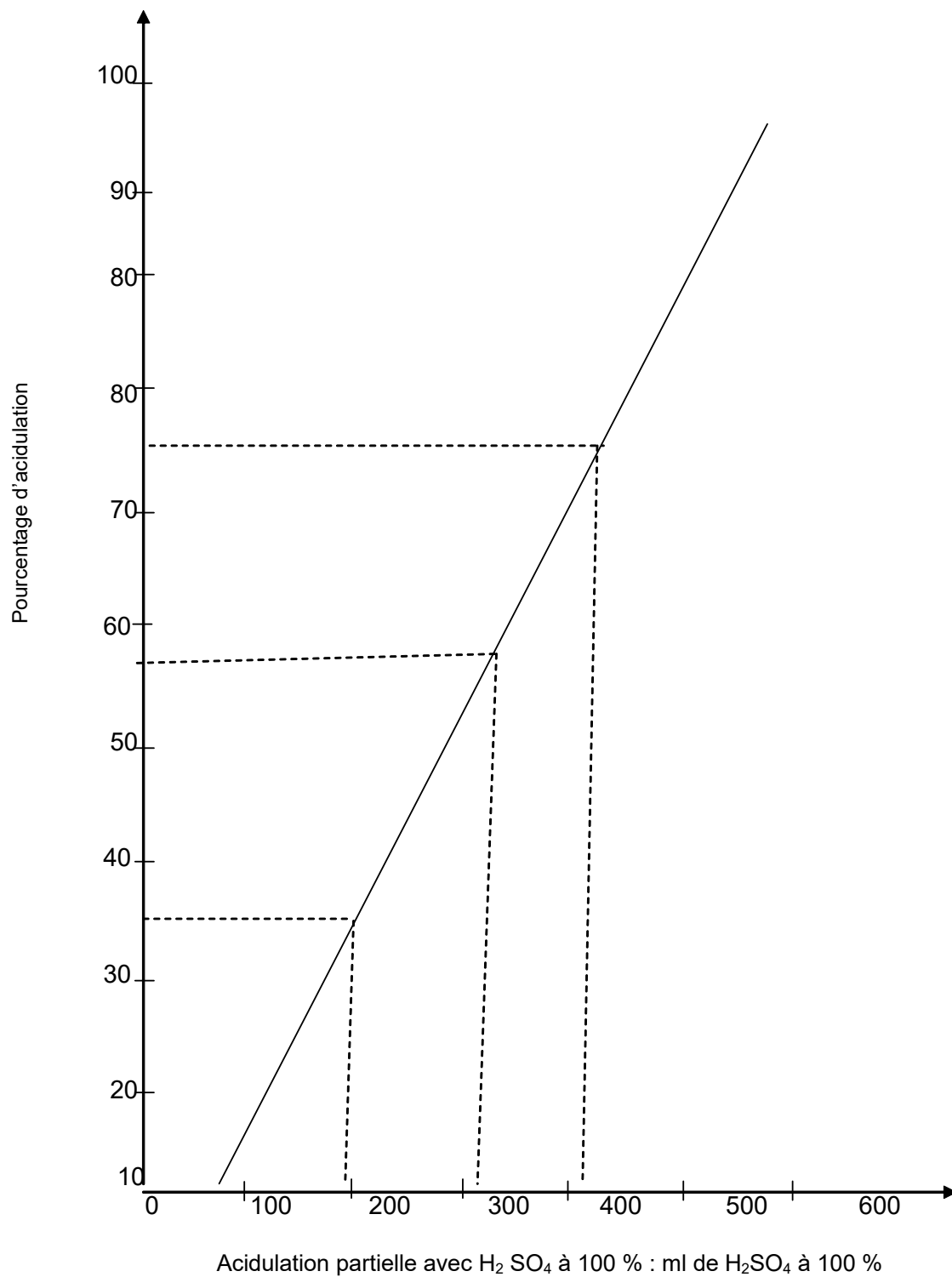
(b) Acidulation équivalente avec H_3PO_4

Les notes des calculs effectués, de même que le graphique ci-dessous indiquent que pour parvenir à un niveau d'acidulation de 35,4 % avec de l'acide sulfurique concentré à 100 %, il faut employer 197 ml d'acide sulfurique ayant une densité de 1,8305 g/ml.

Cette quantité d'acide serait alors utilisée pour une acidulation totale d'une partie du phosphate de Kodjari.

La quantité totale d'acide est égale à $197\text{ml} \times 1,8305\text{g/ml} = 360,61\text{g}$. Comme la concentration de l'acide sulfurique utilisé est de 100 %, il faut donc 360,61g d'acide sulfurique.

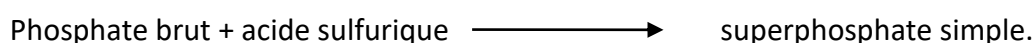
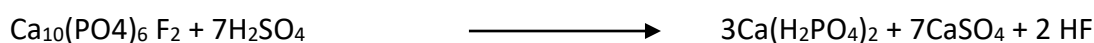
Graphique 1 : Acidulation partielle



1.2.3.1.3. Fabrication de superphosphate simple avec le phosphate naturel de Kodjari

Le superphosphate simple résulte de l'acidulation du phosphate naturel avec l'acide sulfurique. Le produit ainsi obtenu contient environ 30 % de phosphate monocalcique, 10 % de phosphate dicalcique, 15 % de sulfate de calcium ; le reste se compose d'humidité et de phosphate de fer et d'aluminium.

La principale réaction chimique qui a lieu dans la production du super simple est la suivante :



La teneur moyenne en P_2O_5 est de 20 %, mais elle peut varier de 16 à 22 % selon les propriétés du phosphate brut et l'efficacité du procédé de fabrication.

Pour la production du superphosphate simple à partir du phosphate de Kodjari, le procédé utilisé par l'IFDC a fait intervenir de l'acide sulfurique concentré à 70 %. L'observation majeure faite durant cet essai de transformation a été une réaction relativement lente du phosphate naturel de Kodjari après l'adjonction de l'acide sulfurique alors que cette réaction est rapide avec d'autres phosphates mondialement connus comme ceux du Maroc.

1.2.3.1.4. Production d'acide phosphorique avec le phosphate naturel de Kodjari

Le minerai de phosphate est un matériau complexe ; le principal constituant minéral, l'apatite de fluor contient du calcium, du phosphate, du carbonate et d'autres éléments regroupés dans un réseau cristallin. Lorsque le phosphate brut est attaqué par un acide minéral fort, l'apatite est détruite et le phosphate qui y est contenu se solubilise en acide phosphorique.

L'acide phosphorique produit par le procédé humide est obtenu par l'action de l'acide sulfurique sur le phosphate brut.

De façon très simplifiée, la réaction entière avec l'acide sulfurique peut être subdivisée en trois étapes :

1. Le phosphate tricalcique est converti en acide phosphorique et en sulfate de calcium.



2. Le fluorure de calcium de l'apatite réagit avec l'acide sulfurique pour former du sulfure d'hydrogène et du sulfate de calcium.



3. Le carbonate de calcium est converti en gaz carbonique et en sulfate de calcium.



La principale réaction chimique qui a lieu dans la synthèse de l'acide phosphorique peut être schématisée par une équation unique :

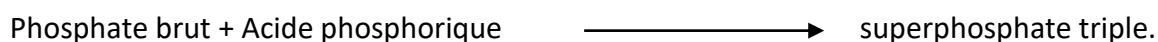
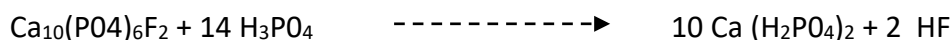


Le sulfate de calcium formé dans la réaction ci-dessus peut se trouver dans trois états d'hydratation suivant la température de la réaction et la concentration de l'acide phosphorique pendant la gestion : anhydre (CaSO_4), semi-hydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$), dihydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$).

La production d'acide phosphorique à partir du phosphate naturel de Kodjari s'est heurtée aux mêmes difficultés que celles susmentionnées, à savoir une lenteur dans les réactions chimiques.

1.2.3.1.5. Production de superphosphate triple avec le phosphate naturel de Kodjari

Le superphosphate triple est obtenu par la réaction de l'acide phosphorique avec le phosphate brut :



Le principal composé chimique contenu dans le super triple est le phosphate monocalcique; d'autres substances encore y sont contenues en quantité moins importante. La composition chimique du phosphate brut détermine la nature et la quantité des produits formés après la réaction.

La production de superphosphate triple à partir du phosphate naturel de Kodjari selon le procédé conventionnel s'est révélée assez difficile. Outre la lenteur observée dans le temps de réaction, le produit obtenu présentait un aspect pâteux.

1.2.3.1.6. Granulation du phosphate naturel de Kodjari

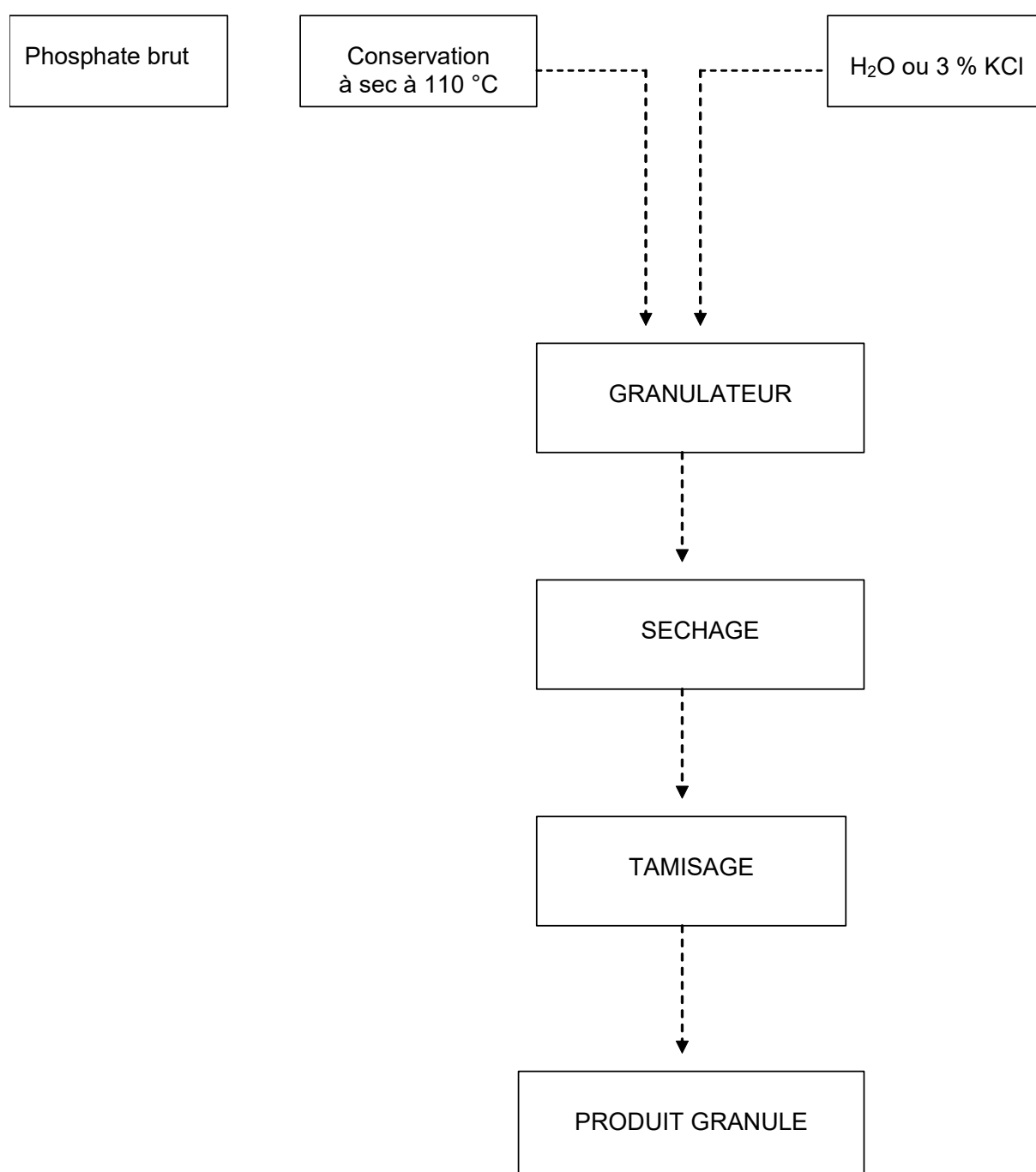
On réalise la granulation des phosphates bruts pulvérisés en essayant de cimenter les particules fines entre elles avec un liant qui peut être soit une solution, soit une fusion minérale ou organique. Les principales conditions requises sont les suivantes :

- Les produits granulés doivent se désintégrer immédiatement après leur application sur un sol humide ou après la pluie, et revenir à la forme pulvérisée, afin de maintenir une efficacité agronomique au moins égale à la forme pulvérisée ;
- Les granules doivent aussi être non-hygroscopiques et assez solides pour résister aux chocs mécaniques pendant les manipulations.

Avec le phosphate de Kodjari, il a été réalisé plusieurs catégories de granules.

- Minigranules de 106 à 315 microns,
- Granules de 1,18 à 3,35 millimètres.

La granulation du phosphate naturel de Kodjari a fait intervenir du KCl et de l'eau selon le schéma ci-dessous :



1.2.3.2. Travaux de recherche réalisés par Charbonnages de France (CDF)-Ingénierie

1.2.3.2.1. Possibilités de traitement du minerai

Des échantillons ont été prélevés par CDF-Ingénierie dans la perspective d'examiner les possibilités de traitement du minerai. Mais les caractéristiques de ces échantillons examinés ont révélé une inaptitude du minerai à l'enrichissement par les voies classiques pour les raisons suivantes :

- La roche phosphatée de Kodjari a une constitution assez hétérogène, pouvant aller de la fluorapatite à un phosphate d'alumine ; les teneurs en silice varient de 15 à 45%, tandis que les teneurs en Feral (oxydes de fer et d'alumine) varient également dans une fourchette importante.
- Les éléments phosphatés ont des dimensions assez faibles allant de 50 à 100 μ . Ils sont relativement pauvres : 31% de P₂O₅ environ sur les échantillons étudiés, bien qu'on remarque quelques échantillons de sondage allant jusqu'à 32% de P₂O₅. Ils sont souillés d'une endogangue quartzeuse de dimensions très fines (de 5 à 25 μ) qui situerait la silice de ces éléments aux environs de 20%. De plus, leur titre en Feral (Fe₂O₃+Al₂O₃) pourrait varier de 2 à 4%. Si l'on excepte la roche blanchâtre rencontrée sur la colline C (phosphate d'alumine), le constituant principal serait une fluorapatite accompagnée ou non d'un phosphate de fer et/ou d'alumine en faible quantité.
- La gangue principale est siliceuse : quartz en exogangue sous forme de ciment liant les éléments phosphatés mais aussi en endogangue ; l'exogangue serait plus ou moins abondante, alors que l'endogangue serait plus constante.

Les travaux sur l'enrichissement du phosphate de Kodjari ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- La réduction par concassage, broyage à 1mm, débourbage et deschlammage à 40 μ avec élimination des fines, si elle n'apporte que peu d'enrichissement en P₂O₅, permettrait une diminution de la teneur en Feral de 0,35 à 1% moyennant une perte en P₂O₅ de 30% environ.
- Les traitements par broyage différentiel ou choc thermique pourraient être testés sur des quantités plus importantes d'échantillons, en vue de l'obtention d'une meilleure sélectivité vis-à-vis de l'exogangue lorsque celle-ci est abondante.
- L'emploi comme phosphate moulu directement assimilable par les sols n'est pas évident, en raison des faibles solubilités citriques et formiques enregistrées (20 à 32%). Par comparaison, les phosphates tunisiens employés sous cette forme ont une solubilité citrique variant de 38 à 42% et une solubilité formique de 70 à 75%.

En résumé, les études d'enrichissement du minerai par voie classique ont abouti pratiquement à des résultats négatifs.

1.2.3.2.2. Aptitude du phosphate de Kodjari à la fabrication d'acide phosphorique

La principale caractéristique de l'échantillon étudié par CDF-Ingénierie est sa teneur élevée en silice (20,4%), fer et alumine (Feral 4,80%), ce qui représente un handicap sérieux pour la préparation d'acide phosphorique selon les procédés habituels de fabrication industrielle.

Parmi les inconvénients liés à la composition de ce phosphate, il faut citer :

1. Une diminution de la filtrabilité due au fer et à l'alumine : d'une part par précipitation de composés colloïdaux et d'autre part par augmentation de la viscosité de l'acide.
2. En ce qui concerne le rapport F/SiO₂, on notera un très large excès de la silice par rapport au fluor. Cependant, une grande partie de cette silice est sous forme de quartz non réactif et l'on retrouve dans l'acide la majeure partie (85%) du fluor mis en œuvre contre 3% seulement de la silice. On peut donc craindre une certaine corrosion due à la formation d'acide fluorhydrique au cours de l'attaque. Par contre, la faible teneur du phosphate en anhydride carbonique et en carbone organique limite les dangers de formation de mousse au cours de l'attaque.
3. Un risque d'abrasion dû à la présence importante de silice non réactive.
4. Un léger risque d'entartrage par formation de fluosilicates insolubles.

Les résultats du test de fabrication d'acide phosphorique montrent que le minerai correspondant à l'échantillon testé ne peut être utilisé tel quel pour la fabrication industrielle d'acide phosphorique. Son attaque par l'acide sulfurique conduit à un acide très riche en fer et en aluminium, visqueux et de filtrabilité médiocre.

La concentration de l'acide dilué en acide à 54% aboutit à un produit présentant des caractéristiques physico-chimiques incompatibles avec les conditions d'emploi réservées habituellement aux acides industriels de voie humide. Sa consistance très sirupeuse et sa teneur élevée en fer et aluminium (>8%) le rendent inapte à la fabrication d'engrais.

1.2.3.2.3. Aptitude du phosphate de Kodjari à la fabrication d'engrais superphosphates simples

Les essais de fabrication de superphosphate simple ont donné des résultats encourageants. Bien que l'on ne puisse prétendre à l'obtention d'un engrais de qualité supérieure, il semblerait toutefois que cette forme de valorisation d'un maximum de P₂O₅ en un produit directement utilisable, sans transformation complémentaire, présente un gros intérêt d'autant plus que la technologie de fabrication reste relativement simple.

1.2.3.2.4. Conclusions sur les travaux de recherche

Les conclusions tirées à l'issue des essais de fabrication d'acide phosphorique et de superphosphates simples se résumaient comme suit :

- la texture du minerai est telle que l'on n'arrive pas à assurer la libération des éléments phosphatés de la gangue, indispensable pour l'enrichissement ;
- les tests d'assimilation directe par le sol conduisent à des valeurs trop basses ;
- la fabrication d'acide phosphorique directement à partir de phosphate brut broyé s'est heurtée au problème d'un taux de Feral trop important qui conduit à des pertes inacceptables de P_2O_5 dans le gypse.
- La fabrication de superphosphates simples est possible et conduit à un produit acceptable en consommation locale, mais inacceptable sur le marché international par suite d'un taux de Feral trop élevé qui entraînera une rétrogradation de l'engrais.

1.2.3.3. Etude réalisée par le Groupement CIRAD-TIMAC

Le Burkina Faso, à travers son Ministère de l'agriculture et de l'élevage, a adressé le 13 mars 1987 une lettre au Ministère français de la coopération pour solliciter la réalisation d'une étude de préféabilité d'une unité de fabrication d'engrais à partir des phosphates de Kodjari. Cette requête a reçu une réponse favorable du Gouvernement français qui a mobilisé deux experts, Monsieur Binh TRUONGH et Christian FAYARD, provenant respectivement du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) et de la Société TIMAC. Ces deux experts ont séjourné au Burkina Faso du 8 au 24 juillet 1987 où ils ont rencontré de nombreuses personnes, structures publiques et parapubliques pour les besoins de leur étude. Ils ont mis au point un procédé performant de transformation des phosphates de Kodjari dénommé ECOFERT dont il sera question ci-dessous.

1.2.3.3.1. *Fabrication de superphosphate simple, d'acide phosphorique et de superphosphate triple à partir des phosphates de Kodjari*

Dans la recherche d'une solution optimale au traitement des phosphates de Kodjari en vue d'aboutir à des engrais améliorés, des tentatives de fabrication de superphosphate simple (SSP) et de superphosphate triple (TSP) ont été effectuées par l'IFDC, respectivement avec de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique.

C'est ainsi que pour fabriquer un SSP à partir du phosphate de Kodjari, il faudrait utiliser 42,71 kg d'acide sulfurique pour 100 kg de phosphate naturel de Kodjari. Le produit issu de ce traitement a les caractéristiques suivantes :

- Teneur en P_2O_5 total : 16,7%
- Solubilité dans l'eau : 3,9%
- Solubilité dans l'eau et dans le citrate : 9,4%
- Teneur en P_2O_5 assimilable : 56%

Si l'on considère la solubilité dans l'eau (3,9% seulement contre 17 à 18% pour les SSP classiques), on arrive à la conclusion que la qualité de ce superphosphate est médiocre.

Si l'on passe maintenant à la production d'acide phosphorique, il faut 60,25 kg d'acide sulfurique pour 100 kg de phosphate naturel de Kodjari. Là également on rencontre quelques difficultés : l'acide phosphorique produit contient des impuretés composées de fer et d'alumine (Feral) en proportion directe avec la composition du minerai qui dépassent nettement les normes admises des acides commerciaux. Cela s'explique par le fait que le minerai de phosphate de Kodjari contient au départ une teneur en fer et alumine de 6,50% selon l'analyse faite par IFDC.

Enfin, pour parvenir au superphosphate triple (TSP) il faut 117,31 kg d'acide phosphorique à 54% pour 100 kg de minerai de phosphate de Kodjari. Le TSP produit contient seulement 23,3% de P_2O_5 soluble dans l'eau contre 39 à 40% généralement que l'on rencontre généralement dans les engrais commercialisés.

La conclusion que l'on peut tirer est que le minerai de phosphate de Kodjari n'est pas adapté à la fabrication ni de superphosphate simple, ni d'acide phosphorique, ni de superphosphate triple. En d'autres termes, les méthodes conventionnelles de fabrication de superphosphate simple, d'acide phosphorique et de superphosphate triple ne peuvent être appliquées avec succès pour le traitement du minerai de phosphate de Kodjari. D'où la nécessité de recourir à des méthodes non conventionnelles. Et c'est cela qui justifie pleinement l'ensemble des études et travaux de recherche en vue de trouver le meilleur procédé de traitement de ce minerai. C'est ainsi que différents procédés ont été testés sous l'appellation générique d'attaque partielle dont un développement sera donné ci-dessous.

1.2.3.3.2. Concept de l'attaque partielle

A la différence de l'attaque complète qui permet d'aboutir directement à un superphosphate simple ou triple, l'attaque partielle se situe à un niveau intermédiaire de consommation d'acide sulfurique ou d'acide phosphorique. C'est ainsi que la qualité du produit généralement obtenu ne peut atteindre celle des superphosphates classiques. Mais il est bon de savoir que les produits obtenus à partir des attaques partielles présentent tout de même un intérêt agronomique et économique important s'ils sont utilisés dans des conditions optimales.

Les attaques partielles des phosphates naturels par des acides minéraux sont couramment pratiquées dans de nombreux pays pour plusieurs raisons :

- La qualité intrinsèque de certains minerais de phosphate est insuffisante pour justifier l'utilisation de méthodes conventionnelles de fabrication d'engrais phosphatés : faible teneur en P_2O_5 , présence d'éléments pénalisants tels que le Feral, etc.
- Les coûts d'importation élevés des acides minéraux et, par voie de conséquence, le prix de revient élevé des produits finaux qui réduisent les ambitions au plan industriel.

L'attaque partielle mérite d'être mieux comprise. Sur le plan agronomique, elle présente un grand intérêt pour les phosphates peu riches et difficiles à traiter par les voies conventionnelles.

Tout d'abord, l'attaque partielle permet de produire une partie solubilisée au sein du minerai de phosphate qui va créer un effet « starter » et faciliter la croissance initiale de la plante, et en particulier favoriser son meilleur enracinement dans le sol. Etant donné que le phosphore est très peu mobile dans le sol, la plante parvient progressivement, en développant son système racinaire, à intercepter et absorber les ions phosphates. Avec le temps, même la partie non attaquée au départ devient disponible et utilisable par la plante. Pour accroître l'effet « starter », il est important que le maximum de particules de phosphate soit partiellement solubilisé dès le départ. Cet aspect est à prendre en considération dans le choix du type d'attaque.

Ainsi, loin d'être une étape inachevée de la fabrication du superphosphate, l'attaque partielle en est plutôt une variante pouvant apporter des solutions intéressantes lorsqu'on dispose de minerai de phosphate difficile à traiter par les voies conventionnelles. L'attaque partielle a de meilleures chances de succès si au départ il y a un dialogue entre le fabricant et l'utilisateur pour caractériser les matières premières à utiliser et le type d'attaque à mener, identifier les blocages éventuels pouvant survenir lors de l'attaque et mieux évaluer les produits finis.

1.2.3.3.3. Attaque sulfurique

Le procédé CIRAD-TIMAC distingue trois phases principales dans l'attaque sulfurique :

- Phase de préparation des produits (broyage, dosage et mélange des produits solides, dosage, mélange, réchauffage et dilution des produits liquides) ;
- Phase de réaction, en continu ou en discontinu ;
- Phase de mise en forme (produit pulvérulent, semi-granulé, granulé ou compacté).

Pour mener l'attaque, le phosphate a été broyé à 80% en dessous de 80 μ et l'acide sulfurique dilué entre 53 et 67%. Les produits qui en sont issus avaient les caractéristiques suivantes :

Tableau 14 : Caractéristiques des produits issus de l'attaque sulfurique

N°	Kg d'acide pur pour 100kg de phosphate	Taux d'attaque par rapport au SSP	P ₂ O ₅ total %	P ₂ O ₅ soluble dans l'eau	P ₂ O ₅ soluble dans eau et citrate	P ₂ O ₅ assimilable
1	12,4	29	24,04	4,13	5,51	23
2	18,6	43	21,24	4,20	7,14	33
3	25,1	58	20,66	6,15	8,32	40
4	27,9	65	20,20	6,94	9,84	49

Source : Truongh B., Fayard C., 1987

Par taux d'attaque, il faut comprendre le pourcentage d'acide utilisé par rapport à la quantité nécessaire pour fabriquer le super simple (42,71 kg de H₂SO₄ pur pour 100kg de phosphate de Kodjari). Le P₂O₅ assimilable est le rapport entre le P₂O₅ soluble dans l'eau et le citrate et le P₂O₅ total.

A l'issue de la mise en œuvre du procédé de fabrication, il a été effectué une analyse minéralogique et cristallographique des produits finis qui indiquait :

- une bonne attaque de l'apatite, entre 25 et 35%;
- une faible néoformation de phosphate monocalcique remplacé par un phosphate de fer hydraté ;
- une forte présence de sels de calcium, en particulier de l'anhydrite hemi-hydraté qui bloque une partie du phosphore solubilisé.

La faible quantité de phosphate monocalcique formée et la forte présence d'anhydrite constituent des inconvénients majeurs pour une utilisation optimale du phosphore par la plante. La conclusion que l'on peut tirer est que l'attaque de ce type de phosphate par l'acide sulfurique seul n'est pas du tout indiquée. D'autres pistes doivent être explorées.

1.2.3.3.4. Attaque phosphorique

Les conditions de l'attaque phosphorique sont analogues à celles de l'attaque sulfurique, sauf que la nature de l'acide change.

Les matières premières employées ont été les suivantes :

- phosphate naturel : 100kg
- acide phosphorique à 53% : 14kg
- eau : 6kg
- taux d'attaque par rapport au super triple : 12%

Avec cette attaque, on arrive à un produit fini ayant les caractéristiques ci-après :

- P_2O_5 total : 28,12%
- P_2O_5 soluble dans l'eau : 6,44%
- P_2O_5 soluble dans eau et citrate : 8,77%
- P_2O_5 assimilable/ P_2O_5 total : 31,00%.

Le résultat obtenu indique la formation de phosphate monocalcique en quantité importante, l'absence d'anhydrite et seulement un peu de phosphate de fer hydraté. A ce stade, on peut noter que l'attaque phosphorique est plus intéressante que l'attaque sulfurique.

1.2.3.3.5. Attaque mixte

L'attaque mixte fait intervenir à la fois l'acide sulfurique et l'acide phosphorique en vue d'avoir de meilleurs effets. Elle a été effectuée avec les matières premières ci-après :

- phosphate naturel : 100kg
- acide sulfurique à 93% : 8,33kg
- acide phosphorique à 53% : 21,66kg
- taux d'attaque par rapport au SSP : 18%
- taux d'attaque par rapport au TSP : 18%

Le produit fini présentait les caractéristiques suivantes :

- P_2O_5 total : 29,02%
- P_2O_5 soluble dans l'eau : 11,68%
- P_2O_5 soluble dans eau et citrate : 14,60%
- P_2O_5 assimilable/ P_2O_5 total : 50,00%

L'attaque mixte est plus intéressante dans la mesure où elle donne les meilleurs résultats en P_2O_5 total et soluble.

L'analyse minéralogique indique une formation de phosphate monocalcique en quantité importante, et très peu de sels de calcium et de phosphate de fer.

L'étude de solubilisation en continu dans l'acide formique à 2% a montré que le produit de l'attaque mixte se démarquait nettement des autres produits, par une solubilisation de P très importante au cours des premières minutes (32% du P_2O_5 total).

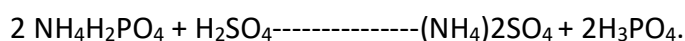
1.2.3.3.6. Attaque complexe

Avant d'aborder l'attaque complexe proprement dite, il faut rappeler que les produits obtenus à partir de l'attaque mixte donnaient les meilleurs résultats sur le plan de la solubilité et des rendements agronomiques, surtout en présence d'ions ammonium.

Seulement, il faut savoir qu'il est très difficile de réaliser des attaques phosphoriques à petite échelle en utilisant de petites installations en raison du coût d'acquisition élevé de l'acide phosphorique, et des problèmes liés à son transport et à son stockage.

Pour contourner ces problèmes, il est possible de reconstituer l'acide phosphorique à partir d'autres produits et en présence de l'ammonium. Or, il existe sur le marché des engrais des produits banalisés tels que les phosphates monoammoniques (MAP) ou les phosphates diammoniques(DAP) pouvant répondre à ces conditions. En outre, ces produits peuvent être acquis à des prix très peu élevés. Etant solides, leur transport et leur entreposage peuvent se faire plus facilement et à faible coût.

Dans son principe, l'attaque complexe fait intervenir dans une première étape, l'eau, le MAP et l'acide sulfurique (eau + MAP + H₂SO₄) de manière à satisfaire l'équation chimique suivante :



On constate que pour 1 quantité de H₂SO₄, on obtient 2 quantités de H₃PO₄.

Dans une seconde étape, ce mélange est alors additionné au phosphate naturel à attaquer. Au terme de ce processus, les produits obtenus avaient les caractéristiques ci-après :

Tableau 15 : Attaque complexe (emploi de matières pour 100kg de phosphate naturel)

N°	H ₂ SO ₄ pur MHS kg	MAP kg	Tensio- actif	Eau kg	Acide Phosphate	% attaque par rapport au SSP
BF 1	20,21	33,3	Trace	13,1	0,20	47
BF 2	10,18	16,6	Trace	7,2	0,10	23

Source:Truong B., Fayard C., 1987

Tableau 16: Attaque complexe (caractéristiques des produits)

N°	P ₂ O ₅ total (%)	Solubilité eau en % du P ₂ O ₅ total		Solubilité formique en % du P ₂ O ₅ total		
		½ h	2h	1mn	2mn	2h
BF 1	27,80	13,8	41,1	37,7	40,3	53,4
BF 2	26,40	9,0	38,6	35,8	37,8	44,6

Source : Truong B., Fayard C., 1987

A l'analyse, on pouvait faire les constats suivants :

- la solubilité du produit BF1 n'est pas en rapport avec les quantités d'acide et de MAP utilisées. En effet, au cours des 2 premières minutes cette solubilité est inférieure à celle devant provenir du MAP ;

- Par contre pour le produit BF2 il y a un gain important de solubilité par rapport à celle devant provenir du MAP. En outre, il contient très peu de sulfates de calcium et pas du tout de phosphate de fer. Ce qu'il faut en retenir est qu'une attaque modérée permet de conserver le bénéfice des effets de l'acide et du MAP tout en évitant la production en trop grandes quantités de composés pénalisants.

Pour terminer, la mise en œuvre de ce procédé a permis d'aboutir à la fabrication d'un produit de base proche du BF2 en utilisant les matières ci-après :

- Phosphate naturel : 81,7kg
- MAP : 13,6
- H₂SO₄ à 96% : 8,6

Le produit fini avait les caractéristiques suivantes :

- P₂O₅ total : 26,5%
- P₂O₅ soluble dans l'eau : 9,8
- P₂O₅ soluble dans l'eau et le citrate : 10,2
- N : 1,5
- S : 3,2
- CaO : 27,3
- H₂O : 2,5

Ce produit de base contenait déjà un peu d'azote (N) et de soufre (S), et beaucoup de calcium (Ca) apportant en unités fertilisantes :

- P₂O₅ + N = 28
- P₂O₅ + N + S = 31

Il a reçu l'appellation de *Phosphate partiellement solubilisé contenant de l'azote et du soufre*, en abrégé **NSPP**. Sa formule est ainsi qu'il suit :

1,5 N – 26,5 P ₂ O ₅ – 3,2 S
--

1.2.3.3.7. Synthèse

En vue de permettre une comparaison entre les différents types d'attaques et les produits qui en sont issus, nous donnons au tableau N° 17 les principaux résultats.

Tableau 17 : Comparaison des résultats des différentes attaques

Types d'attaque	Kg d'acide pour 100kg de phosphate	P ₂ O ₅ total %	P ₂ O ₅ soluble dans l'eau %	P ₂ O ₅ soluble dans eau et citrate %	P ₂ O ₅ assimilable %	P ₂ O ₅ soluble eau et citrate par kg d'acide
Attaque sulfurique :						
- à 29%SSP	12,4	24,04	4,13	5,51	23	0,44
- à 43%SSP	18,6	21,24	4,20	7,14	33	0,38
- à 58%SSP	25,1	20,66	6,15	8,32	40	0,33
- à 65% SSP	27,9	20,20	6,94	9,84	49	0,35
Attaque phosphorique à 12% TSP	14,0	28,12	6,44	8,77	31	0,62
Attaque mixte à 18%SSP et 18%TSP	28,7	29,02	11,68	14,60	50	0,51
Attaque complexe :						
- à 47% SSP	20,2	27,80	13,81	16,04	57	0,79
- à 23% SSP	10,1	26,40	9,00	10,80	41	1,06

Source : Truong B., Fayard C., 1987

La synthèse de ces études a permis d'aboutir à la conclusion suivante : les attaques mixte et complexe donnent les solubilités dans l'eau les plus élevées, ce qui permet au phosphate partiellement solubilisé d'avoir un effet immédiat et perceptible. Mais en termes d'économie d'acide, c'est l'attaque complexe à faible dose qui donne le meilleur rapport phosphore soluble/quantité d'acide utilisée.

1.2.3.3.8. Option industrielle

La production d'un engrais de type NSPP peut être envisagée à l'échelle industrielle. C'est ainsi que les auteurs de cette étude ont retenu une option industrielle visant deux objectifs essentiels :

1. Fabriquer un engrais phosphaté économique et efficace à partir du minerai de phosphate de Kodjari partiellement solubilisé, en utilisant des techniques simples et flexibles ;
2. Formuler et ensacher des produits finis adaptés aux besoins des cultures, dans de petites installations (bulk-blendings) situées à proximité des zones d'utilisation et de moyens de distribution.

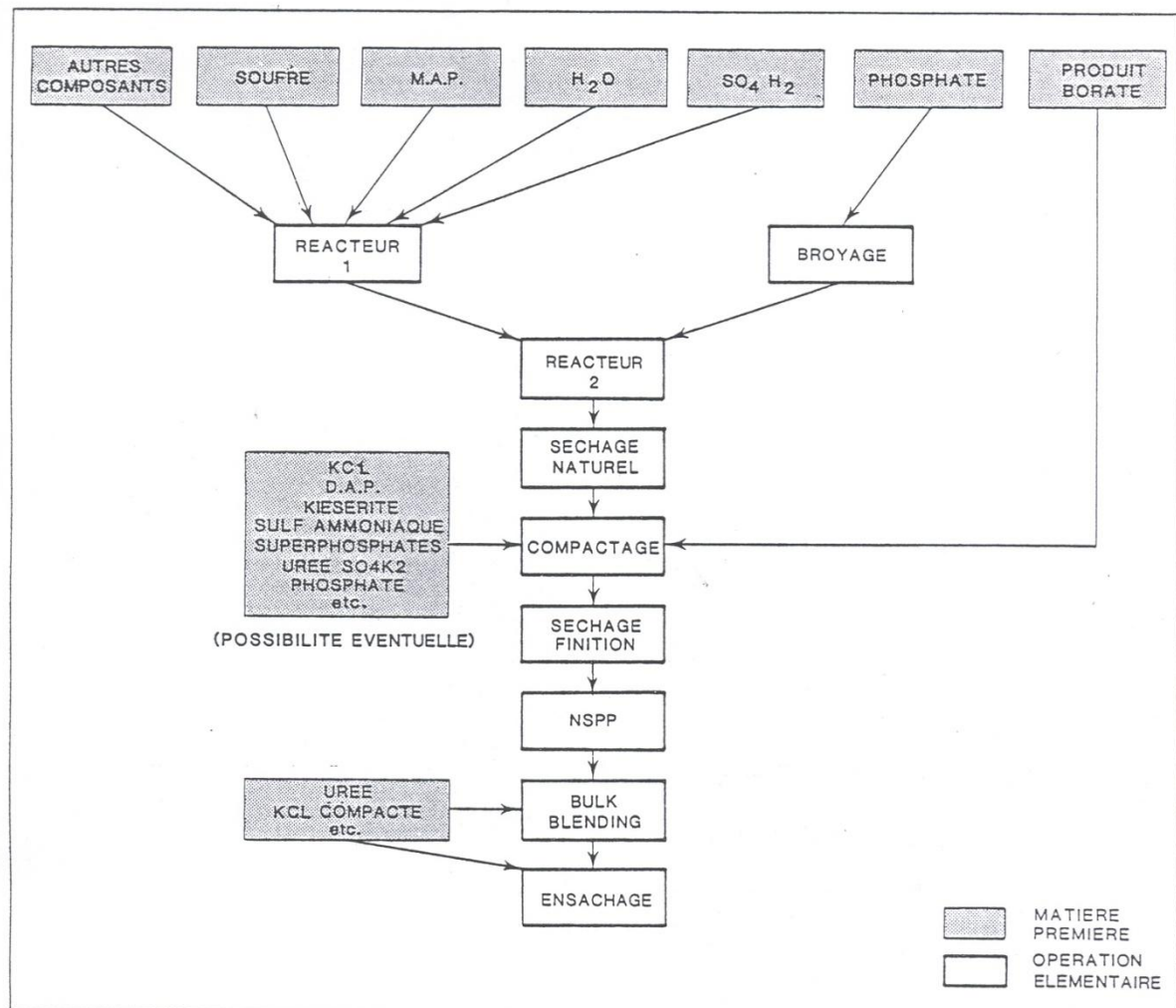
Un tel choix présentait de nombreux avantages :

- Réduction des coûts logistiques ;
- Exploitation au maximum de produits banalisés et disponibles sur le marché international (urée, KCl compacté, MAP, acide sulfurique, etc.) ;
- Utilisation au maximum des ressources nationales ;

- Recherche d'une valeur ajoutée maximale au niveau national par la réalisation dans le pays des opérations de stockage, de production, d'ensachage, de transport ;
- Mise à disposition du paysan d'un produit économique et parfaitement adapté aux besoins des cultures ;
- Réduction des contraintes liées aux fluctuations du marché des engrais ;
- Réduction de la dépendance du Burkina Faso vis-à-vis du marché extérieur pour son approvisionnement en engrais ;
- Développement au niveau national d'une expertise industrielle.

Le schéma industriel adopté était comme suit :

Figure 5 : Schéma de la fabrication (procédé ECOFERT)



Source : Truonh B., Fayard C., 1987

Sur le plan pratique, les lieux de production ont été répartis sur le territoire national pour obtenir les meilleures conditions d'approvisionnement, de production et de transport :

- Le site de Kodjari : ce site serait le lieu d'extraction et de concassage du minerai ;
- Le site de Koupéla : il abriterait l'unité de production : broyage, attaque partielle, compactage pour fournir le NSPP ;
- Les sites de Koupéla, Ouagadougou, Koudougou, Bagassi, Bobo-Dioulasso et Banfora : ils seraient les lieux de mélange et d'ensachage et de centres de distribution des engrais formulés dans leur zone d'influence respective. Ils sont tous situés sur le principal axe routier du pays.
- Le port de Lomé : ce port serait le lieu de stockage de l'acide sulfurique, du MAP et du soufre ;
- Le port d'Abidjan : à ce port seraient stockés l'urée et le KCl compacté.

Pour l'implantation des ateliers de mélange (bulks), deux solutions ont été étudiées :

1. Ateliers à Koupéla, Koudougou, Bobo : cette solution paraît sur le développement de la région Est du pays et a l'avantage de coupler les ateliers de mélange avec l'usine de base de Koupéla et les usines de la SOFITEX à Koudougou et à Bobo ;
2. Ateliers à Ouagadougou, Bagassi, Banfora : cette solution, plus équilibrée par rapport à la consommation d'engrais à l'époque, visait à décongestionner Bobo en faveur de Bagassi et surtout Banfora où la Nouvelle Société sucrière de la Comoé (SNSOSUCO) offre des facilités très appréciables : énergie, ateliers de réparation, gestion commune, etc.

En définitive, le choix définitif à faire serait fonction :

- des facilités de distribution ;
- de la réduction au minimum des coûts des investissements, et
- des possibilités de coopération avec les industries existantes.

1.2.3.4. Etude réalisée par la société SOFRECO

La Direction générale de l'Autorité de développement intégré de la région du Liptako-Gourma (ALG) a confié à SOFRECO la réalisation d'une étude de mise en valeur des phosphates naturels disponibles dans cette région. La région du Liptako-Gourma est un espace géographique et économique qui couvre une zone commune aux trois pays qui sont le Burkina Faso, le Mali et le Niger.

Cette étude intitulée « Etude d'un projet régional de production d'engrais phosphaté pour la région du Liptako-Gourma » a été financée par le Fonds de coopération, de compensation et de développement de la Commission économique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO). Réalisée en deux phases, elle s'est basée sur quatre minerais de phosphates :

- Burkina Faso : minerais de phosphate de Kodjari ;
- Mali : minerais de phosphate de la vallée du Tilemsi ;
- Niger : minerais de phosphate de Tahoua et du Parc du W.

Seuls ces minerais étaient considérés à l'époque comme susceptibles d'être utilisés dans la perspective d'une fabrication d'engrais phosphatés.

Quant aux procédés industriels de fabrication, deux ont été retenus :

- L'attaque sulfurique partielle permettant de produire un engrais phosphaté simple ;
- L'attaque d'un mélange de minerais de phosphate avec des déchets organiques par les oxydes d'azote pour aboutir à un engrais organo-minéral binaire N-P.

Les résultats obtenus avec le phosphate de Kodjari étaient intéressants, car ils indiquaient que le P_2O_5 issu de l'utilisation des procédés susmentionnés avait une solubilité de :

- 62,1% dans l'eau et 76,8% dans l'acide formique avec l'attaque aux gaz nitreux ;
- 28,4% dans l'eau et 42,6% dans l'acide formique avec l'attaque sulfurique partielle, l'acide sulfurique étant dosé à 70% (SOFRECO).

1.2.3.5. Etude réalisée par la société ATFER

La société ATFER, basée en France a également été sollicitée par les autorités burkinabè en 1986 pour se pencher sur la valorisation du gisement de phosphate de Kodjari dans le sens de la réalisation d'une étude devant déboucher sur un investissement industriel. Les hypothèses de base ont porté essentiellement sur la réalisation d'une unité de fabrication d'engrais granulés binaires composés de phosphore et de potasse (engrais de type PK) avec un niveau de production pouvant atteindre 56 250 tonnes par an.

Les matières premières proviendraient :

- du phosphate de Kodjari à extraire et à broyer ;
- des produits importés tels que l'acide sulfurique, le chlorure de potassium et la boracine.

Les types d'engrais à fabriquer étaient supposés aller du phosphate brut partiellement acidulé (PAPR) jusqu'à tous les équilibres PK souhaités. Il était même prévu que la production puisse viser aussi des petites quantités.

Une fois fabriqués, les engrais seraient livrés après ensachage.

Dans sa conception, l'usine à installer devait comporter les installations fixes suivantes :

- le déchargement et le stockage du phosphate ;
- l'unité de concassage et de broyage du phosphate ;
- l'unité de fabrication du PAPR ;
- l'unité de fabrication de PK granulés ;

- l'unité d'ensachage;
- le stockage des matières premières et des produits finis ;
- le poste de transformation électrique ;
- le laboratoire ;
- l'atelier d'entretien ;
- le magasin général ;
- les vestiaires ;
- les bureaux administratifs ;
- le poste de gardiennage.

Une telle usine réunit les principales fonctions nécessaires à son bon fonctionnement : fabrication, entretien, contrôle et gestion. Le délai de construction de l'usine a été estimé entre 10 et 11 mois. Si l'on tient compte de la livraison du dernier équipement, la construction et la mise en route de l'usine prendraient environ 15 mois.

L'analyse économique et financière a révélé que cette option industrielle était intéressante.

1.2.4. Evaluation agro-économique

1.2.4.1. Evaluation agronomique

1.2.4.1.1. *Evaluation des effets annuels des phosphates naturels et des phosphates améliorés*

Une évaluation des effets annuels des phosphates naturels et des phosphates améliorés a été faite des essais agronomiques réalisés par le Projet Engrais vivriers susmentionné.

Les paragraphes ci-dessous décrivent les protocoles et les conditions d'essais et analysent les résultats par culture obtenus durant les campagnes 1989, 1990 et 1991.

a) Protocole d'essai

Tableau 18 : Quantité d'éléments nutritifs utilisés dans les tests en milieu paysan du Projet Engrais Vivriers.

Série I Traitement	Zone A			Zone B			Zone C		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Témoin	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. BP	30	50	7	34	50	11	38	50	15
3. PPS	30	11,5	7	34	15	11	37	20	15
4. Compl. Coton	30	11,5	7	34	17	10	37	23	15

(Source : Lompo F., 1995)

b) Essais sur rotation coton - Maïs

Traitements	Cotonnier				Maïs			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
Témoin	0	0	0	0	0	0	0	0
Urée seule	23	0	0	0	46	0	0	0
PPS	51	34	21	9	60	23	14	6
Engrais coton	51	34	21	9	60	23	14	6

c) Essais sur rotation arachide-sorgho

Traitements	N	P ₂ O ₅	S
Témoin	0	0	0
PPN	10	20	11
PPS	10	20	11
TSP	10	20	11

d) Essais sur riz

Traitements	N	P ₂ O ₅	S
Témoin	60	0	30
PPN	60	60	30
PPS	60	60	30
TSP	60	60	30

→ Résultats sur le sorgho

Ces résultats sont présentés au tableau N° 19 ci-dessous :

Tableau 19 : Synthèse des résultats sur le sorgho en milieu paysan (3 campagnes, 127 sites)

Années traitements	1989		1990		1991		Moyenne	
	Rdt grain kg/ha, 29 sites	Coef. eff. %	Rdt grain kg/ha, 30 sites	Coef. eff. %	Rdt grain kg/ha, 68 sites	Coef. eff. %	Rdt grain kg/ha, 29 sites	Coef. eff. %
Témoin absolu	1022		773		642		812	
BP	1422	112	989	40	873	52	1095	63
BPA	1305	79	1133	67	1020	85	1153	76
NPK	1380	100	1314	100	1085	100	1260	100
Marge BPA/témoin	28 %		47 %		59 %		42 %	

Source : Bikienga I.M., Hien V., Youl S., Sanou K., Traoré O., 1992

L'analyse statistique des résultats porte sur les trois campagnes qui totalisent 127 sites. La réponse de cette céréale à la fertilisation minérale est nette dans les différentes situations agro-climatiques (zone et année). Les coefficients d'efficacité agronomique des formules à base du BP et du BPA varient en fonction de la zone climatique et de l'année. Le coefficient agronomique moyen de BPA est de 76 %. Par rapport au témoin sans engrais, la formule avec BPA permet une marge de productivité de 42 %, (tableau 19) c'est-à-dire qu'avec cette formule, on double presque la productivité par rapport à une culture sans engrais. En 1989, la faible marge de productivité de 28 % est liée à la fertilité naturelle de deux sols non représentatifs par rapport à l'ensemble de la zone concernée.

Dans ces conditions, la formule avec BP se montre supérieure au BPA et même légèrement supérieure au NPKS. Ce résultat indique que le phosphate brut est mieux valorisé, pour des sols fertiles à teneurs élevées en argile.

→ Résultats sur le mil

L'analyse des résultats pour les trois campagnes se rapporte à 52 sites. Les résultats sont donnés au tableau 20.

Tableau 20 : Synthèse des résultats sur le mil en milieu paysan (3 campagnes, 52 sites)

Années traitements	1989		1990		1991		Moyenne	
	Rdt grain kg/ha	Coef. eff. %	Rdt grain kg/ha	Coef. eff. %	Rdt grain kg/ha	Coef. eff. %	Rdt grain kg/ha	Coef. eff. %
Témoins abs.	483		692		451		542	
BP	696	60	861	50	611	57	723	55
BPA	627	41	972	82	673	77	757	66
NPK	837	100	1032	100	737	100	869	100
Marge BPA/témoin	30 %		40 %		49 %		40 %	

Source : Bikienga I.M., Hien V., Youl S., Sanou K., Traoré O., 1992

D'après ces résultats, la réponse du mil aux trois formules évaluées est nette mais plus limitée, comparativement à celle du sorgho. En moyenne, les trois formules à base de BP, BPA et NPKS sont supérieures au témoin sans engrais, mais ne sont pas significativement différentes entre elles. Les coefficients d'efficacité agronomique du BP et du BPA sont inférieurs à ceux obtenus avec le sorgho mais dépassent 50 %. La marge de production du BPA par rapport au témoin est de 40 % (tableau 20) dans les conditions écologiques des trois dernières campagnes agricoles où les rendements grain quelle que soit la formule, sont généralement en dessous de 1 000 kg/ha. Dans ces conditions, la formule avec BP, la moins coûteuse semble être intéressante.

→ Résultats sur le maïs

Ces résultats sont synthétisés au tableau 21. L'analyse porte sur 50 sites où ont été réalisés les tests durant les trois campagnes.

Tableau 21 : Synthèse des résultats sur le maïs en milieu paysan (3 campagnes, 50 sites)

Années traitements	1989		1990		1991		Moyenne	
	Rdt grain kg/ha	Coef. eff. %	Rdt grain kg/ha	Coef. eff. %	Rdt grain kg/ha	Coef. eff. %	Rdt grain kg/ha	Coef. eff. %
Témoins abs.	487		1450		1123		1020	
BP	1220	92	2321	89	1735	57	1759	79
BPA	1158	84	2005	57	1984	80	1716	74
NPK	1286	100	2432	100	2201	100	1973	100
Marge BPA/témoin	138 %		38 %		77 %		68 %	

Source : Bikienga I.M., Hien V., Youl S., Sanou K., Traoré O., 1992

D'après ces résultats, la réponse du maïs aux trois formules évaluées est nette, mais il n'y a pas de différence significative entre elles. Les coefficients d'efficacité agronomique sont supérieurs à ceux obtenus avec les autres céréales, (sorgho, mil). En moyenne, celui du BP est supérieur à celui du BPA indiquant que la formule avec le phosphate brut est en moyenne plus efficace que celle à base du BPA.

➔ Résultats en riziculture irriguée

Les résultats obtenus en riziculture irriguée sont récapitulés au tableau 22 ci-dessous :

Tableau 22 : Récapitulatif des résultats des trois campagnes rendements en kg/ha paddy Vallée du Kou (irriguée)

	S.H.88	S.S.89	S.H.89
1. Témoin absolu	3524	1175	581
2. Témoin NKS	4975	944	1020
3. BP 30 kg/ha P ₂ O ₅	5122	1216	1023
4. BP 60 kg/ha P ₂ O ₅	5131	1461	1214
5. BP 90 kg/ha P ₂ O ₅	4807	1817	1133
6. BP 120 kg/ha P ₂ O ₅	4519	1846	1240
7. BP 240 kg/ha P ₂ O ₅	5036	1702	928
8. BPA 60 kg/ha P ₂ O ₅	5157	1177	1568
9. BPA 90 kg/ha P ₂ O ₅	4493	1660	1030
10. TSP 30 kg/ha P ₂ O ₅	4634	1726	1676
11. TSP 60 kg/ha P ₂ O ₅	4979	1390	1389
12. TSP 90 kg/ha P ₂ O ₅	4556	1707	1268
C.V. %	6	18,1	32,4
Test	H.S.	H.S.	S
ppds à 5 %	406 kg	628 kg	546 kg

Source : Bikienga I.M., Hien V., Youl S., Sanou K., Traoré O., 1992

S.H.	= saison humide
S.S.	= saison sèche
BP	= Burkinaphosphate
BPA	= Burkinaphosphate amélioré
TSP	= triple superphosphate

Pour comparer les phosphates entre eux, il a été calculé leur efficacité agronomique relative (EAR) par rapport au super phosphate triple.

$$E.A.R. = \frac{\text{Rendement du BP ou du BPA} - \text{Rendement du témoin}}{\text{Rendement du TSP} - \text{rendement du témoin}} \times 100$$

Les résultats du tableau 21 montrent que, par rapport au super phosphate, le Burkinaphosphate a très peu d'effet quand il est appliqué à faible dose. A la dose de 30 kg/ha de phosphore, il est beaucoup moins efficace que le TSP (saison sèche 89). Mais son action se renforce avec le temps.

Par contre, aux doses fortes de phosphore (90 kg/ha P_2O_5), il est presque aussi efficace que le TSP et quelquefois supérieur à ce dernier (saison sèche 1989).

Les analyses de sols ont permis de compléter l'interprétation et de conclure que le Burkinaphosphate est beaucoup plus adapté aux sols hydromorphes acides. Il peut être utilisé à la dose de 500 kg/ha en fumure de fond, complétée les années suivantes par une fumure annuelle de 200 kg/ha.

L'acidulation partielle du produit n'est pas nécessaire pour ces sols.

→ **Résultats en riziculture pluviale**

Les résultats sont regroupés au tableau 23. Les rendements enregistrés au cours des deux campagnes sont très élevés pour le riz pluvial (3 t/ha en moyenne pour la première campagne et 2 t/ha pour la deuxième année). Les phosphates ont eu en première comme en deuxième année, des effets très remarquables sur la production du riz.

Le calcul du coefficient d'efficacité des phosphates par rapport au super phosphate triple (EAR) comme précédemment, montre (tableau 23) que :

- En première année :

Le Burkinaphosphate est aussi efficace que le super phosphate triple et même meilleur que ce dernier quand ils sont tous deux appliqués à la dose de 60 kg/ha de phosphore.

- En deuxième année :

Son efficacité se renforce et devient nettement plus élevée que celle du super phosphate triple quand ils sont tous deux utilisés à des doses inférieures à 90 kg/ha de phosphore.

Au-delà de cette dose, l'efficacité du Burkinaphosphate tend à diminuer.

Le phosphate partiellement acidulé paraît beaucoup moins efficace que le super phosphate triple et le Burkinaphosphate brut.

Tableau 23 : Effet des phosphates sur les rendements (kg/ha paddy) en sol ferralitique Farako-Bâ)

	S.H.88	S.S.89
1. Témoin absolu	1311	1240
2. Témoin NKS	2533	1643
3. BP 30 kg/ha P ₂ O ₅	2735	2269
4. BP 60 kg/ha P ₂ O ₅	3301	2562
5. BP 90 kg/ha P ₂ O ₅	3014	2387
6. BP 120 kg/ha P ₂ O ₅	2934	1802
7. BP 240 kg/ha P ₂ O ₅	3409	2198
8. BPA 60 kg/ha P ₂ O ₅	3049	2053
9. BPA 90 kg/ha P ₂ O ₅	3316	2444
10. TSP 30 kg/ha P ₂ O ₅	2799	2065
11. TSP 60 kg/ha P ₂ O ₅	3054	1593
12. TSP 90 kg/ha P ₂ O ₅	3128	2471
C.V. %	10,1	22,3
Test	H.S.	H.S.
ppds à 5 %	149 kg	660 kg

Source : Bikienga I.M., Hien V., Youl S., Sanou K., Traoré O., 1992

BP = Burkinaphosphate
TSP = triple superphosphate
BPA = Burkinaphosphate amélioré
HS = Hautement significatif

Tableau 24 : Efficacité relative du Burkinaphosphate par rapport au TSP en sol ferralitique - Farako-Bâ

P ₂ O ₅ kg/ha	Burkinaphosphate		B.P acidulé		TSP
	1988 (%)	1989 (%)	1988 (%)	1989 (%)	(%)
30	95,6	124,6	-	-	100
60	114,1	137	99,7	84,2	100
90	93,7	78,2	110,4	82,2	100

Source : Bikienga I.M., Hien V., Youl S., Sanou K., Traoré O., 1992

L'ensemble de ces résultats a permis de conclure de manière générale que le Burkinaphosphate est très efficace en sol faiblement ferralitique acide sur riz pluvial. Il est aussi efficace que le super phosphate triple et son acidulation partielle ne serait pas nécessaire pour la riziculture pluviale.

La dose optimale à appliquer pour relever le niveau de la carence phosphatée de ce sol est de 600 kg/ha pour le riz. Après cet apport de base, une fumure annuelle apportant 300 kg/ha de Burkinaphosphate serait bien adaptée pour les années suivantes.

→ **Résultats en zone cotonnière**

Toujours dans le cadre du Projet Engrais Vivriers, des essais ont été mis en place en zone cotonnière (ou zone SOFITEX) et en zone arachidière (ou zone SOFIVAR). Les résultats sont indiqués respectivement aux tableaux 25 et 26.

Tableau 25 : Résultats en zone cotonnière (Houndé, rotation coton – maïs)

(Source : Lompo F., 1995)

a) Essai fertilisation sur coton, rendement en kg/ha

Traitements	1988 11 essais	1989 8 essais	Moyenne 19 essais	Coef. eff. Agro. %
Témoin absolu	1271	833	1086	
Urée seule	1315	987	1176	18
NPK avec PPS	1617	1341	1500	85
NPK engrais coton	1693	1409	1573	100

b) Essai fertilisation sur maïs, rendement en kg/ha

Traitements	1988 11 essais	1989 8 essais	Moyenne 19 essais	Coef. eff. Agro. %
Témoin absolu	2469	2260	2381	
Urée seule	3255	2698	3020	44
NPK ave PPS	3740	3344	3573	83
NPK engrais coton	3852	3760	3813	100

Tableau 26: Rotation arachide-sorgho

a) Rendement en arachide en 1989 et 1990

Traitements	Essais en milieu paysan 20 champs		Essais de confirmation 10 champs		Coef. moyen %
	Kg/ha	Coef. %	Kg/ha	Coef. %	
Témoin absolu	780		980		
NP avec PN	920	38	1090	29	33
NP avec PPS	1020	67	1258	81	74
NP avec TSP	1140	100	1350	100	100

b) Rendement en sorgho en 1989 et 1990

Traitements	Essais en milieu paysan - 20 champs	
	Kg/ha	Coef. %
Témoin absolu	320	
NP avec PN	420	31
NP avec PPS	540	69
NP avec TSP	640	100

De façon globale, ces tests en milieu paysan montrent que l'acidification partielle améliore de façon importante les coefficients d'efficacité agronomique. Ceci confirme l'intérêt de cette technologie déjà prouvée en milieu contrôlé et en station de recherche.

1.2.4.1.2. Evaluation des effets résiduels des phosphates naturels et des phosphates améliorés

Dans certaines situations agro-écologiques, les phosphates naturels n'ont pas d'effet immédiat extraordinaire en fumure annuelle. Cela s'explique par leur faible réactivité chimique mise en évidence lors de la caractérisation minéralogique et chimique.

Sur une longue période, les phosphates naturels ou partiellement solubilisés révèlent leur efficacité agronomique. Ce phénomène a pu être étudié à travers des essais de longue durée.

Les arrières-effets des phosphates naturels bruts ou partiellement solubilisés ont été étudiés en station. Ainsi à Gampéla, un dispositif d'expérimentation mis en place de 1981 à 1983 a permis de montrer (tableau 27) que :

La dose annuelle de 30 P_2O_5 /ha de PPS procure des rendements très intéressants pour le sorgho, l'arachide et le coton avec les coefficients d'efficacité agronomique (CEA) suivants :

- sorgho : 37 % en 1981 ; 108 % en 1982 et 77 % en 1983,
- arachide : 101 % en 1981 et 326 % en 1982,
- coton : 104 % en 1981, 85 % en 1982 et 162 % en 1983.

Tableau 27 : Effets et arrières effets des phosphates naturels partiellement solubilisés (Gampéla/Centre)

	1981				1982				1983			
	Sorgho	Arachide	Mil	Coton	Sorgho	Arachide	Mil	Coton	Sorgho	Arachide	Mil	Coton
Témoin absolu	970	1531	349	958	492	1337	211	426	566	699	258	641
Témoin NK	1086	1539	421	1203	583	1364	275	588	447	797	312	672
PPS annuel P ₂ O ₅ /ha la 1 ^{ère} année seulement	1320	2270	571	1347	1750	1563	691	1072	1405	1082	452	1178
PPS 60 P ₂ O ₅ /ha la 1 ^{ère} année seulement	2211	2362	470	1641	1063	1480	561	856	1050	930	509	680
PPS 120 P ₂ O ₅ /ha la 1 ^{ère} année seulement	2062	2507	490	1436	1244	1322	618	1037	1100	659	529	907

Source : Lompo F., 1995

- La dose unique de 60 P₂O₅/ha de PPS présente des arrières effets intéressants en 2^e et 3^e années et représentant environ 48 % des rendements sorgho de l'année d'apport ;
- Il en est de même de l'apport de 120 P₂O₅/ha une seule fois, les arrières effets sur sorgho sont respectivement de 60 % et 53 % les 2^e et 3^e années par rapport au rendement de l'année d'apport.

Les arrières-effets avec les phosphates naturels sont donnés dans le tableau 28. On constate que :

- Sur sorgho, les arrières effets sont les suivants :
 - Dose de 120 P₂O₅/ha : 136 % en 1^{ère} année et 146 en 2^e année ;
 - Dose de 240 P₂O₅/ha 101 en 1^{ère} année et 210 % en 2^e année.

Tableau 28 : Effets directs et arrières effets de phosphatage de fond avec les phosphates naturels sur les cultures (Gampéla/Centre)

		SURPLUS DE RENDEMENT PAR RAPPORT AU TEMOIN + N							
		Sorgho		Mil		Arachide		Coton	
		Kg/ha	% par rapport à 1981	Kg/ha	% par rapport à 1981	Kg/ha	% par rapport à 1981	Kg/ha	% par rapport à 1981
1981	120 P ₂ O ₅ /ha	+ 450	100	+ 148	100	546	100	+ 118	100
	240 P ₂ O ₅ /ha	+ 760	100	+ 198	100	661	100	+ 339	100
1982	-	+ 611	136	+ 191	129		-	+ 180	153
	-	+ 768	101	+ 363	183		-	+ 458	135
1983	-	+ 656	146	+ 182	+ 123		-	+ 164	139
	-	+ 946	210	+ 122	62	+ 133	20	+ 409	121
1984	-			+ 335	226	+ 2	0		
	-			+ 385	194		-		

Source : Lompo F., 1995

Le tableau 29 suivant présente les arrières effets sur maïs d'un phosphatage de fond réalisé à Farako-Bâ. Il en ressort qu'après 4 années, les arrières effets varient entre 96 et 58 % des effets directs du phosphatage ; ils ne sont que du ¼ à partir de la 6^e année après le phosphatage de fond.

**Tableau 29 : Effets et arrières effets de phosphatage de fond sur maïs à Farako-Bâ/sud-Ouest
(571 kg P. Nat/ha soit 140 P₂O₅/ha**

Années	Surplus de rendement en kg/ha par rapport au témoin absolu sans amendement	% par rapport à 1983
1983	+ 925	100
1984	+ 891	96
1985	+ 539	58
1986	+ 584	63
1987	+ 569	62
1988	+ 220	24
1989	+ 231	25
1990	+ 407	44
1991	+ 38	4

Source : Lompo F., 1995

Deux études d'une durée moyenne de 10 ans ont été conduites sur la station de recherches agricoles de Saria (région Centre) en vue d'une part de comparer diverses sources de phosphore (PN, PPS et TSP) à un témoin NK et d'autre part d'étudier les effets sur les cultures de formules de fumure associant les phosphates naturels et la matière organique. Les résultats sont donnés dans les tableaux 30 et 31 suivants.

Tableau 30 : Etude comparative de sources de phosphore, moyenne des rendements grains en kg/ha (sorgho), 1981-1991

Traitements	Moyennes rendement grains kg/ha	CEA %
Témoin NK	1377	-
PN (25 P ₂ O ₅ /ha/an)	1744	58
PPS (25 P ₂ O ₅ /ha/an)	1828	72
TSP (25 P ₂ O ₅ /ha/an)	2007	100

Source : Lompo F., 1995

Après 11 années d'expérimentation, il est observé une augmentation des rendements du témoin NK variant selon la source de phosphore. Cette augmentation est de 27 % par rapport au témoin NK avec les phosphates naturels (PN), 33 % avec l'acidification partielle du PN (PPS) et 46 % avec le TSP. Les CEA sont de 58 % et 72 % respectivement pour les phosphates naturels bruts (PN) et PPS.

Tableau 31 : Essai phosphates naturels-matière organique, moyenne des rendements grains en kg/ha (sorgho) 1982-1990

Traitements	Moyenne rendement grains	Indice par rapport au témoin absolu en %	Indice par rapport à la fumure vulgarisée %
Témoin absolu	407	100	53
NPK vulgarisé	760	187	100
PN annuel	693	170	91
PN annuel + 5 T fumier/ha/2 ans	887	218	117
PN correction	802	917	106
PN correction + 5 T fumier/ha/2 ans	1034	254	136

Source : Lompo F., 1995

- NPK vulgarisé : 37-23-14
- PN annuel : 200 kg PN/ha/an + 50 kg urée/ha
- PN correction : 400 kg PN/ha la 1^{ère} année (et 100 kg PN/ha) les autres années + 50 kg urée/ha

Sur sol ferrugineux tropical gravillonnaire, les rendements en sorgho bien que faibles laissent apparaître des effets très intéressants des phosphates naturels bruts associés ou non à la matière organique. Les augmentations de rendements par rapport au témoin absolu sont les suivantes :

- PN annuel : 70 %
- PN annuel + fumier : 118 %
- PN correction : 97 %
- PN correction + fumier : 154 %

Le suivi de l'arrière-effet des phosphates naturels et partiellement solubilisés a pu être également réalisé à travers un essai de longue durée (1981-1991) mis en place à la station de recherches agricoles de Saria, sur sol ferrugineux tropical lessivé avec du sorgho comme culture-test (LOMPO, 1993).

Le dispositif expérimental a évolué ainsi qu'il suit :

- de 1981 à 1986, l'essai a été mené suivant un dispositif en blocs complets de Fisher, en six répétitions et comportant les six traitements suivants :
 1. témoin NK
 2. NPK (P = Phosphates Naturels)
 3. NPK (P = Phosphates Naturels Acidifiés à 50 %)
 4. NPK (P = Phosphate Naturels + soufre)
 5. NPK (P = Phosphate supertriple)
 6. NPK (mélange phosphates naturels + phosphate supertriple)

- à partir de 1987, un dispositif split-plot a été adopté par subdivision des parcelles suite à un apport de dolomie (1500 kg/ha soit 405 kgCaO/ha et 285 kgMgO/ha) sur la moitié des parcelles élémentaires.
- Le phosphate est apporté à raison de 25 kgP₂O₅/ha/an. La fumure NK est annuelle. L'azote est apporté sous forme d'urée à raison de 60 kg N/ha en deux fractions (semis et 30-40 jours après semis). L'apport de potassium s'est fait à raison de 44 kg K₂O/ha au semis.

Dans les paragraphes ci-dessous, il sera examiné uniquement l'effet des quatre traitements ci-après :

1. témoin NK
2. NPK (P = BP = Phosphates Naturels du Burkina)
3. NPK (P = UV 42 = Phosphates Naturels partiellement solubilisés)
4. NPK (P = TSP = Phosphate supertriple)

Le tableau 32 récapitule les résultats de 1981 à 1991.

Tableau 32 : Evolution des rendements du sorgho entre 1981 et 1991

Sorgho		Témoin NK	NPK. P Tricalcique (BP)	NPK P. UV 42	NPK. P TSP	CV % Tests F
1981	Grain	3418	3504	3604	3993	8 NS
	Paille	11188	9371	9982	10831	14,8 NS
1983	Grain	2297	2677	2940	3152	12,7 NS
	Paille	8680	9227	9420	9677	12,6 NS
1985	Grain	1247	1461	1510	1554	31,6 NS
	Paille	4417	6481	6559	6880	15 NS
1986	Grain	635	1081	1254	1522	- NS
	Paille	1995	3380	3708	4043	- NS
1987	Grain	615	937	808	956	3,8 NS
	Paille	2463	4438	4218	4662	
1988	Grain	761	1438	1420	1642	
	Paille	3330	4352	4263	4996	
1989	Grain	1093	1350	1458	1497	
	Paille	3453	3804	4495	4101	
1990	Grain	682	1055	1055	1370	
	Paille	1929	2604	2508	2700	
1991	Grain	977	1974	1961	2186	
	Paille	2984	4225	4006	4958	

Source : Lompo F., Sédogo P.M., Assa A., 1994

N.B. : En 1982 et 1984, l'essai était semé en coton

L'évolution des rendements du sorgho s'analyse comme suit :

D'une manière générale, on constate avec le temps une baisse des rendements, au cours de l'expérimentation. Entre 1981 et 1983, la baisse est de 33 % sur le témoin NK. L'apport du phosphore semble atténuer ce phénomène puisque la baisse moyenne enregistrée sur les traitements apportant le phosphore est de 21 % sur la même période.

En comparant les niveaux de rendements grains de 1981 en 1991, il apparaît une baisse importante des rendements, de l'ordre de 71 % sur le témoin NK. Sur les traitements recevant le phosphore, les baisses sont plus faibles et équivalentes d'un traitement à l'autre (46 % avec UV 42 ; 44 et 45 % respectivement avec les phosphates naturels et le phosphate supertriple).

Sur les rendements paille, le phénomène est également constaté, mais à un degré relativement faible. Ainsi, sur le témoin, la baisse est de 73 % ; elle est en moyenne de 56 % sur les autres traitements.

D'une façon générale, l'apport de phosphore augmente les rendements quelle que soit la source et quelle que soit l'année avec une supériorité du TSP (phosphate supertriple).

Des accroissements de rendements consécutifs à l'apport de phosphore à partir des phosphates naturels du Burkina Faso passent de 3 % en 1981 à 52 et 102 % en 1987 et 1991. Ainsi sur le sorgho, l'augmentation moyenne du rendement est de 32 %.

L'acidification partielle des phosphates bruts du Burkina, (UV 42) permet d'améliorer leur efficacité. Ainsi, par rapport au témoin NK, on enregistre une augmentation moyenne de 37 %. Elle est passée de 5 % en 1981 et à 31 % en 197 et à 101 % en 1991. L'acidification partielle aura permis d'améliorer de 5 % en moyenne les effets des phosphates naturels sur les rendements.

Le phosphate supertriple (TSP) se confirme être la meilleure source de phosphore avec des accroissements de rendement par rapport au témoin NK de 17 % en 1981 à 124 % en 1991. Comparativement au TSP, l'efficacité relative moyenne passe de 87 % pour les phosphates bruts, à 90 % lorsque ces phosphates sont acidifiés à 50 % par l'acide sulfurique.

Si l'on s'intéresse à l'évolution de la productivité du kg de phosphore engrais, on arrive aux conclusions suivantes (cf. tableau 33) :

- les plus fortes valeurs sont obtenues dans un ordre décroissant avec le phosphate supertriple (TSP), puis les phosphates partiellement solubilisés (UV 42) et enfin les phosphates naturels bruts (BP). Ces productivités élevées sont en relation directe avec la quantité de pluies tombées ;
- en comparant les productivités du kilogramme de phosphore provenant des phosphates naturels à celles provenant des deux autres sources, il apparaît une très nette amélioration de l'efficacité des phosphates naturels bruts à partir de la

troisième année. En effet, par rapport au TSP, le rapport : productivité kg P-TSP sur productivité kg P-BP passe de 7 la première année à 5 la 2e année, et à 2 la 3e année. Ce rapport est pratiquement égal à 1 à partir de la 6e année, traduisant une égalité des productivités du kg de phosphore provenant du TSP ou des phosphates naturels.

Tableau 33 : Evolution de la productivité du kg de phosphore (en kg grain/kg P₂O₅)

	Phosphates naturels du Burkina (BP)	Phosphates naturels partiellement solubilisés (UV 42)	Phosphates supertriple (TSP)	Pluviométrie à Saria en mm
1981	3,44	7,44	23,00	698
1982	2,84	17,64	14,76	-
1983	15,20	25,72	34,20	772
1984	8,48	9,12	16,50	-
1985	6,16	10,52	12,28	596
1986	17,84	24,76	35,48	933
1987	12,88	7,72	13,64	698
1988	26,84	26,36	35,24	935
1989	10,28	14,60	16,16	806
1990	14,92	14,92	27,52	619
1991	39,88	39,36	48,30	930

Source : Lompo F., Sédogo P.M., Assa A., 1994

Il y a donc une augmentation de la productivité du phosphore provenant des phosphates naturels au cours des années. Ce résultat s'explique par la solubilisation progressive de cet engrais phosphaté, mais également par des effets cumulés des apports annuels.

L'ensemble de ces résultats prouve de manière convaincante que les phosphates naturels possèdent effectivement une action à long terme à prendre en compte lorsque l'on analyse leur efficacité agronomique. Ces effets résiduels perceptibles peuvent permettre de réduire de façon notable l'aversion rencontrée chez certains paysans dans l'utilisation des phosphates naturels.

1.2.4.1.3. Conclusions sur l'évaluation agronomique

L'intérêt agronomique des phosphates de Kodjari a pu être mis en évidence à travers les principaux résultats suivants :

1. En milieu contrôlé, la réaction des phosphates naturels est perceptible et comparable à celle du superphosphate triple. Cette réaction est d'autant plus élevée que les sols sont carencés en phosphore.

2. En fumure annuelle, les résultats obtenus sont satisfaisants, mais compte tenu de la carence quasi générale des sols en phosphore, les apports massifs de phosphate naturel sont mieux indiqués.
3. Les effets résiduels sont réels et mesurables. Ils constituent un aspect important à prendre en considération dans l'évaluation agronomique et économique des phosphates naturels.
4. L'acidulation partielle constitue un moyen efficace d'amélioration du phosphate de Kodjari. Dans bon nombre de situations, son efficacité agronomique est pratiquement équivalente à celle du procédé classique utilisé pour la fabrication du superphosphate triple.
5. L'association phosphate naturel – matière organique (fumier, compostage) crée une synergie d'action et permet de résoudre de façon adéquate le problème de la carence phosphatée et de la pauvreté en matière organique des sols burkinabé.
6. L'apport de phosphore, quelle que soit sa source, améliore le bilan des sols en phosphore. Les sources les moins solubles ont le bilan le plus élevé.
7. L'efficacité agronomique du phosphate de Kodjari dépend de façon importante de la finesse de broyage du produit, de la pluviométrie, de l'acidité du sol et du système de culture.

1.2.4.2. Evaluation économique

1.2.4.2.1. Evaluation d'essais multi locaux

Pour cette évaluation, il est fait recours aux résultats obtenus dans le cadre de l'expérimentation multi locale conduite par le Projet Engrais Vivriers (HIEN et al., 1992).

Les données nécessaires ont été collectées sur les sites au cours de l'expérimentation ou obtenues à partir de l'INERA et des services publics ou parapublics.

L'analyse a été faite selon la méthode CIMMYT d'évaluation de la rentabilité des technologies avec le logiciel MSTAT (module ECON).

Les calculs ont été effectués en prenant en compte d'abord les grains, et ensuite la matière sèche qui représente un bien d'une certaine valeur économique.

Les résultats ci-dessous présentés se concentrent essentiellement sur le taux marginal de rentabilité. Les analyses relatives aux grains révèlent les tendances suivantes, en considérant un taux marginal de rentabilité de 40 % :

- sur le mil, seul le NPK est recommandable en zone A et C. En zone B, il est plus intéressant de n'appliquer aucun des engrais proposés.
- sur le sorgho, le NPK est recommandable en zone C et en zone B avec des taux marginaux de loin supérieurs à 40 % et des indices de risque modérés.

Par contre, en zone A le Burkinaphosphate partiellement solubilisé (BPPS) est plus à recommander avec un taux marginal de rentabilité de 652 % contre 308 % pour le NPK. L'indice de variabilité associé au BPPS est même plus faible :

- sur le maïs, le BPPS et le NPK sont intéressants (même avec des indices des risques élevés) en zone C selon le seuil de rentabilité retenu de 40 % ;
- en termes de taux marginal de rentabilité le NPK est à recommander dans les deux zones.

De manière analogue, on peut relever les tendances suivantes en incluant la matière sèche :

- sur le mil, le NPK est à recommander en A et B. Par contre, en zone C, c'est le BPPS qui se révèle le plus intéressant ;
- sur le sorgho, le BPPS et le NPK pourraient être recommandés, notamment le NPK dont le taux marginal est le plus élevé (celui du BPPS excède aussi le taux de 40 %) ;
- sur le maïs, la même tendance se dégage dans les deux zones B et C : les taux marginaux sont tous supérieurs à 40 % avec des indices de variabilité inférieurs à ceux de la situation sans engrais.

En prenant en compte la matière sèche, les taux marginaux de rentabilité s'améliorent et permettent de mieux rentabiliser l'engrais et d'introduire le BPPS comme engrais susceptible d'être recommandé.

1.2.4.2.2. Conclusions sur l'analyse économique

Dans les conditions du marché des engrais et des produits agricoles observées dans la durée, les phosphates solubles sont économiquement plus intéressants que le phosphate naturel. Cela s'explique essentiellement par la subvention, très favorable aux engrais importés.

La fumure annuelle est moins rentable que la fumure de fond lorsque cette dernière est amortie sur plusieurs années.

En termes de rentabilité pour l'ensemble de l'économie nationale et malgré la pénalisation qui lui est faite, le phosphate naturel peut jouer à long terme un rôle important.

Les phosphates partiellement solubilisés se situent entre le phosphate naturel et phosphate soluble.

La rentabilité économique varie en fonction des situations et des cultures. D'une manière générale, elle est relativement élevée pour le maïs et diminue avec le sorgho et le mil.

Dans un système en culture continue, les fumures à base de phosphate naturel et de matière organique sont rentables et permettent de rentabiliser l'investissement supplémentaire que le paysan a supporté (engrais, frais d'épandage).

En raisonnant sur le long terme le phosphatage de fond est comparable à un investissement en capital dont les bénéfices attendus sont certains.

1.2.5. Détermination de la demande potentielle future

1.2.5.1. Bases de détermination

Un certain nombre de facteurs favorables permettent d'affirmer qu'il y aura à l'avenir un accroissement significatif de la consommation des engrais au Burkina Faso. Ces facteurs sont ci-dessous développés.

1. Place des cultures vivrières dans la recherche de la sécurité alimentaire et nutritionnelle

La problématique de l'accès à une alimentation saine et en quantité suffisante pour les populations se pose avec acuité au Burkina Faso.

Face aux crises alimentaires à répétition mais aussi à la crise internationale, et conscient que le développement aussi bien de chaque Burkinabè que des communautés dans leur ensemble passe par une bonne sécurité alimentaire, le gouvernement du Burkina Faso a élaboré un document de Politique nationale de sécurité alimentaire et nutritionnelle (PNSAN). Celui-ci est un cadre de référence et d'orientation pour tous les acteurs qui interviennent en faveur de la lutte contre la pauvreté, la malnutrition et pour l'atteinte d'une sécurité alimentaire durable au Burkina Faso.

La PNSAN a retenu en son premier axe stratégique l'augmentation des disponibilités alimentaires pour couvrir les besoins de façon durable. L'un des objectifs spécifiques de la PNSAN rattachés à cet axe stratégique est l'amélioration de la fertilité des sols. Cela signifie que le développement des cultures vivrières constitue une priorité dans la recherche de la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Cette idée est soutenue dans la SCADD qui recommande l'opérationnalisation de la Stratégie nationale de gestion intégrée de la fertilité des sols (SNGIFS). Pour y parvenir, il est indispensable que les efforts en matière de fertilisation soient orientés davantage sur ces cultures.

2. Problématique de l'approvisionnement en engrais pour les cultures vivrières

La distribution des engrais au Burkina Faso a été ci-dessus évoquée. Une analyse approfondie permet de noter que les circuits d'approvisionnement qui fonctionnent le mieux sont ceux des sociétés cotonnières (SOFITEX, SOCOMA, FASOCOTON) et de la Nouvelle Société sucrière de la Comoé (SNSOSUCO). Effectivement, la culture du coton bénéficie d'un encadrement rigoureux qui permet d'assurer sans faille l'approvisionnement en engrais aux producteurs.

Par contre, les cultures vivrières qui sont diverses (céréales, oléagineux, protéagineux, cultures maraîchères, etc.) qui ne sont des filières aussi bien organisées que la filière coton souffrent de difficultés d'approvisionnement en engrais. Les difficultés que rencontrent les cultures vivrières dans l'approvisionnement en engrais tiennent au manque de financement, d'expertise dans les achats d'engrais, d'accès au crédit agricole, etc. Au regard de ces difficultés, il est indispensable d'accroître l'offre en engrais destinés aux cultures vivrières.

Sur un autre plan, il existe déjà une formule d'engrais spécifiquement conçue pour le coton (14-18-18-5S-1B) et qui ne correspond pas forcément aux cultures vivrières suscitées. La diversité des cultures vivrières fait qu'il est difficile de leur trouver des formules d'engrais spécifiques, mais il est possible de résoudre ce problème à partir de l'acidulation partielle des phosphates naturels de Kodjari et du mélange d'engrais en vrac (bulkblending).

3. Les besoins en engrais des sociétés cotonnières

Lors de la réalisation de l'étude, les consultants se sont entretenus avec le Secrétaire général de l'Association interprofessionnelle du coton du Burkina (AICB) et le Directeur général de la SOFITEX. Ces entretiens ont permis de cerner la problématique de l'approvisionnement en engrais pour les sociétés cotonnières.

La SOFITEX est depuis plusieurs années le principal importateur d'engrais au Burkina Faso pour satisfaire prioritairement les besoins des producteurs de coton. A l'heure actuelle, la formule d'engrais utilisée pour le coton est comme suit : N (14%), P_2O_5 (18%), K_2O (18%), S (5%), B (1%). Les achats d'engrais portent sur un volume de 120 000 à 150 000 tonnes par an et occasionnent des sorties de devises de l'ordre de 40 milliards FCFA. La SOFITEX, tout comme les autres sociétés cotonnières, est très soucieuse de cette importante sortie de devises et s'est donc montrée intéressée par toute autre forme d'amélioration de l'approvisionnement en engrais moins onéreuse, notamment la production locale d'engrais. En clair, le remplacement du phosphore contenu dans l'engrais coton importé par la production locale d'un engrais phosphaté est à envisager. L'essentiel est de parvenir en définitive à un engrais coton moins cher et comportant des matières importées et une matière première locale. Cela signifie qu'il faut prendre en compte les besoins en engrais des sociétés cotonnières dans les besoins en engrais globaux du pays. Sur un autre plan, cette manifestation d'intérêt des sociétés cotonnières crée des conditions favorables pour aller vers le développement d'une industrie des engrais au Burkina Faso.

4. Les capacités industrielles existantes au niveau de la CIPAM

La Compagnie industrielle de production agricole et marchande (CIPAM), installée dans la zone industrielle de Bobo-Dioulasso est une société de mélange d'engrais à partir de matières premières importées (urée, DAP, TSP, chlorure de potasse, sulfate d'ammonium, nitrate d'ammonium, etc.) et de matières premières locales (dolomie). L'unité de mélange d'engrais a une capacité de 60t/h ou 1500t/j et permet de produire toutes formules d'engrais à la carte.

Elle fonctionne seulement 27 à 36 jours par an, faute de demande d'engrais. Les clients de la CIPAM sont principalement au Burkina Faso (SOFITEX, MASA, ONG, OPA, etc.). La CIPAM livre occasionnellement des engrais au Niger, en Côte d'Ivoire et au Togo.

Les activités de la CIPAM se heurtent à un certain nombre de difficultés qui entravent le bon fonctionnement de la société :

- Production en sous-capacité ;
- Prix de vente non compétitifs ;
- Concurrence des sociétés étrangères, notamment maliennes ;
- Manque de mesures incitatives de la part de l'Etat ;
- Entrée frauduleuse d'engrais de qualité douteuse ;
- Manque de mécanisme de financement adapté.

Depuis cette année, la situation de la société connaît de l'amélioration grâce à l'implication :

- De la SOFITEX et d'autres opérateurs économiques burkinabè qui sont entrés dans le capital de la CIPAM à hauteur de 49% ;
- D'Ecobank qui a financé la CIPAM à hauteur de 14 milliards FCFA.

C'est donc dire que la situation globale de la société, aux plan technique et financier, va encore s'améliorer très prochainement.

En analysant la capacité de mélange de la CIPAM, l'on constate qu'en travaillant 300 jours dans l'année, la société serait en mesure de formuler 450 000 tonnes d'engrais par an, ce qui permet de satisfaire largement la demande du Burkina en engrais même dans les années à venir.

Lors des entretiens avec les consultants, les responsables de la CIPAM se sont montrés intéressés à coopérer avec l'Etat pour le développement d'une industrie locale d'engrais faisant intervenir la valorisation des phosphates naturels de Kodjari. Cet élément favorable est à prendre en compte dans le schéma industriel à proposer pour le pays.

5. Qualité technologique et efficacité agronomique du procédé de l'acidulation partielle

Au plan technologique, les différents essais de transformation du phosphate de Kodjari en superphosphate simple ou triple, en acide phosphorique ont montré leurs limites. Ces procédés de transformation classiques appliqués au phosphate de Kodjari font appel à une consommation élevée de matières premières (acide sulfurique ou acide phosphorique) et d'énergie (besoin de chaleur pour accélérer les réactions chimiques). Cependant, l'acidulation partielle avec l'acide sulfurique ou l'acide phosphorique expérimentée par l'IDFC et la TIMAC (procédé ECOFERT) s'est révélée non seulement appropriée au phosphate de Kodjari mais efficace. En effet, les produits qui en sont issus ont une bonne efficacité agronomique relative (EAR) comparativement au TSP. En outre, l'analyse économique a montré que du point de vue de la rentabilité, le phosphate partiellement acidulé se situait

entre le phosphate naturel et le phosphate soluble. Cette rentabilité est relativement élevée pour le maïs et diminue avec le sorgho et le mil.

En conclusion, les choix technologiques pour la transformation du phosphate de Kodjari sont le procédé IFDC et le procédé ECOFERT. Celui de l'IFDC est préférable, car plus facile à mettre en œuvre et non couvert par le secret industriel. L'utilisation du procédé ECOFERT qui lui est breveté, nécessite des négociations techniques et financières avec la société TIMAC.

6. Initiatives en cours sur la valorisation des phosphates naturels de Kodjari

Actuellement plusieurs initiatives sont en cours et soutenues par le Gouvernement sur la valorisation des phosphates naturels de Kodjari. Il s'agit notamment des études réalisées ou en cours ci-dessous :

- Elaboration de plan d'investissement
- Mise en place d'une centrale d'approvisionnement en intrants et matériels agricoles au Burkina Faso
- Etude de faisabilité pour la production d'engrais à partir des phosphates naturels de Kodjari

Par ailleurs, un certain nombre de sociétés étrangères se sont montrées intéressées à l'exploitation des phosphates naturels de Kodjari.

1.2.5.2. Estimation de la demande potentielle future

Pour la détermination de la demande potentielle future en engrais et de la capacité nominale de l'usine de broyage des phosphates naturels de Kodjari, trois scénarios sont proposés :

- **Scénario 1** : Taux de croissance de 20% de la consommation d'engrais NPK par an de l'année 1 à l'année 10
- **Scénario 2** : Taux de croissance de 20% de la consommation d'engrais NPK par an de l'année 1 à l'année 5, puis de 25% de l'année 6 à l'année 10 ;
- **Scénario 3** : Taux de croissance de 20% de la consommation d'engrais NPK par an de l'année 1 à l'année 5, puis de 15% de l'année 6 à l'année 10.

Dans chacun des scénarios susvisés, il est entendu que le phosphore soluble contenu dans le NPK soit remplacé par du phosphate partiellement acidulé fabriqué à partir des phosphates naturels de Kodjari. Cela permet de déterminer la capacité nominale de l'usine de broyage des phosphates naturels de Kodjari.

Sur cette base, la demande future en engrais NPK et par voie de conséquence la quantité de phosphate broyé à produire en tonnes sont données aux tableaux 34 à 36 ci-dessous.

Tableau 34 : Scénario 1 : Taux de croissance de 20% par an de l'année 1 à l'année 10

	Année 1	Année 2	Année3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
NPK	200 000	240 000	288 000	345 600	414 720	497 664	597 197	716 636	859 963	1 031 956
P₂O₅	36 000	43 200	51 840	62 208	74 650	89 579	107 495	128 994	154 793	185 752
Phosphate naturel	180 000	216 000	259 200	311 040	373 248	447 898	537 477	644 972	773 967	928 760

Tableau 35 : Scénario 2 : Taux de croissance de 20% par an de l'année 1 à l'année 5, puis de 25% de l'année 6 à l'année 10

	Année 1	Année 2	Année3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
NPK	200 000	240 000	288 000	345 600	414 720	518 400	648 000	810 000	1 012 500	1 265 625
P₂O₅	36 000	43 200	51 840	62 208	74 650	93 312	116 640	145 800	182 250	227 812
Phosphate naturel	180 000	216 000	259 200	311 040	373 248	466 560	583 200	729 000	911 250	1 139 062

Tableau 36 : Scénario 3 : Taux de croissance de 20% par an de l'année 1 à l'année 5, puis de 15% de l'année 6 à l'année 10

	Année 1	Année 2	Année3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
NPK	200 000	240 000	288 000	345 600	414 720	476 928	548 467	630 737	725 348	834 150
P₂O₅	36 000	43 200	51 840	62 208	74 650	85 847	98 724	113 533	130 563	150 147
Phosphate naturel	180 000	216 000	259 200	311 040	373 248	429 235	493 620	567 663	652 813	750 735

1.3. CONCLUSION SUR LA DETERMINATION DE LA DEMANDE POTENTIELLE FUTURE EN ENGRAIS ET DU PROCEDE DE FABRICATION

A cette étape, il est difficile de faire un choix définitif de la demande potentielle future en engrais. Les trois scénarii sus-évoqués seront plus loin analysés sous l'angle économique et financier pour permettre de tirer une conclusion finale. Quant au procédé de fabrication, l'acidulation partielle du phosphate naturel de Kodjari avec l'acide sulfurique se révèle être le mieux approprié dans la perspective d'une production industrielle d'engrais.

1.4. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

La réalisation de projets industriels tels que la production d'engrais à partir des phosphates naturels de Kodjari a nécessairement des impacts sur l'environnement. Au regard de ces impacts environnementaux prévisibles, les autorités du Burkina Faso ont mis en place un cadre institutionnel et juridique qui a permis d'élaborer des textes législatifs et réglementaires visant le respect de l'environnement et des principes du développement durable. Parmi ceux-ci, on peut citer :

1. ***La loi n°006-2013 portant Code de l'Environnement au Burkina Faso*** qui stipule à son article 25 que les activités susceptibles d'avoir des incidences significatives sur l'environnement sont soumises à l'avis préalable du ministre chargé de l'environnement. L'avis est établi sur la base d'une Évaluation environnementale stratégique (EES), d'une Etude d'impact sur l'environnement (EIE) ou d'une Notice d'impact sur l'environnement (NIE).
2. ***Décret n°2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001 portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement*** : il précise en son article 3 que les activités susceptibles d'avoir des impacts significatifs directs sur l'environnement sont soumises à l'avis préalable du ministre chargé de l'environnement. Cet avis est établi sur la base d'une étude ou d'une notice d'impact sur l'environnement.
3. Dans le but de se conformer à ces dispositions juridiques et réglementaires, il devra être entrepris une étude d'impact environnemental. A cet effet, l'on peut recourir aux services compétents du Ministère de l'environnement et du développement durable.

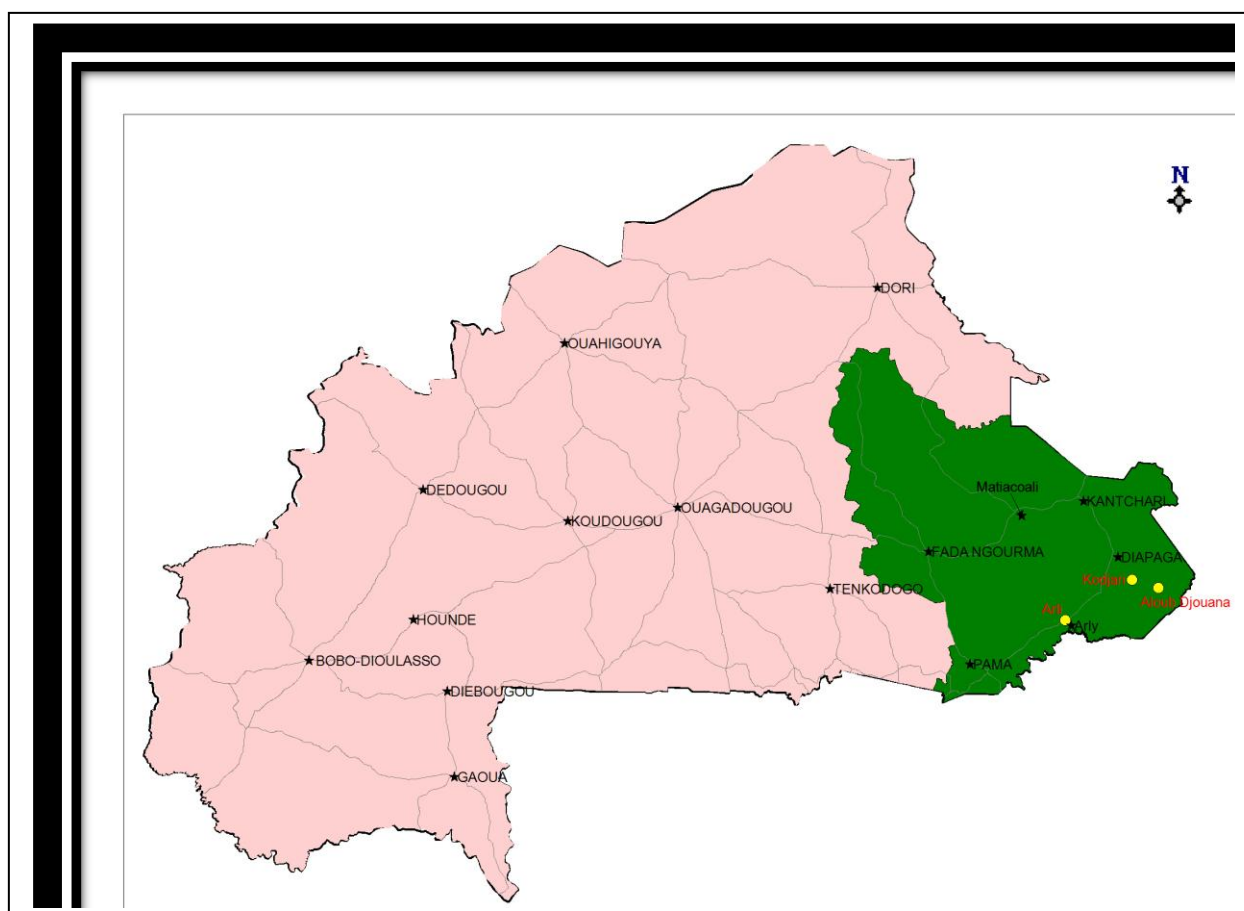
1.5. CONCEPTION DE L'USINE DE PRODUCTION D'ENGRAIS

1.5.1. Mine de phosphates de Kodjari

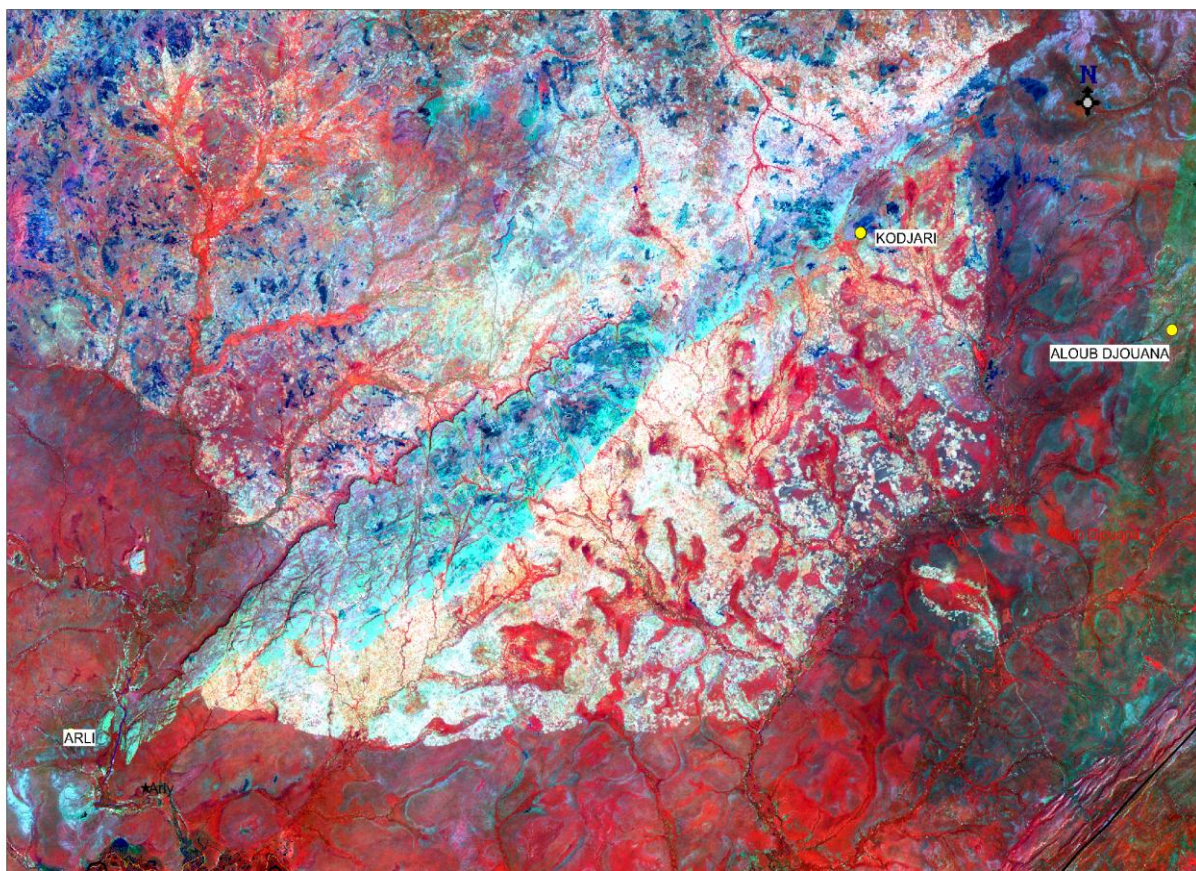
1.5.1.1. Description

En rappel, le gisement de phosphates de Kodjari est localisé dans le Sud-Est du Burkina. Il se situe à 70 km au NE d'Arly et à environ à 40 km au sud de Diapaga, chef-lieu de la Province de la Tapoa. Les cartes ci-dessous donnent un bref aperçu de sa localisation.

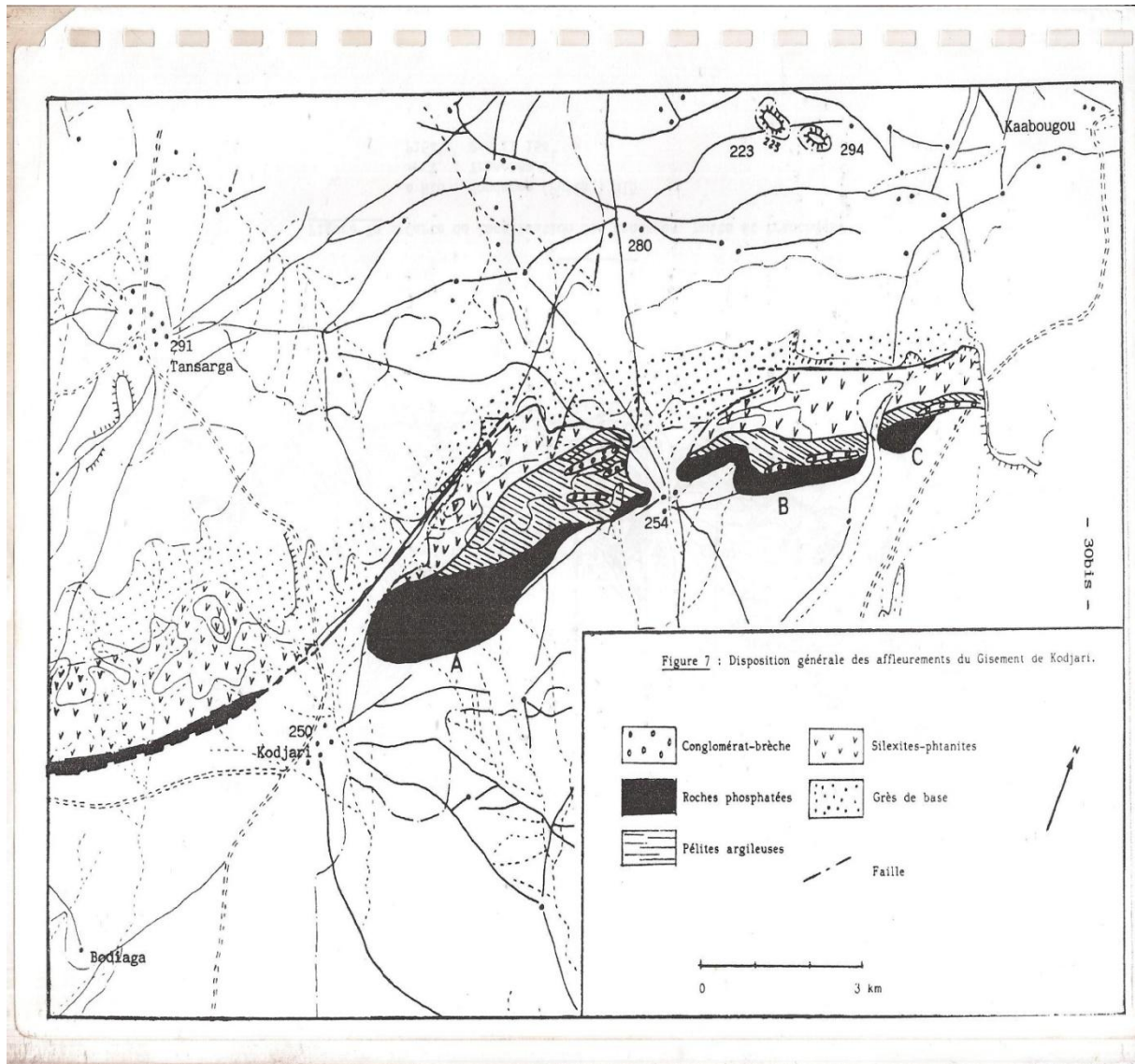
Carte 2 : Mine de phosphates de KODJARI



Carte 3 : Localisation des gisements de phosphates de Kodjari, Arly et AloubDjouana



Carte 4 : Disposition des affleurements du gisement de phosphate de Kodjari



1.5.1.2. Techniques de production et équipements nécessaires

Au niveau de la mine de phosphates de Kodjari les techniques de production qui seront mises en œuvre seront de deux types :

1. Extraction :décapage du stérile (terre et arbustes), extraction de la roche par pelle mécanique ou manuelle manuellement ou avec pelle mécanique ;
2. Broyage par une unité de broyage et traitement partiel de capacité moyenne de 40 à 50 T/H à une finesse de 0,5 mm

Il s'agit d'un équipement mobile comprenant :

- Un (01) groupe mobile de concassage à mâchoires ;
- Deux (02) groupes mobiles de concassage à cône ;
- Un (01) groupe mobile de criblage à trois étages ;
- Un (01) brise roche et ses accessoires ;
- Une (01) foreuse hors du trou.

Cet équipement, lors de son acquisition, sera accompagné d'un lot de pièces de rechange et d'usure dont la liste détaillée et correspondant à :

- 2.000 heures de fonctionnement pour les unités de concassage au niveau pièces de rechange ;
- 3 jeux de mâchoires pour les unités de concassage ;
- 3 jeux de mailles pour l'unité de criblage (0/4-0/5-0/6-4/6-10-10/14-5/15-15/25) ;
- 1 lot de pièces pour le premier entretien pour la foreuse.

Outre la livraison, le fournisseur doit s'engager à assister la SEPB dans la mise en route et les essais de performance des équipements ainsi qu'à dispenser une formation. L'unité peut aller jusqu'à 0,5 mm de finesse.

Le complément d'équipement comporte :

- Un compresseur d'air ;
- Deux chargeuses 8m³ pour creuser ;
- Une bull pour décaper le stérile ;
- Transport par trois (3) camions du chantier de broyage à Diapaga (43 Km au Nord).

Les autres installations sur la mine sont les suivantes :

- Un bâtiment qui comprend deux bureaux et un magasin et des toilettes ;
- Des téléphones mobiles ;
- Des projecteurs ;
- Un groupe électrogène POLYMA de 220 Kw soit 275 Kva déjà existant à Diapaga ;
- Une infirmerie pour le village ;
- Une base-vie.

Les plans d'implantation de la mine de Kodjari, de l'équipement nécessaire et de toutes les infrastructures requises sont donnés en annexes.

1.5.1.3. Coûts des investissements et de fonctionnement

Le coût de réalisation de l'ensemble des investissements nécessaires de la mine de phosphates de Kodjari s'élève à **2 748 838 304** FCFA (voir tableau 37).

Tableau 37 : Coût d'investissement de la mine de phosphates de Kodjari.

Unité industrielle de Kodjari		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
1	FRAIS GENERAUX DE CREATION DE L'UNITE	
	Audit environnemental	3 258 000
	Montage de l'usine (électrique)	-
	Essai de l'usine	-
	Sous-total Frais généraux	3 258 000
2	CONSTRUCTIONS	
	Base vie	
	Logement conteneur 40 pieds de 2chambres 11000000*3	33 000 000
	Cafétéria	8 200 000
	Groupe 110 kva	22 000 000
	Câblage installation + antenne + commodités	10 000 000
	Bureaux	12 683 763
	Dispensaire	105 283 103
	Dépôt pharmaceutique	2 752 210
	Latrines	8 318 100
	Maison gardien	2 890 160
	Sous-total constructions	205 127 336
3	INSTALLATIONS ET AMENAGEMENTS	
	Prestations communes	28 288 464
	Compresseur d'air XAS97DD	18 000 000
	Palan électrique + accessoires + ossature	10 000 000
	Pompe Gasoil	15 000 000
	Installations électriques	10 000 000
	Panneau de sécurité	742 000
	Sécurité incendie	974 916
	Sous-total Installations et aménagements	83 005 380
4	GROS MATERIELS INDUSTRIELS	
	Chargeuse SHANTUI (2)	207 600 000
	Pelle CAT 320 (creuse) (2)	440 000 000
	Bull D7 pour décaper le stérile (1)	266 000 000
	Chariot élévateur manutention des équipements	36 000 000
	Atelier électrique + Camionnette d'entretien	40 000 000
	Atelier mécanique + Camionnette d'entretien	40 000 000
	Garage (outillage)+ Camionnette d'entretien	40 000 000

Unité industrielle de Kodjari		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
	Unité de concassage mobile	1 104 631 588
	Sous-total Gros Matériels industriels	2 174 231 588
5	MATERIELS ET MOBILIERS	
	Mobilier bureau (table)	600 000
	Chaises de bureau	270 000
	Chaises visiteurs	66 000
	Imprimante laser	120 000
	Ordinateurs de portable (3)	1 050 000
	Postes téléphoniques (10)	110 000
	Sous-total Matériels et Mobiliers	2 216 000
8	MATERIEL DE TRANSPORT	
	Véhicule (pour les 3chefs)	16 000 000
	Mini bus	25 000 000
	Camions remorques semi benne 33M ³ (3)	240 000 000
	Sous-total Matériels de transport	281 000 000
	Total investissement	2 748 838 304

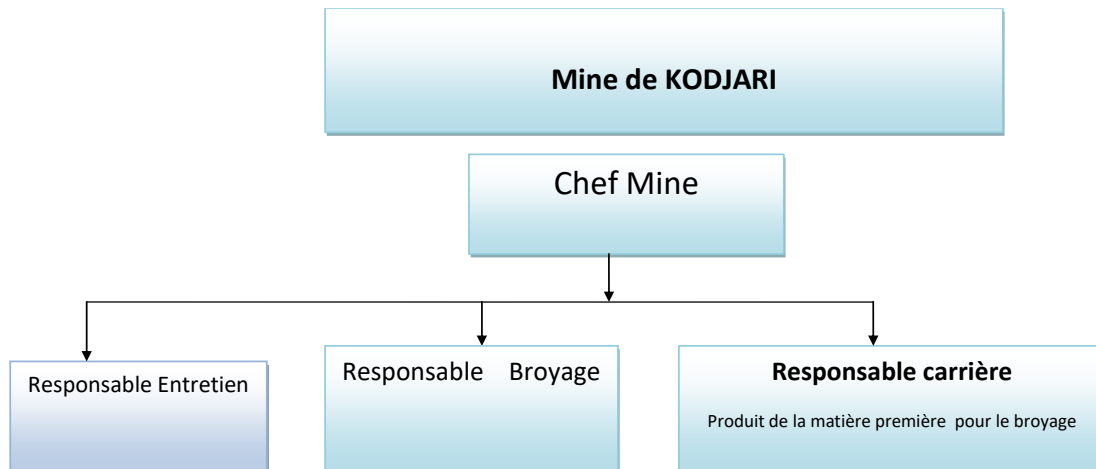
S'agissant du fonctionnement, les dépenses s'élèvent à **533 074 300** FCFA par an, hors salaires et charges salariales calculés plus loin. Le détail est donné au tableau 38 ci-dessous :

Tableau 38 : Coût de fonctionnement de l'unité industrielle de Kodjari

FONCTIONNEMENT DE L'UNITE	Montant en FCFA
Carburant (relai groupe)	122 400 000
Carburant (Véhicules et engins)	350 000 000
Téléphone	600 000
Consommables ateliers	-
Chaussures ouvriers	1 078 000
Tenues ouvriers	857 500
Gants	7 056 000
Casques	857 500
Masque	1 764 000
Imprévus	48 461 300
Sous total fonctionnement de l'unité	533 074 300
Salaires (à déterminer, voir plus loin)	

1.5.1.4. Organigramme de fonctionnement et personnel requis

L'organigramme de fonctionnement proposé pour l'unité industrielle de Kodjari se présente comme suit :



Les effectifs nécessaires au fonctionnement de l'unité industrielle se composent comme suit :

1. Mine :
 - Un (1) cadre
2. Logistique :
 - Un (1) Logisticien et matériel
 - Deux (2) Chauffeurs chargeurs (pour extraction du minerai et remplissage des camions)
 - Trois (3) Chauffeurs camion
3. Production
 - Un (1) chef de production, agent de maîtrise (AM) (Stérile, extraction minerai, tas minerais)
 - Dix (10) manouvres occasionnels (stérile et extraction minerai)
 - Deux (2) ouvriers spécialisés
4. Concassage mobile
 - Un (1) agent de maitrise
 - Six (6) agents de conduite
5. Autres
 - Deux (2) gardiens
 - Un (1) chauffeur pour le personnel (un mini bus)

6. Récapitulatif

- Effectif total de vingt-neuf (29) agents
- Un (1) cadre
- Deux (2) agents de maîtrise
- Vingt-six (26) ouvriers dont (10 occasionnels)

1.5.2. Centre de broyage de Diapaga

1.5.2.1. Description

Le centre de broyage comprendra deux unités :

- **L'unité 1** qui comprend l'ancien centre de broyage pour la fourniture de phosphate brut en sacs de 50 kg ;
- **L'unité 2** qui comprend le nouveau centre de broyage pour la livraison en vrac de phosphate brut pour les centres de Koupéla et Bobo-Dioulasso.

1.5.2.2. Technique de production et équipements nécessaires

1.5.2.2.1. Réception des matières premières

a) Phosphate

La réception de trois camions est prévue trois fois par jour et par camion.

La cadence de déchargement est définie par les producteurs. Pour tenir compte du déplacement des camions et des incidents possibles, les appareils de manutention jusqu'à la mise au stock seront calculés pour permettre un débit instantané de 8 m³ toutes les deux heures.

b) Stockage des matières premières

Ce stockage sera assuré dans une trémie métallique permettant l'alimentation directe du broyeur et le reste dans des hangars de matières premières.

Capacité de la trémie vers le broyeur : phosphate de Kodjari : 100 T

1.5.2.2.2. Unité de broyage

Elle comprend :

Un broyeur en circuit ouvert 2,6 * 12,5 m permettant un débit de 70/h de phosphate à une finesse de 90 % du produit inférieur à 0,090 mm.

En amont :

- Une manutention d'alimentation et dosage de la matière venant de Kodjari

En aval :

- Une manutention du phosphate avec vis mélangeuse aérogisseur, élévateur à godets et échantillonnage,
- Un circuit de ventilation dépoussiérage avec un filtre de 1300 m³ / h de débit effectif à 90°C et ventilateur de 15000 m³/h

1.5.2.2.3. Unité de stockage du phosphate et expéditions

La capacité totale du stockage du phosphate sera de 1 000 tonnes et une extension possible de 1000 tonnes. Ce stock sera constitué par deux silos métalliques de diamètre 8 m * 25 m.

a) Expéditions :

En vue d'approvisionner les usines de Koupéla, et Bobo-Dioulasso le chargement en vrac des camions sera possible à partir des silos à un débit de 50 à 70 tonnes à l'heure.

Une unité d'ensachage permettra un débit de 40 sacs à l'heure et stockage dans le magasin de phosphate brut.

1.5.2.2.4. Services généraux

Les services généraux regroupent tous les services équipement et infrastructures qui ne font pas directement partie de la ligne de production.

a) Eau

L'eau nécessaire sera produite à partir d'un forage de 30 mètres de profondeur réalisé sur le site du centre ou à proximité qui devrait permettre un débit de 3 à 4 m³/h pour l'alimentation du château d'eau.

Deux circuits séparés seront prévus :

- Un circuit d'eau potable alimentant divers points de consommation dont les bureaux, services sociaux, atelier d'entretien unités de broyage ;
- Un circuit d'eau industrielle en circuit fermé avec aéroréfrigérant et traitement d'eau.

b) Air comprimé

L'ensemble des sources d'air nécessaires au fonctionnement des diverses unités de broyage et de stockage du phosphate et ensachage, sera regroupé dans une salle qui sera équipée d'un système de filtration d'air pour la totalité de débit de chaque compresseur ou suppresseur d'air.

c) Bureaux et laboratoire

Un bâtiment administratif permettra de loger les services ou bureaux suivants :

- **Bâtiment administratif :**

- ~ Direction d'exploitation + Secrétariat
- ~ Direction technique
- ~ Services administratifs, financiers, techniques et commerciaux
- ~ Service du personnel
- ~ Service comptable

- **Laboratoire de contrôle de qualité**

Le laboratoire comprendra deux départements :

- ~ Un espace pour les analyses chimiques ;
- ~ Un espace les essais physiques et mécaniques avec bacs ou armoires de conservation des éprouvettes.

d) Services sociaux

Ce bâtiment regroupera l'ensemble des installations dues au personnel dans le cadre des bonnes conditions de travail. Il comprendra notamment :

- Des sanitaires, des vestiaires, des douches,
- Un réfectoire,
- Une infirmerie.

L'utilisation de ces services sera prévue pour 60 personnes réparties sur 24 heures par jour.

e) Ateliers d'entretien et magasin adjacent aux services sociaux

➔ **L'atelier d'entretien**

Il comprendra plusieurs compartiments :

- Atelier d'entretien électrique avec bureau et un rayon d'outillage ;
- Atelier d'entretien mécanique avec :
 - Bureau, compartiment machines-outils et ajustage,
 - Compartiment soudure électrique et oxyacétylénique,
 - Compartiment forge et chaudronnerie,
 - Un rayon d'outillage.

➔ **Magasin**

Il comprendra un bureau pour le magasinier, un guichet vers les ateliers et divers rayonnages pour petites pièces et emplacements au sol pour les grosses pièces de rechange.

NB : en fonction de l'organisation des bureaux, le service achat peut être prévu dans les bureaux du magasin.

1.5.2.2.5. Engins mobiles et garage

Le parc des engins mobiles sera constitué par :

- Les voitures de service (trois dont une camionnette pour les approvisionnements) ;
- Trois chariots à fourches de 1500 kg ;
- Trois chargeurs (unité, unité 2, préparation) pour la manutention des matières premières.

Garage

Sa conception devra être étudiée en fonction des possibilités ou non de passation d'un contrat d'entretien avec un garage privé de Diapaga. Il est évident que dans le cas d'une autonomie totale du centre de broyage, un service important devra être créé aussi bien pour l'entretien que pour la création d'un stock de pièces de rechange.

1.5.2.2.6. Routes

Les routes intérieures au centre de broyage seront réalisées en latérite. La liaison entre le centre de broyage et l'axe routier DIAPAGA – KODJARI, environ 43 km, sera bitumée sur 20 km et réalisée suivant les normes admises par le Ministère en charge des Travaux Publics du Burkina pour une circulation routière à double sens. La route Kantchari Diapaga sera réfectionnée et renforcée un pont de 300m à Boudiéri.

1.5.2.2.7. Incendie

Un réseau d'eau incendie sera branché directement à partir du château d'eau. Il comprendra une station de pompage pour élévation de la pression d'eau à 7 bars et des bornes à incendie seront implantées aux points de risques du centre de broyage et principalement près de la sacherie de l'unité d'ensilage.

1.5.2.2.8. Electricité alimentation et distribution

a) Généralités

- L'usine de broyage sera alimentée en énergie électrique à partir du réseau de distribution SONABEL à la tension triphasée de 15 KV et à la fréquence de 50 HZ (ligne à déplacer car la ligne actuelle se trouve dans des parcelles).
- Les caractéristiques principales du courant seront celles de la SONABEL (tolérance sur les tensions et fréquences, puissance de court-circuit, réenclenchements rapides et lents du réseau,....)
- L'origine du raccordement sur le réseau SONABEL est située sur la ligne de distribution générale implantée parallèlement et à proximité du centre, après prolongement de la ligne existante.

- La dérivation jusqu'au poste de livraison de l'usine sera constitué par un sectionnement d'isolement et par une liaison par ligne aérienne de 200 m environ, et par câbles unipolaires à isolement sec placés en buses béton avec regards de tirage, d'une longueur approximative de 40 m. Cette dérivation et cette liaison seront réalisées par SONABEL ou par une entreprise agréée placée sous son contrôle.
- La puissance nécessaire au fonctionnement maximal de l'usine sera d'environ 1250 KW se décomposant en :
 - Broyage du phosphate : 850Kw
 - Expéditions, manutentions services généraux : 400 kW
- Elle sera distribuée aux tensions triphasées de
 - 5.500 v pour le moteur principal du broyeur à phosphate,
 - 380 v sans neutre pour les autres moteurs de l'usine,
 - 220 v pour les réseaux d'éclairage intérieur.

b) Poste de livraison et de transformation

Il sera installé dans un local contigu à la salle de commande du broyeur, de dimensions approximatives 10 * 8 m muni de portes calfeutrées, et de pavées de verre permettant de jour, un éclairage naturel. Il comprendra :

- **Pour réseau 15 kV :**
Les cellules d'arrivée réseau, de protection générale, de comptage, de protection des transformations.
- **Pour réseau 5,5 kV :**
Les appareillages de commande du moteur du broyeur à phosphate n°1
Les matériels de surveillance du niveau d'isolement,
Les relais de protection et appareils de mesure.
- **Pour réseau 380 v (forces motrices) :**
Les appareillages de protection des différents départs,
Les appareillages de commande et de protection des moteurs de l'atelier de broyage n°1.
Les matériels de surveillance du niveau d'isolement.
- **Pour réseau 220 v (éclairages intérieurs) :**
Les appareillages de protection des différents départs,
La distribution du circuit d'éclairage de l'atelier de broyage n°1,
Les matériels de surveillance du niveau d'isolement.
- **Pour les tensions d'utilisation ci-dessus :**
Les transformateurs de puissance.

- **Pour l'ensemble de l'usine :**

Les appareils de comptage d'après nomenclature établie par SONABEL

→ **Réseau à 15 kV**

Le matériel sera disposé en tableau tôle d'acier, préfabriqué, constitué en cellules indépendantes assemblées entre elles par boulonnage, et finies en peinture glycérophtalique lisse. Degré de protection des parties métalliques.

- **Caractéristiques électriques générales :**

- Tension d'isolement
- intensité nominale des barres principales et de liaisons : 400 A
- tension d'essai 1 mm 50 HZ : 50 KV eef
- tension d'essai au choc : 125 KV crête
- surintensités admissibles 1 s : 12,5 KA eff
31,5 KA crête.

→ **Réseau à 5.5 KV**

Il concerne essentiellement l'alimentation du moteur de 850 KW d'entraînement principal du broyeur à phosphate n°1 et des condensateurs statiques correspondants.

L'appareillage sera monté dans un ensemble préfabriqué en tôle d'acier, étanche, placé à l'intérieur du poste de transformation, ou en variante dans la salle du groupe de commande du broyeur à proximité du moteur.

→ **Réseau à 380 V**

La distribution de l'énergie sera réalisée par différents départs protégés par disjoncteurs tripolaires débrochables disposés dans un ensemble préfabriqué constitués de caissons assemblés en colonnes.

L'intensité de court-circuit à l'origine de ce réseau est d'environ 25 KA ; l'intensité nominale secondaire du transformateur est de 1.160 A.

→ **Réseau à 220 V**

Alimenté par un transformateur triphasé intermédiaire 380/220 V couplage étoile zig-zig, puissance 80 KVA, intensité de court-circuit secondaire 5 000 A, intensité secondaire nominale 200 A.

1.5.2.2.9. Postes secondaires

Compte tenu des dispositions des ateliers par rapport au poste de transformation ci – dessus et des puissances qui y sont installées, il ne sera pas créé de postes de transformation divisionnaire MT/BT.

1.5.2.2.10. Distribution appareillage et télécommande des ateliers

a) Distribution des ateliers

→ Généralités

Les appareillages de commande de toutes les machines d'un atelier seront regroupés dans des salles pressurisées. Ces appareillages seront alimentés en 380 V triphasé à partir du poste et télécommandé depuis la salle de contrôle centralisé.

→ Capteurs logiques

Le choix du matériel devra tenir compte des impératifs suivants :

- Tous les capteurs logiques seront alimentés en 220 V 50 HZ ;
- Standardiser un seul type de matériel par fonction ;
- Les capteurs logiques de sécurité électrique tels que : thermiques, fusion fusibles, contacts de pré coupure, etc..... seront obligatoirement du type fermé à l'arrêt et en marche normale, ouvert en défaut ;
- Les capteurs logiques de sécurité mécanique tels que circulation, pression d'huile, thermostats etc..... seront obligatoirement du type fermé en marche normale, ouvert en défaut
- Les capteurs nécessaires à la logique du process tels que : fin de course de position, manostats, indicateurs de niveau etc.... seront de préférence à émission de tension ;
- Contacts de fin de course : il sera choisi de préférence aux contacts de fin de course mécanique des détecteurs de proximité à commande 2 fils ;
- Détection de niveau : il sera choisi des détecteurs de niveau capacitif ou résistif suivant le produit à contrôler.

→ Liaisons appareillage atelier

• Liaisons appareillage moteurs :

Les liaisons entre appareillage et moteur se feront par câbles secs, rigides, de section appropriée.

La mise à la terre des moteurs sera assurée soit par le 4^{ème} conducteur du câble, soit par un conducteur séparé (minimum 35 mm² dans ce cas).

- **Les liaisons entre appareillage et capteur se feront par du câble de section 1,5 mm² ; la mise à la terre des capteurs sera assurée par un conducteur du câble.**

Suivant la disposition de l'atelier, les raccordements des capteurs pourront être regroupés dans des coffrets en tôle étanches équipés de bornes. Les liaisons entre coffret de regroupement et appareillage étant alors réalisées par du câble multiconducteur.

- Passage des câbles :
- Les câbles de liaison seront repérés, étiquetés, et emprunteront soit des caniveaux dans l'atelier, soit des chemins de câbles, en tôle perforée, galvanisée à chaud. Les chemins de câbles principaux seront disposés sur chant pour éviter les dépôts de poussière.

Aux traversées de plancher il sera assuré une protection mécanique des câbles sur une hauteur minimum de 80 cm.

➔ **Salle d'appareillage**

Chaque atelier possèdera une salle d'appareillage. Dans ces salles seront installés :

- Les châssis nus d'appareillage ;
- Force motrice ;
- Les châssis d'éclairage de l'atelier ;
- Les équipements de démarrage rotorique de moteurs ;
- Les armoires de dosage.

Suivant la position géographique des salles (niveau du sol ou en étage), l'appareillage sera posé sur des caniveaux ou sur un faux plancher pour passage des câbles.

Ces câbles n'auront pas d'éclairage naturel et posséderont deux portes (d'accès avec serrure coup de poing, ainsi que les panneaux et matériel de sécurité nécessaire).

D'autre part, elles seront :

- Soigneusement fermées pour éviter les entrées de poussière (passage des câbles obturés, joint de porte etc.) ;
- Mises sous pression par des ensembles ventilateurs et filtres à bougies munis d'un système de nettoyage automatique. Ce matériel sera installé à l'extérieur et relié aux salles par des gaines.

b) Appareillage des ateliers

➔ **Châssis nus d'appareillage**

Les châssis nus regrouperont les appareils de commande et de protection des moteurs et des appareillages électriques d'un atelier. Ils seront alimentés en 380 V par le poste électrique.

Ces châssis seront préfabriqués et équipés de la manière suivante :

- Châssis autoportant type Tunnel ou ligne suivant la longueur équipé de matériel électrique (disposé sur les faces extérieures, largeur du passage intérieur 1 m pour les châssis du type Tunnel) ;
- Sur ces châssis, il sera prévu une protection interdisant l'approche des pièces nues sous tension ainsi que l'accès du Tunnel ;
- Arrivée 380 V triphasé 50 HZ :
- Sur interrupteur tripolaire cadenassable, avec constat de pré coupure et de signalisation ;
- Distribution puissance par jeu de barres triphasé situé en haut pour alimentation des différents départs ; une barre de terre située en bas permettra, d'une part, le raccordement des différents moteurs et appareillage, d'autre part, la mise à la terre du châssis ;
- La tension du contrôle sera 220 V 50 Hz.
- En fonction de la position de l'interrupteur général un commutateur permettra d'effectuer des essais hors puissance.
- Câblage :
- Le câblage puissance des différents départs sera réalisé soit en barre, soit en fil suivant les calibres. Les bornes de puissance stator et éventuellement rotor seront disposées dans le bas à l'arrière pour le châssis type ligne, ou à l'intérieur pour les types Tunnel. Pour les démarreurs rotoriques des moteurs BT les bornes de raccordement des résistances rotoriques seront disposées dans le haut du châssis. L'installation des résistances rotoriques se fera sur le dessus deux châssis.
- Chaque départ moteur sera constitué de :
 - Un sectionneur tripolaire ou tripolaire suivant calibre, commande intérieure, 3 fusibles HPC dispositif contre la marche en monophasé, contact de pré coupure, fusible sur le 4ème pole (sectionneur tétra polaire) pour protection du circuit de contrôle ;
 - Un contacteur tripolaire pour moteur à un sens de marche ou deux contacteurs inverseurs avec verrouillages mécaniques et électriques pour moteur à 2 sens ;
 - Un relais tripolaire de protecteur thermique, compensé, différentiel. pour les moteurs à cage à démarrage lent le thermique sera pris sur un T.I court- circuit pendant le démarrage ;
 - Eventuellement pour certains moteurs, un équipement de mesure de puissance (TI, TP, convertisseur).

→ **Équipement à vitesse variable**

Les équipements à vitesse variable pourront être de deux types :

- **Équipement à courant continu ;**
- **Équipement à coupleur par courants de FOUCAULT.**

Équipement à courant continu

Il comprendra :

- Moteur à courant continu ;
- Appareillage.

Les armoires contenant les équipements de commande des moteurs à courant continu comprendront notamment :

- Un sectionneur d'arrivée 380 V triphasé, commande manuelle extérieure verrouillable en position ouverte ;
- Un contacteur de commande principale ;
- Un relais magnéto-thermique de protection du moteur ;
- Un pont redresseur de GRAETZ à thyristors ;
- Des fusibles ultra-rapides pour assurer la protection des éléments semi-conducteurs du pont contre les court-circuits ;
- La mesure de vitesse sera élaborée par un dynamo tachymétrique à deux enroulements, l'un pour la régulation, l'autre pour les indicateurs de vitesse.
- Deux transformateurs de courant pour la mesure du courant côté alternatif ;
- Un shunt ampérométrique pour la mesure du courant continu ;
- Un module d'élaboration de la puissance moteur, sortie isolée 4 – 20 mA ;
- Des indicateurs de vitesse, d'intensité et de puissance moteur ;
- Le circuit d'excitation du moteur avec redresseur à diode et relais de contrôle d'excitation ;
- La commande de ventilation du pont et éventuellement celle de ventilation du moteur.

Le circuit de pilotage du pont de GRAETZ permettra notamment les fonctions suivantes :

- Réglage de vitesse (précision 1%) par un régulateur de vitesse avec possibilité de réglage de l'accélération ;
- Réglage d'intensité par un régulateur d'intensité avec possibilité de réglage du couple. Un dispositif permettra d'obtenir un sur-couple réglable au démarrage du moteur pendant un certain temps ;

- Un dispositif de contrôle d'isolement du circuit "puissance" côté courant continu, agira au niveau du contacteur principal pour mise hors service immédiate de l'ensemble de l'appareillage, sans séquence de freinage – dans le cas d'un défaut.

Equipement à coupleur par courant de FOUCAULT

Cet équipement comprendra:

- un moteur asynchrone ;
- un appareillage comportant notamment :
 - un pont redresseur contrôlé pour l'alimentation du circuit d'excitation,
 - un dispositif de limitation du couple,
 - une mesure de la vitesse par dynamo tachymétrique à deux enroulements
 - les indications de vitesse.

→ Equipement rotorique du moteur MT

Cet équipement permettra de réaliser le démarrage rotorique du moteur asynchrone MT à rotor bobiné. Il pourra être de trois types :

- démarreur à résistance métalliques ;
- démarreur liquide ;
- démarreur rhéostatique.

Démarreur à résistances :

Cet équipement sera réalisé sous armoire. Les bornes de sortie pour raccordement des résistances seront situées à la partie supérieure ; ces raccordements puissance et télécommande, à la partie inférieure.

Cet équipement comprendra :

- une armoire, dont les portes seront fermées par une serrure de sécurité et équipées de contacts asservissant l'alimentation statorique.

Cette armoire sera équipée de :

- un contacteur de court-circuitage ;
- les contacteurs d'accélération ;
- un combineur pour le passage des différents crans, de conception robuste et facilement réglable ;
- un dispositif de protection des résistances contre une trop longue durée de démarrage, un démarrage incomplet ou un trop grand nombre de démarrage consécutifs – agissant sur la commande statorique ;

- un dispositif de contrôle du temps de chaque cran de démarrage, agissant sur la commande statorique ;
- les protections du circuit de contrôle et les bornes repérées pour les différents raccordements.

En face avant:

- 1 voyant démarrage en cours et signalisation de défaut.
- Résistances :

Celles-ci seront du type fonte à refroidissement naturel dans l'air, sous capot ajouré montées sur fer U et dimensionnées pour assurer 2 démarrages consécutifs.

Démarrage liquide :

Ce démarreur comprendra notamment :

- Une cuve pour l'électrolyte ;
- Un pont d'électrode ;
- Une commande des électrodes par servo-moteur ;
- Une commande manuelle de secours ;
- Les fins de course de position pour l'asservissement de l'appareillage statique et du conducteur de court-circuitage ;
- Les sondes de niveau et de température de l'électrolyte.

Démarreur rhéostatique :

Ce démarreur sera à résistances dans l'huile, à commande par servo-moteur. Il comprendra notamment :

- Une commande manuelle de secours ;
- Niveau d'huile ;
- Thermostat de sécurité ;
- Eventuellement un pressostat de sécurité.

➔ *Équipement spéciaux*

Les équipements spéciaux (filtres à manches, doseurs, système de graissage centralisé, etc.) pourront être installés à proximité de la partie mécanique dont ils font partie. Néanmoins chaque fois que cela sera possible, ces équipements seront câblés sur les châssis d'appareillages.

Quelle que soit la solution retenue l'alimentation se fera obligatoirement par le châssis de l'atelier correspondant. La télécommande de ce matériel sera analogue à la télécommande d'un départ moteur classique.

c) Télécommande des ateliers (voir schéma 3. 7. 3 a).

→ *Principes*

La télécommande des moteurs d'un atelier est basée sur les principes suivants :

- La télécommande de chaque atelier est assurée à partir d'un principe de contrôle centralisé ;
- Chaque moteur aura une commande locale marche/arrêt à proximité immédiate. Le bouton d'arrêt sera cadenassable,
- Les sécurités électriques, mécaniques et les avertissements de la machine entraînée seront traités au niveau du conducteur de commande, la logique de signalisation marche/arrêt des moteurs et de défaut sera traitée au niveau d'un relayage logique central ;
- Il devra être impossible de mettre en marche depuis le pupitre les machines d'un atelier si un signal sonore n'a pas prévenu le personnel de la manœuvre. Pendant toute la période où l'opérateur est autorisé à démarrer des moteurs, le signal émettra un son discontinu ;
- Cet opérateur doit être alerté de tout changement d'état non commandé par lui :
 - Arrêt d'un moteur,
 - Mise en marche d'un moteur,
 - Défaut de l'installation.
- L'opérateur doit avoir, pour chaque atelier, la possibilité de :
 - Desservir l'ensemble de l'atelier,
 - Verrouiller par une clé la marche de cet atelier,
 - D'arrêter rapidement tout l'atelier par un coup de poing d'arrêt d'urgence à proposition maintenue.
- La télécommande des départs sera réalisée en 220 V 50 Hz,
- La signalisation sera réalisée en 24 ou 48 V.

→ *Châssis d'appareillage*

La télécommande d'un contacteur sera une télécommande 3 fils en provenance du pupitre de télécommande.

Les sécurités et les avertissements seront mis directement dans le circuit de commande du contacteur.

Un commutateur sur le pupitre permettra de supprimer les asservissements de l'atelier. Ceci entraînera, d'une part, l'impossibilité de télécommander l'atelier depuis

la salle de contrôle, seule la commande locale sera opérante ; d'autre part, une signalisation par boîtier à texte indiquera le mode de fonctionnement choisi.

Une logique simple, câblée sur les châssis permettra d'assurer l'avertissement et l'autorisation de démarrage par signaux sonores dans l'atelier. Des voyants à textes permettront à l'opérateur de connaître la période de signal continu et la période d'autorisation de démarrage.

Le châssis d'appareillage servira également de relaiage 220 V 50 Hz 48 ou 28 V = pour l'envoi des signaux logiques, de process ou de défauts physiques vers le relaiage de signalisation.

→ **Relaiage de signalisation**

Des châssis de relaiage préfabriqués assureront, par atelier, les fonctions de signalisation de marche et d'arrêt des départs moteur d'une part et de défauts d'autre part.

Ils seront constitués :

- De séquences identiques pour la signalisation des différents départs,
- De séquences identiques pour la signalisation des défauts physiques,
- D'un relaiage assurant les fonctions générales (alimentation, clignotement, klaxon, acquit etc.).

L'alimentation électrique de ces châssis sera assurée par un appareillage comportant :

- Une arrivée 380 V,
- Des ensembles transformateurs 380/220 V associés à des départs par sectionneurs fusible pour alimentation des châssis de relaiage et du contrôle,
- Des ensembles transfo-redresseur 380/48 ou 24 V = associés à des départs par sectionneurs 'fusibles pour alimentation des châssis de relaiage.

1.5.2.2.11. Salles de contrôle centralisées.

a) Bâtiment - aménagement

- un local de contrôle centralisé sera prévu dans chacun des ateliers de broyage et des expéditions. Par contre, pour l'atelier de déchargement et de mise à stock, un simple pupitre pourra suffire, à la condition de l'équiper de bouton-poussoir et de matériels étanches,
- ces points de contrôle seront disposés judicieusement de façon à permettre un accès aisé et une vue étendue de l'atelier correspondant,
- les salles de contrôle d'atelier seront de mise en œuvre soignée et seront munies de châssis vitrés et de portes à bords bien dressés.

Elles seront, chacune équipées d'une mise sous pression par filtre à manches avec ventilateur à vitesse lente et climatisées.

b) Pupitre synoptiques

Dans la salle de contrôle sera installé un pupitre synoptique comportant également :

- un synoptique de l'installation en éléments modulaires et figurines peintes de conception facilement modifiable. Chaque machine sera représentée par un voyant bicolore rouge pour l'arrêt, vert pour la marche.

1.5.2.3. Electricité - contrôle et régulations

1.5.2.3.1. Surveillance des défauts et alarmes

a) La surveillance et la signalisation des défauts logiques,

b) Les défauts et alarmes sur des grandeurs physiques seront détectés par des comparateurs statiques et signalés par voie sonore et optique comme les défauts logiques.

1.5.2.3.2. Mesures.

a) Instrumentation

- Tous les capteurs et transmetteurs de mesure utiliseront le standard normalisé de 4 – 20 mA.
- Pourront faire exception à cette règle les capteurs ayant un haut niveau de sortie (par exemple les dynamos tachymétriques).
- Les capteurs et les transmetteurs devront être parfaitement adaptés aux conditions climatiques du site.
- Les changements d'échelle et étalonnages devront pouvoir être réalisés sur place dans de bonnes conditions.

b) Installation

Les prises de mesure (température, pression vitesse etc. ...) devront être facilement accessibles sans matériel mobile.

Le démontage des capteurs et en particulier le débouchage des prises de pression devront se faire rapidement et facilement.

c) Liaison (voir schéma 3.8.8. ci-joint)

Les câbles de liaison (paire torsadée blindée) venant des capteurs seront regroupés, pour chaque atelier, dans une armoire située à proximité du pupitre correspondant.

Ces câbles de mesure sont à prévoir dans l'offre. Leurs caractéristiques sont définies au paragraphe 3.6.5.6.

Chaque armoire abritera en plus du bornier de répartition les transmetteurs de température, l'alimentation des capteurs etc.

d) Spécification des capteurs et transmetteurs de mesure

→ Pression et débits

Transmetteurs 4-20 mA, 2 ou 4 fils.

Ces appareils devront être stables et faciles à régler. Les transmetteurs utilisés pour les mesures de débit devront être prévus avec élément d'extraction de la racine carrée.

→ Températures

0 à 150°C : sonde à résistance platine 100

Au-dessus : thermocouple NICR – NI

Chaque capteur sera associé à un convertisseur de signal 4-20 mA.

→ Vitesse

Dynamos tachymétriques : il sera bon de choisir un modèle unique ayant des caractéristiques électriques valables pour toutes les applications (doseurs, moteurs etc.)

→ Puissance

Pour le moteur du broyeur convertisseur statique, sortie 4-20 mA.

→ Intensité

Mesures limitées aux moteurs les plus importants.

→ Position de registre et de vannes

Transmetteurs 4-20 mA

→ Niveaux

- Niveaux hauts par détecteur capacitif,
- Niveau bas, par rayons gamma,
- Niveau continu des silos à phosphate, par système à treuil, avec comptage à la remontée

1.5.2.3.3. Doseurs

a) Généralités

L'alimentation du broyeur sera contrôlée par des doseurs pondéraux à bande.

En cas de matière difficile, l'extraction sera réalisée indépendamment du pesage.

b) Caractéristiques

La commande des doseurs se fera, soit par potentiomètre, (commande manuelle), soit par potentiomètre et régulateur analogique (commande centrale du débit total).

- Les consignes des doseurs seront affichées en %,
- Seront ramenées à la salle de contrôle :
 - Les indications de débit instantané (4-20 mA),
 - La totalisation de débit de chaque doseur,
 - La totalisation des débits instantanés (4-20 mA).

1.5.2.3.4. Régulation

a) Principe de la régulation.

Les paramètres caractérisant la marche optimale de l'installation seront gérés par des bouches de régulation analogiques.

Les régulateurs analogiques, monoblocs ou modulaires, devront permettre la commande manuelle d'un organe de réglages, à partir du pupitre quand le régulateur est sur position "manuel".

Dans le cas d'une marche en automatique ils devront permettre l'action sur la consigne à partir de ce même pupitre.

b) Boucles de régulation

Les boucles de régulation devant être prévues, sont celles qui donnent une aide immédiate pour la conduite et la sécurité de l'installation.

Ce sera essentiellement le pilotage des doseurs en fonction du coefficient de remplissage du broyeur et de la puissance de l'élévateur.

Si cela est nécessaire, le réglage d'une injection d'eau dans le broyeur en fonction de la température du phosphate.

Les doseurs des différents composants seront équipés d'un réglage de proportion et l'ensemble sera piloté par une commande centrale.

1.5.2.3.5. Actionneurs.

Les organes de réglage (registres), les consignes des doseurs pondéraux et des variateurs de vitesse, seront commandés par des signaux à courant continu de 4 à 20 mA.

- Les commandes de registres se feront par des servomoteurs électriques largement calculés.
- Les indications de position venant des actionneurs seront transmises comme une mesure à la salle de contrôle de l'atelier.
- Les avertissements éventuels entre les commandes régulées et les commandes séquentielles ou manuelles se feront au niveau du relayage.

1.5.2.3.6. Télévision.

Si cela s'avère nécessaire, des caméras de télévision seront prévues pour la surveillance visuelle de certains points névralgiques tels que doseurs et trémies d'alimentation.

Les écrans seront de taille suffisante pour que les images soient vues correctement depuis le pupitre.

1.5.2.3.7. Téléphone.

a) généralités

L'installation téléphonique sera prévue :

1. pour assurer les liaisons extérieures à l'usine,
2. pour les liaisons internes.

Dans le réseau interne, devront être munis de postes :

- Les bureaux et le laboratoire,
- Les points de contrôle centralisés (déchargement, broyage, expédition),
- Le poste électrique,
- L'atelier d'entretien et le magasin,
- Les services sociaux.

b) Spécification

Matériel à prévoir conforme aux normes de services téléphoniques du Burkina Faso.

- Autocommutateur équipé immédiatement de :
 - Réseau extérieur : 3 lignes sur 6 possibles
 - Réseau intérieur : 40 lignes sur 100 possibles
 - Circuits de connexion : 6 lignes sur 10 possibles
 - Enregistreurs : 2 lignes sur 3 possibles
- Standard téléphonique :

Poste dirigeur de table complet avec cadran et clavier d'appel.
- Redresseur de courant et batterie d'accumulateur cadmium nickel.

- Postes de bureaux, salles de contrôle, poste électrique.
 - Poste mobile matière moulée avec ronfleur
 - Poste fixe matière moulée avec ronfleur ou sonnerie classique.
- Postes “ateliers” :
 Poste mural étanche en fonte d’aluminium avec sonnerie semi-étanche en fonte ou klaxon et voyant lumineux.

1.5.2.4. Coûts des investissements et de fonctionnement

Le matériel existant à Diapaga (unité de broyage et moyens de communication et logistiques) seront remis en état. Le coût de remise en état est donné au tableau 38 ci-dessous

Tableau 39 : Coût de remise en état du matériel existant à Diapaga (en FCFA)

Réparation de camion benne Mercedes de 11.3t	2 000 000
Réparation du Pickup MITSUBISHI	1 000 000
Restauration ligne téléphonique et internet	300 000
Achat de pièces de rechange de l’unité 1	63 000 000
Pompe de Gasoil	5 000 000
Total	71 300 000

Les nouveaux investissements nécessaires sont présentés au tableau 39 ci-dessous. Leur coût total ajouté à celui de la remise en état de l’unité 1 s’élève à **5 051 251 937 FCFA**.

Tableau 40 : Coût des investissements à réaliser au centre de broyage de Diapaga

Unité de broyage 2 de Diapaga		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
1	FRAIS GENERAUX DE CREATION DE L'UNITE DE BROUAGE 2	
	Embranchement électrique	60 000 000
	Etudes d'impact environnement	1 077 000
	Montage de l'unité (mécanique)	42 607 511
	Essai de l'unité	-
	Constitution de la société	
	Frais de recrutement du personnel	11 700 000
	Sous-Total Frais généraux	115 384 511
2	CONSTRUCTIONS	
	Bâtiment administratif	135 159 535
	Bâtiment de production Unité 2	523 538 378

Unité de broyage 2 de Diapaga		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
	Salle de conduite	14 524 227
	Vestiaires	17 210 400
	Silos 1 et 2	-
	Logement du personnel (4)	175 778 840
	Garage	13 906 445
	Château d'eau	8 735 000
	Clôture	53 484 980
	Maisons de gardien (3)	8 670 480
	Stockage matières 1ères (3)	302 172 908
	Local Transfo	3 193 710
	Parking	5 816 075
	Toilettes	8 318 100
	Sous-total Constructions	1 270 509 078
3	INSTALLATIONS ET AMENAGEMENTS	
	Prestations communes	98 214 239
	Installations électriques	-
	Enseignes lumineuses et balises	742 000
	Sécurité incendie	7 943 519
	Adjonction prises informa. Et ondulées	1 540 000
	Panneaux publicitaires	2 586 000
	Sous-total Installations et aménagements	111 025 758
4	GROS MATERIELS INDUSTRIELS	
	Chargeuses SHANTUI (2)	207 600 000
	Pont Bascule	62 567 790
	Sous-total Gros Matériels industriels	270 167 790
5	MATERIELS INDUSTRIELS	
	Trémie 30 M ³ + doseur + vibreur	40 000 000
	Transporteur à bande	20 000 000
	Moteur du transporteur 80t/h (4kw)	10 000 000
	Démarrateur rotorique	60 000 000
	Broyeur + boulets + blindage	1 500 000 000
	Moteur du broyeur (500kw)	60 000 000
	Ecouleur broyeur	10 000 000
	Pompe broyeur(4kw)	20 000 000
	Filtre Broyeur	25 000 000
	Vis sans fin vers élévateur	10 000 000

Unité de broyage 2 de Diapaga		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
	Moteur de la vis (4KW)	10 000 000
	Trappe	2 000 000
	Moteur de la trappe (2kw)	1 000 000
	Vis dessus silos 1 et 2	20 000 000
	Moteur de la vis (4kw)	10 000 000
	Élévateur à godets	60 000 000
	Moteur élévateur (4kw)	1 000 000
	Filtre silo	25 000 000
	Silo 1	500 000 000
	Compresseur d'air + canaux	18 000 000
	Palan électrique et accessoires	10 000 000
	Armoires élect + pupitre	200 000 000
	Sous-total Matériels industriels	2 482 000 000
6	OUTILLAGES INDUSTRIELS	
	Palettes	560 000
	Transformateur MT SONABEL	5 544 800
	Chariots élévateurs 5t Shantui	36 000 000
	Outillage Atelier électrique	10 000 000
	Outillage Atelier mécanique	20 000 000
	Outillage Garage	10 000 000
	Pièces de rechange (1lot)	
	Sous-total outillage	84 894 800
7	MATERIELS ET MOBILIERS	
	Mobilier bureau (table)	4 000 000
	Chaises de bureau	1 800 000
	Chaises visiteurs	880 000
	Machine à écrire (avec Ruban)	180 000
	Imprimante HP DESKJET	120 000
	Imprimante laser	850 000
	Réfrigérateur	500 000
	Ordinateurs de Bureau (15)	7 500 000
	Ordinateurs portable (4)	1 400 000
	Routeur CISCO avec câble V35	1 400 000
	Tableau d'affichage	35 000
	Armoires (10)	750 000

Unité de broyage 2 de Diapaga		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
	Agrafeuse géante	105 000
	Machine à relier	350 000
	Agrafeuse bureau	750 000
	Carte réseau informatique	214 000
	Coffre-fort	713 000
	Onduleurs	3 000 000
	Autocom (8externes et 100 internes)	2 500 000
	Postes téléphoniques (40)	1 700 000
	Sous-total Matériels et Mobiliers	28 747 000
8	MATERIEL DE TRANSPORT	
	Moto (YAMAHA 100 OU DT)	3 600 000
	TOYOTA LC double Cabine	75 000 000
	4x4 double cabine (Véhicule)	50 000 000
	Camions (3) livraison	145 623 000
	Sous-total Matériels de transport	617 223 000
	MISE EN ETAT DE L'UNITE 1	
	Réparation de camion benne Mercedes de 11.3t	2 000 000
	Réparation du Pickup MITSUBISHI	1 000 000
	Restauration ligne téléphonique et internet	300 000
	Achat de pièces de rechange de l'unité 1	63 000 000
	Pompe de Gasoil	5 000 000
	Sous-total mise en état de l'unité 1	71 300 000
	Total investissement	5 051 251 937

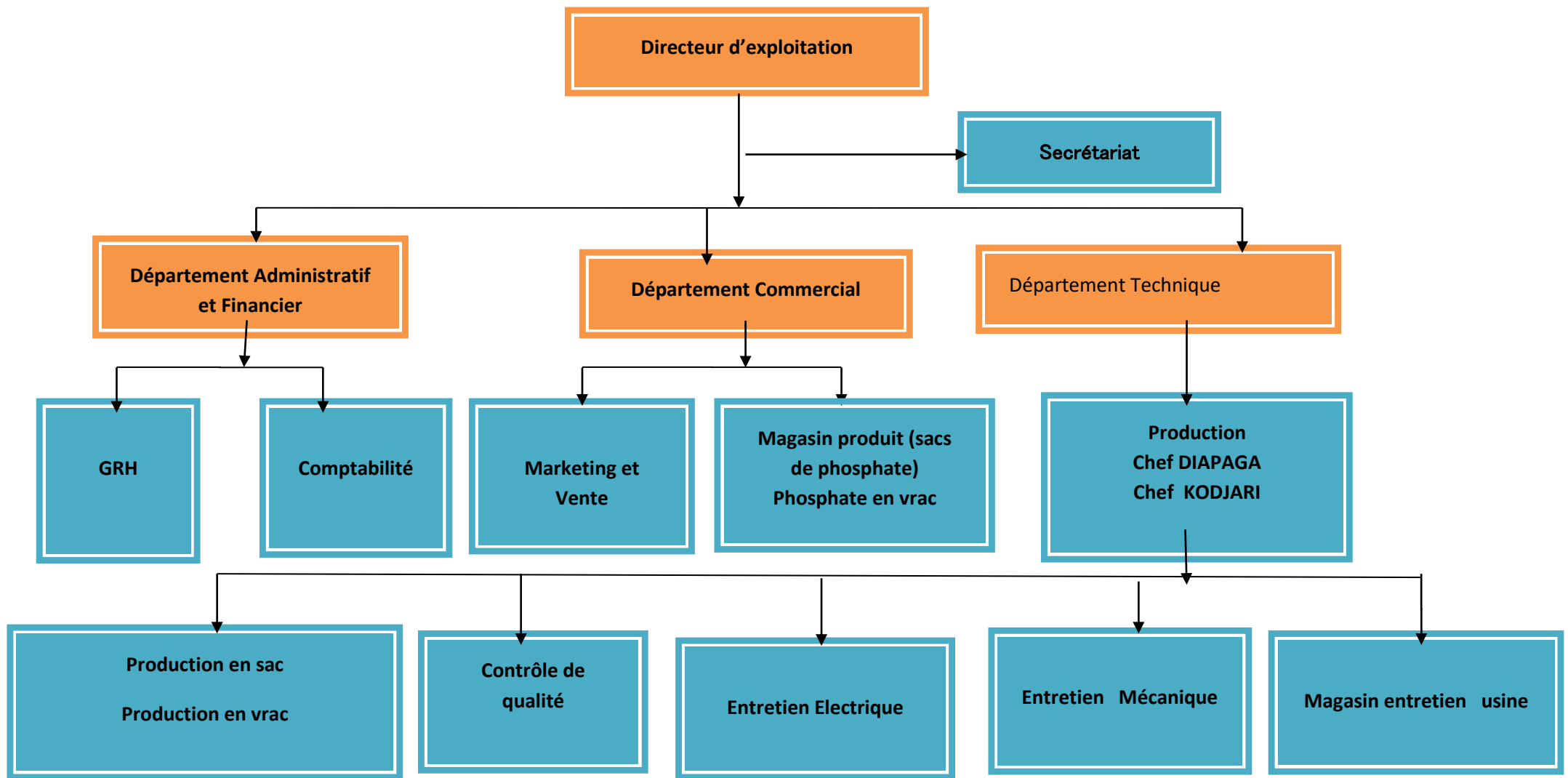
Le coût de fonctionnement annuel du centre de broyage de Diapaga s'élève à **561 052 800 FCFA** comme indiqué au tableau 41 ci-dessous.

Tableau 41 : Coût de fonctionnement du centre de broyage de Diapaga

FONCTIONNEMENT DE L'UNITE DE BROyage 2	MONTANT EN FCFA
Carburant (relai groupe)	420 000
Carburant (Véhicules et engins)	252 000 000
Electricité	240 000 000
Entretien usine	360 000
Téléphone	3 600 000
Consommables ateliers	-
Chaussures ouvriers	1 496 000
Tenues ouvriers	1 190 000
Gants	9 792 000
Casques	1 190 000
Imprévus	51 004 800
Sous-total fonctionnement de l'unité de broyage 2	561 052 800

1.5.2.5. Organigramme de fonctionnement et personnel requis

L'organigramme de fonctionnement proposé pour le centre de broyage de Diapaga se présente comme suit :



Les effectifs requis sont ainsi qu'il suit :

1. Direction d'exploitation

- Un Directeur d'exploitation (cadre)
- Une secrétaire (E)
- Un chauffeur (E)

2. Département administratif et financier

- Un chef de département (cadre)
- Un comptable (AM)
- Un Chef de personnel (AM)
- Une Secrétaire (E)

3. Département Commercial

- Un chef de département (cadre)
- Un agent commercial (AM)
- Un agent marketing (AM)
- Un agent de vente (AM)

4. Département technique

- Un chef de département (cadre)
- Un chef de production Diapaga (cadre)
- Un chef de production KODJARI (cadre)

4.1. Laboratoire (essais physiques et chimiques, contrôle de fabrication en 3 x 8)

- 2 laborantins (AM)

4.2. Production unité 1 et unité 2

Déchargement matière

- Un agent technique (OS)
- Huit ouvriers (dont quatre par unité) O

Unité de broyage

- 3 conducteurs chargeuse O
- 3 conducteurs de fourchette O
- 3 rondiers O
- 3 pupitreurs O

4.3. Expéditions

- Un chef d'expéditions (AM)
- Quatre ouvriers spécialisés d'expédition O
- Huit ouvriers expéditeurs O
- Quatre ouvriers d'ensachage O

4.4. Transport

- 3 chauffeurs camions Diapaga - Kodjari (phosphate)O

5. Entretien

5.1. Mécanique

- Un contremaître (AM)
- Trois chaudronniers soudeurs
- Trois ouvriers
- Trois mécaniciens au garage pour DIAPAGA

5.2. Electricité

- Un contremaître (AM)
- Trois électriciens dont un métrologue pour DIAPAGA
- Trois ouvriers

5.3. Magasin

- Un magasinier (AM)
- Un O.S
- Un coursier O
- Un chauffeur O

6. Services généraux

6.1. Cour

- Deux O.S (nettoyage bureaux et services sociaux)O

6.2. Gardiennage

- Quatre gardiens O

7. Divers

- Un homme à tout faire (menuisier - vitrier-peintre-chauffeur-rondier-) O

8. Récapitulatif des nouvelles installations

- Burkinabés : (79 personnes).
- Six cadres dont le directeur d'exploitation
- Dix agents de maîtrise,
- Soixante-trois (ouvriers et employés).

1.5.3. Unité de production d'engrais de Koupéla

1.5.3.1. Description

L'unité de production d'engrais à Koupéla sera le siège des activités industrielles ci-après :

- Fabrication de phosphate naturel acidulé à partir du phosphate naturel de Kodjari et de l'acide sulfurique importé via le port de Lomé ;
- Granulation du phosphate naturel partiellement acidulé ;
- Mélange d'engrais.

Cette unité industrielle permettra de produire du phosphate naturel partiellement acidulé granulé. Sous cette forme granulée, le phosphate naturel partiellement acidulé pourra être plus facilement épandu par les producteurs ou être utilisé pour produire des engrais composés NPK à partir des unités de mélange d'engrais en vrac (bulkblending). Du coup, l'épineuse question de la forme pulvérulente du Burkinaphosphate sera résolue.

1.5.3.2. Technique de production et équipements nécessaires

Le process de fabrication consistera à l'acidulation partielle du phosphate naturel de Kodjari avec de l'acide sulfurique tel que décrit ci-dessus suivie d'une granulation. Le phosphate naturel partiellement acidulé après granulation sera mélangé avec d'autres engrais simples pour produire des engrais composés (NP, NPK, etc.).

1.5.3.3. Coût des investissements

Les investissements nécessaires pour la réalisation de l'usine de Koupéla s'élèvent à **4 361 480 894 FCFA**. Le détail des coûts est donné au tableau 42 ci-dessous :

Tableau 42 : Coût des investissements concernant l'usine de Koupéla

Usine de Koupéla		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
1	FRAIS GENERAUX DE CREATION DE L'USINE	
	Acquisition de terrain et formalités administratives	-
	Embranchement électrique	10 000 000
	Etudes d'impact environnement	1 582 000
	Montage de l'usine (mécanique)	172 247 632
	Montage de l'usine (électrique)	-
	Essai de l'usine	-
	Constitution de la société	
	Frais de notariat (en fonction du capital)	-
	Frais bancaires	25 000

Usine de Koupéla		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
	Formalités administratives de constitution	47 500
	Cérémonie d'inauguration	8 778 000
	Frais de recrutement du personnel	11 700 000
	Sous-Total Frais généraux	204 380 132
2	CONSTRUCTIONS	
	Bâtiment administratif	140 159 535
	Bâtiment production engrais et stockage	837 662 688
	Bâtiment de production de phosphate acidulé	807 074 793
	Salle de conduite	13 236 607
	Salle d'entretien	13 236 607
	Vestiaires	17 210 400
	Magasin de stockage de pièces de rechange	4 051 625
	Réfectoire	7 000 000
	Toilettes	8 318 100
	Château d'eau	8 735 000
	Local transfo	3 193 710
	Clôture	130 497 600
	Parking	5 816 075
	Infirmierie	39 884 569
	Sous-total Constructions	2 036 077 309
3	INSTALLATIONS ET AMENAGEMENTS	
	Prestations communes	94 992 965
	Enseignes lumineuses et balises	742 000
	Sécurité incendie	27 115 712
	Adjonction prises inform. et ondulées	1 540 000
	Panneaux publicitaires	2 586 000
	Pompe de gasoil	12 000 000
	Sous-total Installations et aménagements	138 976 677
4	GROS MATERIELS INDUSTRIELS	
	Chargeuse SHANTUI	103 800 000
	Trémie acide 80t + raccordement	43 250 000
	Trémie de réception de phosphate brut	40 000 000
	Transporteuse à bande	20 000 000
	Moteur transporteuse	10 000 000

Usine de Koupéla		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
	Réacteur	40 000 000
	Moteur du réacteur	10 000 000
	Vis Transporteuse	20 000 000
	Moteur de la vis	10 000 000
	Séchoir alu	45 000 000
	Moteur du séchoir alu	10 000 000
	Vis Transporteuse	20 000 000
	Moteur de la vis	10 000 000
	Granulateur	45 000 000
	Moteur Granulateur	15 000 000
	Transporteuse à bande	20 000 000
	Moteur transporteuse	10 000 000
	Armoires élect + pupitre (2)	200 000 000
	Compresseur d'air + canaux	18 000 000
	Palan électrique et accessoires 5tonnes + ossature	10 000 000
	Matériel mélangeur	213 846 000
	Matériels accessoire mélangeur	15 456 381
	Lot de pièces de rechange mélangeur	2 045 800
	Tête couseuse	3 367 200
	Bascule pour sacs	1 565 000
	Pont bascule et génie civil	62 567 790
	Sous-total Gros Matériels industriels	998 898 171
5	MATERIELS INDUSTRIELS	
	Transformateur fréquence DANFOSS	2 573 700
	Carte électronique de l'automate	1 106 140
	Sous-total matériel industriel	3 679 840
6	OUTILLAGES INDUSTRIELS	
	Palettes	560 000
	Chariot	58 327 800
	Chariot élévateur 3t SHANTUI	82 800 000
	Travaux électriques industriels	32 620 000
	Machine à meuler	66 000
	Brouette	418 000
	Transformateur HT SONABEL	5 544 800

Usine de Koupéla		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
	Etagères métalliques	1 609 740
	Chariots élévateurs 5t Shantui	36 000 000
	Bandes transporteuses	3 527 725
	Elévateurs à godets	1 263 000
	Pièces de rechange (1lot)	2 790 000
	Flexibles et pièces mécaniques	1 677 500
	Palan électrique et accessoires	10 000 000
	Compresseur	18 000 000
	Pneumatiques	1 434 200
	Machine à coudre	396 000
	Couseuses portables	1 464 000
	Groupe électrogène	45 000 000
	Chargeuse Shantui 3,5m3	103 000 000
	Outillage entretien mécanique	20 000 000
	Sous-total outillage	436 498 765
7	MATERIELS ET MOBILIER	
	Mobilier bureau (tables)	4 000 000
	Chaises de bureau	1 800 000
	Chaises visiteurs	880 000
	Machine à écrire (avec Ruban)	180 000
	Imprimante HP DESKJET	120 000
	Imprimante laser	850 000
	Réfrigérateur	500 000
	Ordinateurs de bureau (15)	7 500 000
	Ordinateurs portables (4)	1 400 000
	Routeur CISCO avec câble V35	1 400 000
	Tableau d'affichage	35 000
	Armoires (10)	750 000
	Agrafeuse géante	105 000
	Machine à relier	350 000
	Agrafeuse de bureau	750 000
	Carte réseau informatique	214 000
	Coffre-fort	713 000
	Onduleur	3 000 000

Usine de Koupéla		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
	Autocoms (8externes et 100 internes)	2 500 000
	Postes téléphoniques (40)	1 700 000
	Sous-total Matériels et Mobiliers	28 747 000
8	MATERIEL DE TRANSPORT	
	Moto (YAMAHA 100 OU DT)	3 600 000
	TOYOTA LC double Cabine	75 000 000
	4x4 double cabine (Véhicule)	50 000 000
	Camions (3) livraison	145 623 000
	Camions remorques semi benne 33m ³ (3)	240 000 000
	Sous-total Matériel de transport	514 223 000
	Total investissement	4 361 480 894

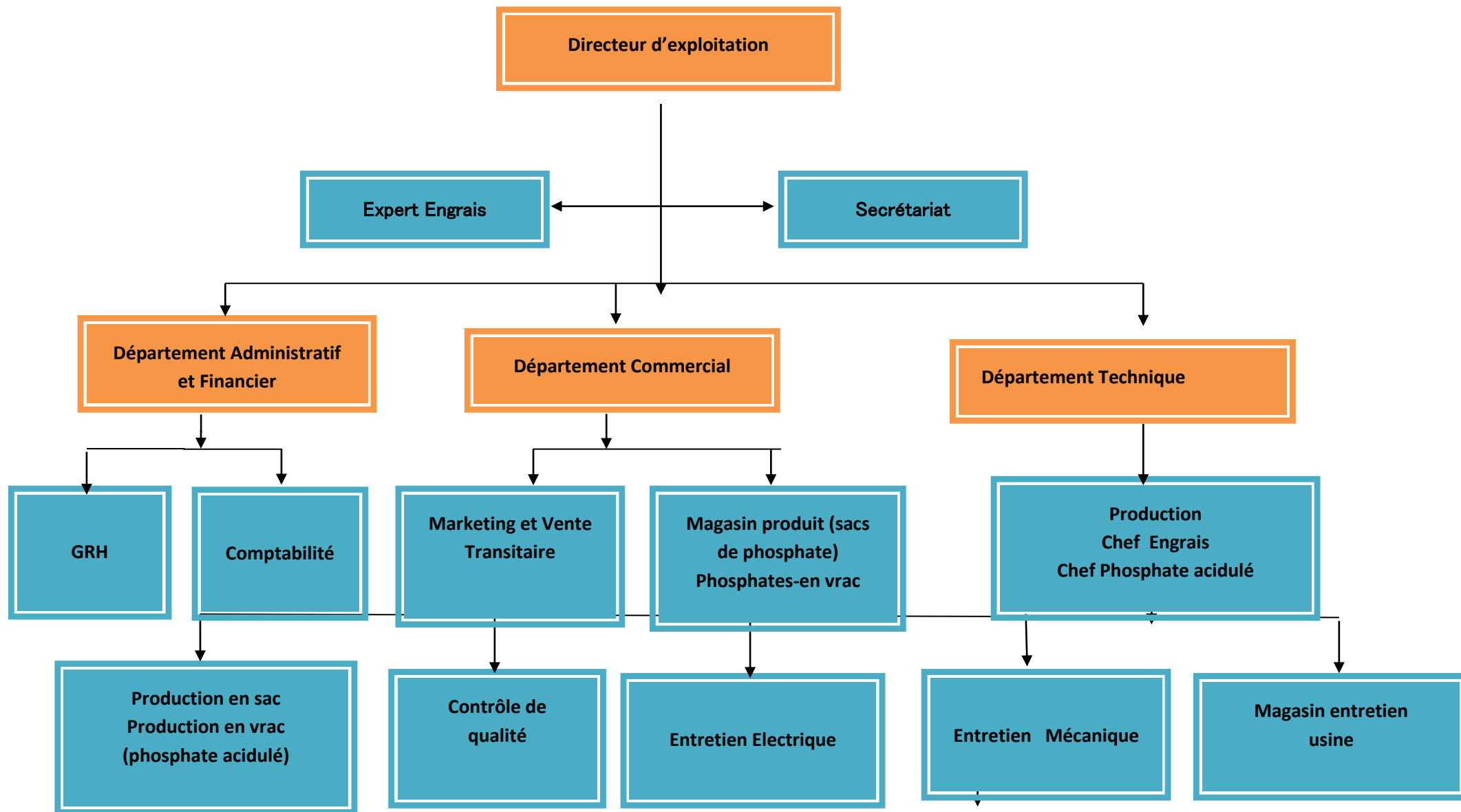
Le coût de fonctionnement annuel, hors salaires et charges salariales, est estimé à **561 330 000 FCFA** (Cf. tableau 42 ci-dessous).

Tableau 43 : Coût de fonctionnement de l'usine de Koupéla

FONCTIONNEMENT DE L'USINE	Montant en FCFA
Carburant (relai groupe)	6 300 000
Carburant (Véhicules et engins)	252 000 000
Electricité	240 000 000
Entretien usine	360 000
Téléphone	3 600 000
Consommables ateliers	-
Chaussures ouvriers	880 000
Tenues ouvriers	700 000
Gants	5 760 000
Casques	700 000
Imprévus	51 030 000
Sous-total fonctionnement de l'usine	561 330 000
Salaires (à déterminer, voir plus loin)	

1.5.3.4. Organigramme de fonctionnement et personnel requis

Le projet d'organigramme de fonctionnement de l'unité industrielle de Koupéla est ci-dessous décrit :



Les effectifs requis pour le fonctionnement de l'unité industrielle se composent comme suit :

1. Direction d'exploitation :

- Un Directeur d'exploitation (cadre)
- Un expert engrais
- Une Secrétaire (E)
- Un chauffeur (E)

2. Département administratif et financier

- Un chef de département (cadre)
- Un comptable (AM)
- Un Chef de personnel (AM)
- Une Secrétaire(E)

3. Département Commercial

- Un chef de département (cadre)
- Un agent commercial (AM)
- Un agent marketing (AM)
- Un agent de vente (AM)
- Deux transitaires (AM)

4. Département technique

- Un chef de département (cadre)
- Chef de production sac d'engrais (cadre)
- Un chef de production phosphate acidule (cadre)

4.1. Laboratoire (essais physiques et chimiques, contrôle de fabrication en 3 x 8)

- 2 laborantins AM

4.2. Production unité 1 et unité 2

Déchargement matière

- Un agent technique (OS)
- Huit ouvriers (dont quatre par unité) O

Unité de broyage

- 3 conducteurs chargeuse O
- 3 conducteurs de fourchette O
- 3 roudiers O
- 3 pupitreurs O

4.3. Expéditions

- Un chef d'expéditions (AM)
- Quatre ouvriers spécialisés d'expédition O
- Huit ouvriers expéditeurs O
- Quatre ouvriers d'ensachage O

4.4. Transport

- 3 chauffeurs camions Diapaga - Koupéla (phosphate)O

5. Entretien

5.1. Mécanique

- Un contremaître (AM)
- Un chaudronnier soudeur
- Trois ouvriers
- Trois mécaniciens pour DIAPAGA et KODJARI

5.2. Electricité

- Un contremaître AM
- Trois électriciens dont un métrologue pour DIAPAGA et KODJARI
- Trois ouvriers

5.3. Magasin

- Un magasinier (AM)
- Un O.S
- Un coursier O
- Un chauffeur O

6. Services généraux

6.1. Cour

- Deux O.S (nettoyage bureaux et services sociaux)O

6.2. Gardiennage

- Quatre gardiens O

7. Divers

- Un homme à tout faire (menuisier - vitrier-peintre-chauffeur-rondier-)O

8. Récapitulatif

- Burkinabè : (86 personnes).
- Un expatrié (Un expert engrais)
- Douze (12) cadres dont le Directeur d'exploitation
- Onze (11) agents de maîtrise,
- Soixante-trois (63) (ouvriers et employés).

1.5.4. Unité de production d'engrais de Bobo-Dioulasso

1.5.4.1. Description

L'unité de production d'engrais de Bobo-Dioulasso consistera en un mélange d'engrais à partir du phosphate naturel partiellement acidulé et des matières premières importées de manière à satisfaire les besoins en engrais de la SOFITEX (NPKSB) et des cultures vivrières (NP, NPK). Elle sera alimentée en :

- phosphate naturel partiellement acidulé à partir de Koupéla ;
- matières premières importées à partir d'Abidjan.

1.5.4.2. Technique de production et équipements nécessaires

La technique de production qui sera mise en œuvre sera donc celle du mélange en vrac (bulkblending).

Le procédé du mélange d'engrais en vrac consiste à mélanger physiquement deux ou trois engrais simples qui sont chimiquement non ou très peu réactifs. Les produits provenant des usines de mélange sont appelés engrais de mélange ou tout simplement mélanges. Les matières premières utilisées dans la fabrication des mélanges sont des engrais simples.

L'un des avantages du procédé de mélange en vrac est sa flexibilité : un mélangeur peut, sans frais supplémentaires, fabriquer des dosages spéciaux, adaptés aux cultures et aux conditions des sols. Le mélange en vrac permet donc de répondre aux besoins des agriculteurs.

L'azote (N) utilisé dans les mélanges provient principalement de l'urée, du nitrate d'ammonium, du sulfate d'ammonium et du nitrate de potassium. Le phosphate contenu dans la plupart des mélanges provient principalement du phosphate diammonique (DAP). Bien que le DAP serve souvent de principale source d'azote et de phosphore, d'autres sources de phosphates sont le super phosphate triple (TSP), le super phosphate simple (SSP), le phosphate monoammonique (MAP) et le phosphate naturel partiellement acidulé comme envisagé dans le cas de la présente étude. Le chlorure de potassium (MOP) reste presque toujours la source de potassium (K).

La liste des matériaux les plus souvent utilisés dans les mélanges en vrac est donnée au tableau ci-dessous :

Tableau 44 : Liste des engrais utilisés dans les mélanges en vrac

Matériaux	Symbole	Teneurs			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
Nitrate d'ammonium	AN	34	0	0	
Sulfate d'ammonium	AS	21	0	0	24
Urée		46	0	0	
Phosphate diammonique	DAP	18	46		
Phosphate monoammonique	MAP	11	52	0	
Super phosphate triple	TSP	0	46	0	
Chlorure de potassium	MOP	0	0	60	
Sulfate de potassium	SOP	0	0	50	17
Sulfate de potassium magnésie	SPM	0	0	21	22

1.5.4.3. Coût des investissements et de fonctionnement

Les investissements prévus pour être réalisés à Bobo-Dioulasso coûteront au total **2 917 965 637 FCFA**. Le détail est donné au tableau 45 ci-dessous :

Tableau 45 : Coût des investissements à Bobo-Dioulasso

Usine de Bobo-Dioulasso		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
1	FRAIS GENERAUX DE CREATION DE L'USINE	
	Acquisition de terrain et formalités administratives	-
	Embranchement électrique	10 000 000
	Etudes d'impact environnement	1 077 000
	Montage de l'usine (mécanique)	48 759 361
	Essai de l'usine en charge	-
	Constitution de la société	
	Frais de notariat (en fonction du capital)	-
	Formalités administratives de constitution	47 500
	Cérémonie d'inauguration	8 778 000
	Frais de recrutement du personnel	11 700 000
	Sous Total Frais généraux	80 361 861
2	CONSTRUCTIONS	
	Bâtiment administratif	140 159 535
	Bâtiment de production et stockage	837 662 688
	Salle de conduite	13 236 607
	Salle d'entretien	13 236 607
	Vestiaires-	17 210 400

Usine de Bobo-Dioulasso		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
	Magasin de stockage de pièces de rechange	4 051 625
	Réfectoire	7 000 000
	Toilettes	8 318 100
	Château d'eau	8 735 000
	Local transfo	3 193 710
	Clôture	130 497 600
	Parking	5 816 075
	Infirmierie	39 884 569
	Sous-total Constructions	1 229 002 516
3	INSTALLATIONS ET AMENAGEMENTS	
	Prestations communes	94 992 965
	Enseignes lumineuses et balises	742 000
	Sécurité incendie	7 943 519
	Adjonction prises inform. et ondulées	1 540 000
	Panneaux publicitaires	2 586 000
	Pompe de gasoil	12 000 000
	Sous-total Installations et aménagements	119 804 484
4	GROS MATERIELS INDUSTRIELS	
	Chargeuse Shantui	103 800 000
	MAT 01 Mélangeur	213 846 000
	MAT 02 ACCESSOIRE Mélangeur	15 456 381
	MAT 03 Lot de rechange Mélangeur	2 045 800
	Tête couseuse	3 367 200
	Bascule pour sacs	1 565 000
	Pont bascule et Génie civil	62 567 790
	Sous-total Gros Matériels industriels	402 648 171
5	MATERIELS INDUSTRIELS	
	Transformateur fréquence DANFOSS	2 573 700
	Carte électronique de l'automate	1 106 140
	Sous-total Matériels industriels	3 679 840
6	OUTILLAGES INDUSTRIELS	
	Palettes	560 000
	Chariot	58 327 800
	Chariot élévateur 3t SHANTUI	82 800 000
	Travaux électriques industriels	32 620 000
	Machine à meuler	66 000
	Brouette	418 000

Usine de Bobo-Dioulasso		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
	Transformateur HT SONABEL	5 544 800
	Etagères métalliques	1 609 740
	Chariot élévateur 5t Shantui	36 000 000
	Bandes transporteuses	3 527 725
	Elévateur à godets	1 263 000
	Pièces de rechange (1lot)	2 790 000
	Flexibles et pièces mécaniques	1 677 500
	Palan électrique et accessoires	10 000 000
	Compresseur	18 000 000
	Pneumatiques	1 434 200
	Machine à coudre	396 000
	Couseuses portables	1 464 000
	Groupe électrogène	45 000 000
	Chargeuse Shantui 3,5m ³	103 000 000
	Outillage entretien mécanique	20 000 000
	Outillage entretien électrique	10 000 000
	Sous-total Outillages industriels	436 498 765
7	MATERIELS ET MOBILIERS	
	Mobilier de bureau (tables)	4 000 000
	Chaises de bureau	1 800 000
	Chaises visiteurs	880 000
	Machine à écrire (avec Ruban)	180 000
	Imprimante HP DESKJET	120 000
	Imprimante laser	850 000
	Réfrigérateur	500 000
	Ordinateurs de bureau (15)	7 500 000
	Ordinateurs portables (4)	1 400 000
	Routeur CISCO avec câble V35	1 400 000
	Tableau d'affichage	35 000
	Armoires (10)	750 000
	Agrafeuse géante	105 000
	Machine à relier	350 000
	Agrafeuse de bureau	750 000
	Carte réseau informatique	214 000
	Coffre-fort	713 000
	Onduleur	3 000 000
	Autocoms(8externes et 100 internes)	2 500 000

Usine de Bobo-Dioulasso		
	DESIGNATION DES IMMOBILISATIONS	Montant en FCFA
	Postes téléphoniques (40)	1 700 000
	Sous-total Matériels et mobiliers	28 747 000
8	MATERIEL DE TRANSPORT	
	Moto (YAMAHA 100 OU DT)	3 600 000
	TOYOTA LC double cabine	75 000 000
	4x4 double cabine (Véhicule)	50 000 000
	Camions (3) livraison	145 623 000
	Camions remorques semi benne 33M ³ (3)	240 000 000
	Sous-total Matériel de transport	617 223 000
	Total investissement à Bobo-Dioulasso	2 917 965 637

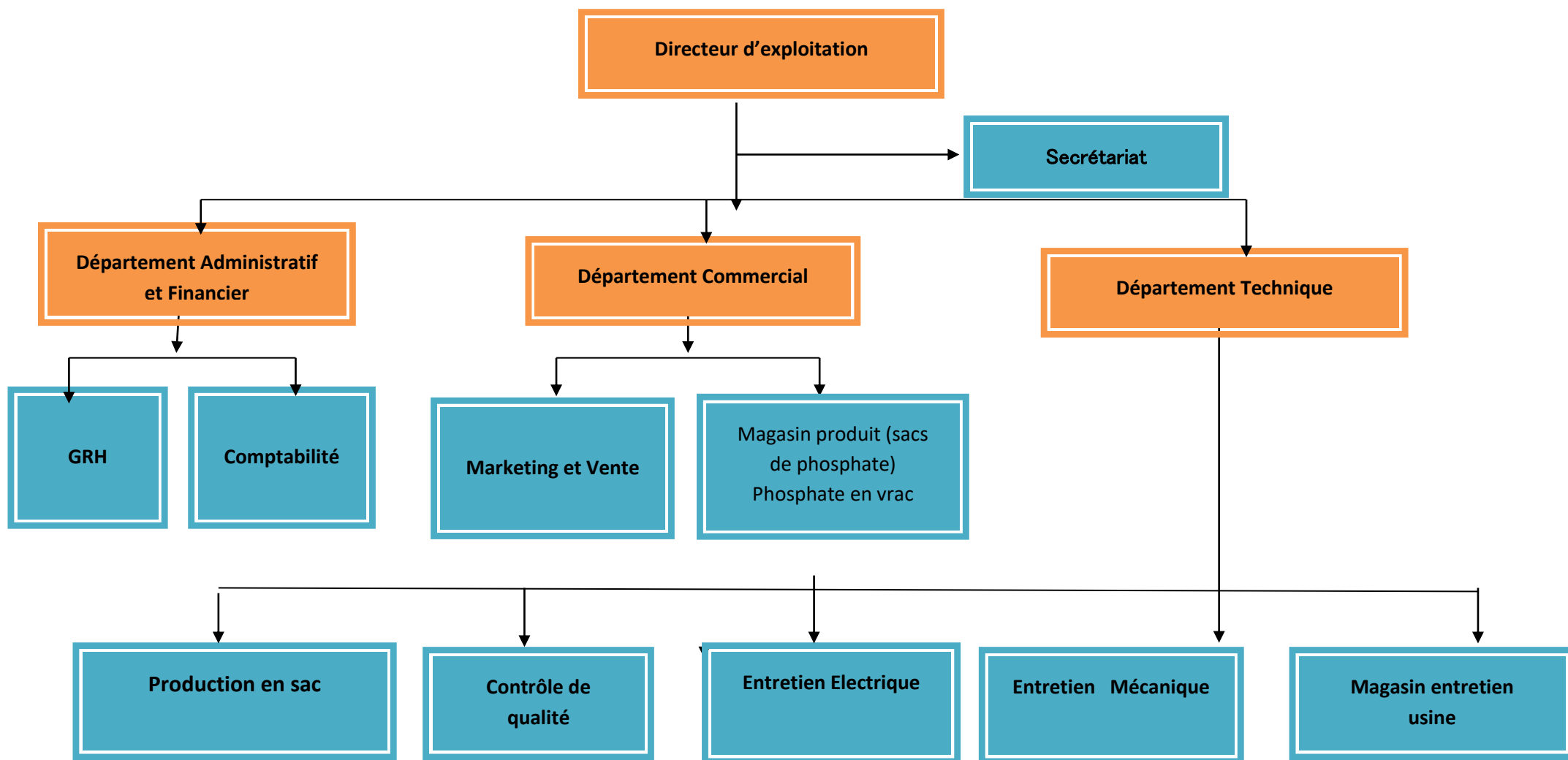
Le fonctionnement de l'usine de Bobo-Dioulasso coûtera **563 319 900** FCFA hors salaires et charges salariales. Ce coût de fonctionnement est présenté au tableau 46 ci-dessous :

Tableau 46 : Coût de fonctionnement de l'usine de Bobo-Dioulasso

FONCTIONNEMENT DE L'USINE	Montant en FCA
Carburant (relai groupe)	6 300 000
Carburant (Véhicules et engins)	252 000 000
Electricité	240 000 000
Entretien usine	360 000
Téléphone	3 600 000
Consommables ateliers	-
Chaussures ouvriers	1 078 000
Tenues ouvriers	857 500
Gants	7 056 000
Casques	857 500
Imprévus	51 210 900
Sous-total fonctionnement de l'usine	563 319 900
Salaires (à déterminer, voir plus loin)	

1.5.4.4. Organigramme de fonctionnement et personnel requis

Le projet d'organigramme de l'usine de Bobo-Dioulasso se présente comme suit :



1. Direction d'exploitation

- Un Directeur d'exploitation (cadre)
- Une Secrétaire (E)
- Un chauffeur (E)

2. Département administratif et financier

- Un chef de département (cadre)
- Un comptable (AM)
- Chef de personnel (AM)
- Secrétariat (E)

3. Département Commercial

- Un chef de département (cadre)
- Un agent commercial (AM)
- Un agent marketing (AM)
- Un agent de vente (AM)
- Deux transitaires (AM)

4. Département technique

- Un chef de département (cadre)

4.1. Laboratoire (essais physiques et chimiques, contrôle de fabrication en 3 x 8)

- 1 laborantin (AM)

4.2. Production

- Un chef de production

Déchargement matière

- Un agent technique (OS)

Unité de mélange

- 3 conducteurs chargeuse O
- 3 conducteurs de fourchette O
- 3 pupitreurs O

4.3. Expéditions

- Un chef d'expéditions AM
- Huit ouvriers occasionnels expéditeurs O
- Quatre ouvriers d'ensachage O

4.4. Transport

- 3 chauffeurs camions livraison d'engrais

5. Entretien

5.1. Mécanique

- Un contremaître (AM)
- Trois ouvriers
- Trois mécaniciens

5.2. Electricité

- Un contremaître (AM)
- Trois électriciens dont un métrologue

6. Services généraux

6.1. Cour

- Deux O.S (nettoyage bureaux et services sociaux)O

6.2. Gardiennage

- Trois gardiens O

7. Divers

- Un homme à tout faire (menuisier - vitrier-peintre-chauffeur-rondier-)O

8. Récapitulatif

- Burkinabè : (62 personnes),
- Quatre (4) cadres,
- Douze (12) agents de maîtrise,
- Quarante-six (46) ouvriers et employés.

1.5.5. Synthèse des coûts d'investissement et de fonctionnement

La synthèse des coûts d'investissement et de fonctionnement est présentée au tableau 46. Ce récapitulatif permet d'avoir un aperçu des coûts d'investissement, ainsi que des coûts de fonctionnement pour une année par unité industrielle.

L'analyse financière et économique, abordée dans les parties suivantes de l'étude, fera une présentation complète de ces coûts en tenant compte notamment des charges additionnelles.

Tableau 47: Récapitulatif des coûts en FCFA

N°	RUBRIQUE	USINE DE BOBO	MINE DE PHOSPHATES DE KODJARI	USINE DE KOUPELA	CENTRE DE BROYAGE DE DIAPAGA
I	FRAIS GENERAUX DE CREATION DE L'USINE	80 361 861	3 258 000	204 380 132	115 384 511
II	CONSTRUCTIONS	1 229 002 516	205 127 336	2 036 077 309	1 270 509 078
III	INSTALLATIONS ET AMENAGEMENTS	119 804 484	83 005 380	138 976 677	111 025 758
IV	GROS MATERIELS INDUSTRIELS	402 648 171	2 174 231 588	998 898 171	270 167 790
V	MATERIELS INDUSTRIELS	3 679 840	-	3 679 840	2 482 000 000
VI	OUTILLAGES INDUSTRIELS	436 498 765	-	436 498 765	84 894 800
VII	MATERIELS ET MOBILIERS	28 747 000	2 216 000	28 747 000	28 747 000
VIII	MATERIEL DE TRANSPORT	617 223 000	281 000 000	514 223 000	617 223 000
IX	FRAIS DE FONCTIONNEMENT (HORS SALAIRES) POUR UNE ANNEE	563 319 900	533 074 300	561 330 000	561 052 800
X	MISE EN ETAT DE L'UNITE DE BROYAGE 1	-	-	-	71 300 000
	TOTAL	3 481 285 537	3 281 912 604	4 922 810 894	5 612 304 737
	Imprévus	348 128 554	328 191 260	492 281 089	561 230 474
	TOTAL	3 829 414 091	3 610 103 864	5 415 091 984	6 173 535 210
	TOTAL	19 028 145 150			

1.6. SCHEMA D'INVESTISSEMENT PROPOSE

Il est tout à fait clair que la réalisation d'un seul coup de l'ensemble des unités industrielles prévues est assez difficile sur le plan financier. C'est ainsi qu'il est proposé le programme d'investissement suivant qui comporte deux étapes :

- **Etape 1 : Réalisation des unités industrielles de Kodjari, Diapaga et Koupéla.**
Le phosphate brut viendrait de Diapaga, l'acide sulfurique, les engrais simples et les autres matières premières nécessaires seraient importés via le port de Lomé. A cette étape, il sera possible de produire à la fois du Burkinaphosphate et du phosphate partiellement acidulé à partir des phosphates naturels de Kodjari. Ces deux types de produits permettront d'assurer le phosphatage de fond des sols qui en ont besoin et de mettre à la disposition des producteurs agricoles des formules d'engrais adaptées issues de l'unité de mélange en vrac (bulk blending) prévue à Koupéla. Ainsi, le problème d'approvisionnement en engrais des parties Est et Centre du Burkina pourrait être plus facilement résolu.
- **Etape 2 : Réalisation de l'unité de mélange d'engrais de Bobo-Dioulasso.** Le phosphate partiellement acidulé viendrait de Koupéla, les engrais simples et les autres matières premières nécessaires seraient importés via le port autonome d'Abidjan. Mais avant l'investissement dans une unité de mélange en vrac, il sera sollicité la coopération de la CIPAM qui est parfaitement en mesure d'assurer cette production industrielle. Cette solution permet de mieux exploiter les infrastructures, les équipements et le personnel de la CIPAM dans le cadre d'un partenariat public-privé. Lors de l'étude de faisabilité, les responsables de la CIPAM se sont montrés intéressés par un tel schéma d'investissement. L'unité de mélange d'engrais de Bobo-Dioulasso permettra d'assurer l'approvisionnement en engrais de la partie Ouest du Burkina dans de meilleures conditions.

Ce schéma industriel permet d'organiser la création de manière progressive des différentes unités industrielles prévues en fonction des ressources financières qui seront rendues disponibles. Par ailleurs, il donne assez de temps pour la mobilisation des bailleurs de fonds et du secteur privé nationaux et internationaux intéressés.

CONCLUSION PARTIELLE

A cette étape de l'étude, on peut tirer une conclusion partielle positive en ce qui concerne la réalisation d'une usine de production d'engrais à partir des phosphates naturels de Kodjari. De tous les procédés de transformation examinés, l'acidulation partielle avec l'acide sulfurique se révèle comme celui le mieux adapté au phosphate naturel de Kodjari. Par ailleurs, les engrais fabriqués à partir de ce procédé ont montré une bonne efficacité agronomique comparativement à celle du superphosphate triple. Tous ces facteurs favorables permettent de conclure à la faisabilité technique de l'usine de fabrication d'engrais à partir des phosphates naturels de Kodjari. Cependant, l'Etat devra prendre la décision de réhabiliter les tronçons Kantchari-Diapaga et Diapaga-Kodjari pour permettre le transport des phosphates naturels depuis leur localisation jusqu'à leurs lieux de broyage et de transformation.

DEUXIEME PARTIE : FAISABILITE FINANCIERE ET ECONOMIQUE

2.1. ANALYSE DE LA RENTABILITE FINANCIERE ET ECONOMIQUE

2.1.1. Analyse de la rentabilité financière

L'analyse de la rentabilité financière est basée sur les trois scénarios sus-évoqués relatifs à l'évolution de la demande potentielle future en engrais. Pour chacun de ces scénarios, il a été calculé les principaux déterminants de la rentabilité financière, à savoir :

- Les recettes attendues ;
- Les dépenses de fonctionnement ;
- L'amortissement ;
- Le bénéfice imposable ;
- L'impôt sur le bénéfice ;
- Le cash flow.

Plusieurs hypothèses ont été formulées. Il faut toutefois rappeler que dans la situation actuelle, trois usines ont été retenues : Kodjari, Diapaga et Koupéla. En effet, dans la première estimation qui incluait l'usine de Bobo-Dioulasso, le coût global de l'investissement s'élevait à plus de 19 milliards de FCFA. Lors des entretiens avec l'Ambassade de la République Chine Taïwan, il ressort que ce coût était élevé et aussi il a été retenu dans un premier temps de ne prendre en considération que les usines précédemment citées et dans un second temps celle de Bobo-Dioulasso.

Les hypothèses ci-après ont été formulées :

- a) Le prix estimatif de l'acide sulfurique pour le traitement du phosphate brut à partir de deux considérations :
 - ❖ Le prix estimatif de l'acide sulfurique est pris à 20% de la valeur moyenne CAF des importations d'engrais ;
 - ❖ Le prix approximatif du litre d'acide vendu au détail.
- b) Trois scénarii ont été proposés dans la détermination de la valeur actuelle nette (VAN) et du taux de rentabilité interne (TRI). En rappel, ces scénarii correspondent à l'évolution de la production de phosphate naturel qui se présente comme suit :
 - Scénario 1 : Taux de croissance de 20% par an de l'année 1 à l'année 10
 - Scénario 2 : Taux de croissance de 20% par an de l'année 1 à l'année 5, puis de 25% de l'année 6 à l'année 10
 - Scénario 3 : Taux de croissance de 20% par an de l'année 1 à l'année 5, puis de 15% de l'année 6 à l'année 10.
- c) Il a été pris en considération le bitumage de la route Kantchari – Diapaga - Kodjari d'une valeur de 55 milliards FCFA.

- d) Dans un souci de protection des ressources naturelles qui sont des biens ayant un prix, nous avons évalué les quantités prélevées au prix de la ressource phosphate naturel. Ce sont les royalties qui doivent être reversées à l'Etat. On a incorporé la valeur dans les matières premières qui sont incluses dans les charges de fonctionnement.

Au regard de ces hypothèses, différents calculs ont été faits afin de déterminer la VAN, le TRI et le prix de revient du kg d'engrais produit. Ceci a permis de calculer le prix de vente au consommateur.

2.1.1.1. Hypothèse du prix de l'acide sulfurique à 20% des importations d'engrais

Dans l'hypothèse du prix de l'acide sulfurique à 20% du coût des importations et en prenant en considération le bitumage de la route et les royalties, on se rend compte que le TRI varie entre 176% et 186% suivant les trois scénarii définis. Par ailleurs, le prix de revient se situe entre 67 et 79 FCFA le kg. Ce prix est nettement inférieur au prix subventionné qui est de 255 FCFA. Cela signifie qu'il y a un soulagement du budget de l'Etat.

Sur la base de cette hypothèse, la valeur actuelle nette (VAN) et le taux de rentabilité interne (TRI) ont été calculés au tableau 48 ci-dessous :

Tableau 48 : Détermination de la VAN et du TRI selon l'hypothèse du prix de l'acide sulfurique à 20% des importations d'engrais

		Taux d'actualisation ou taux d'intérêt	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Global	VAN	5%	498 673 647 885	558 497 615 043	445 577 001 236
		10%	348 449 894 367	386 265 046 905	314 794 590 005
	TRI		165%	166%	165%
	Prix de revient du kg		53	48	58
Sans Bobo	VAN	5%	505 822 077 616	565 646 044 774	452 725 430 968
		10%	405 346 463 083	392 494 908 923	321 024 452 023
	TRI		209%	209%	209%
	Prix de revient du kg		50	45	55
Sans Bobo avec bitumage	VAN	5%	451 431 233 181	536 321 837 126	423 401 223 320
		10%	600 952 913 996	370 220 853 165	298 750 396 265
	TRI		176%	186%	185%
	Prix de revient du kg		62	56	68
Sans Bobo avec bitumage +achat de la matière 1ère	VAN	5%	451 431 233 181	536 321 837 126	423 401 223 320
		10%	600 952 913 996	370 220 853 165	298 750 396 265
	TRI		176%	186%	185%
	Prix de revient du kg		73	67	79

2.1.1.2. Hypothèse du prix de l'acide sulfurique à 675F/l

Dans cette hypothèse, la quantité d'acide sulfurique utilisée peut être exprimée en volume ou en poids.

Les essais agronomiques ont montré que les produits issus de l'acidulation partielle au taux de 72, 9% avec l'acide sulfurique ou de 30% avec l'acide phosphorique donnent les meilleurs rendements. Ces produits ont donc la meilleure efficacité agronomique relative comparativement au super phosphate triple (TSP), ce qui démontre bien la qualité du procédé de transformation.

Pour parvenir à ces produits, il faut utiliser 2 270 g de phosphate naturel (acidulation partielle + granulation) et 745,01 g ou 407 ml d'acide sulfurique concentré à 100%.

En d'autres termes, pour traiter 1g de phosphate naturel, il faut :

- 745,01g/2 270 g = 0,33 g d'acide sulfurique ou
- 407 ml/2 270 g = 0,18 ml d'acide sulfurique

Par ailleurs, le prix du litre d'acide a été estimé (675 FCFA) à partir du prix au détail. On a considéré que ce prix au détail était deux fois plus élevé que le prix de gros.

Tableau 49 : Détermination de la VAN et du TRI selon l'hypothèse du prix de l'acide sulfurique à 675FCFA/l

		Taux d'intérêt	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Global	VAN	5%	315 781 613 538	375 605 580 696	262 684 966 890
		10%	218 771 078 335	256 586 230 873	185 115 773 973
	TRI		113%	114%	112%
	Prix de revient du kg		131	119	145
Sans Bobo	VAN	5%	322 930 043 269	382 754 010 427	269 833 396 621
		10%	435 595 400 611	262 816 092 891	191 345 635 991
	TRI		141%	142%	141%
	Prix de revient du kg		129	117	55
Sans Bobo avec butimage	VAN	5%	293 605 835 621	353 429 802 780	240 509 188 973
		10%	397 117 995 035	240 542 037 133	169 071 580 233
	TRI		120%	120%	119%
	Prix de revient du kg		141	127	155
Sans Bobo avec butimage +achat de la matière 1ère	VAN	5%	268 570 368 602	326 001 377 074	217 597 587 820
		10%	364 783 699 151	221 277 113 698	152 665 475 074
	TRI		111%	112%	110%
	Prix de revient du kg		151	138	166

En prenant tous les coûts comme le cas précédent, à savoir le bitumage et les royalties, on s'aperçoit que la rentabilité est moins grande et le prix de revient plus élevé. Quoi qu'il en soit, le TRI reste toujours élevé puisqu'il varie entre 110 et 112% avec un prix de revient estimé dans l'intervalle fermé de 138-166 FCFA. Si nous formulons l'hypothèse que c'est le prix usine, et en incorporant différents fais jusqu'au consommateur, nous obtiendrons le prix d'achat suivant pour l'exploitant agricole :

Tableau 50 : Estimation du prix d'achat pour l'exploitant agricole

Rubriques	Prix (FCFA)	Observations
Prix moyen usine	152	Il a été pris le prix incorporant le bitumage, les royalties et l'acide sulfurique
Frais de transport, manutention, stockage (50% du prix usine)	76	C'est une estimation au regard des coûts élevés de ces rubriques
Bénéfice brut (20% autorisé des deux rubriques)	46	L'Etat pourra limiter les marges bénéficiaires au regard de sa politique alimentaire
Prix de vente consommateur	274	

Il ressort de ces estimations des valeurs actualisées nettes positives de plus de 217,6 milliards de FCFA quel que soit le scénario retenu. Dans le scénario 2, avec l'acide sulfurique représentant 20% des importations, on peut avoir une VAN de 535 milliards FCFA.

Les détails des calculs concernant ces VAN et TRI sont en donnés en annexes.

2.1.2. Analyse de la rentabilité économique

2.1.1.3. Evaluation des effets directs

2.1.1.3.1. Au niveau macroéconomique :

a) Finances de l'Etat

Chaque année les importations d'engrais se chiffrent en moyenne officiellement à 38 milliards FCFA. Ce qui représente une grande perte de devises pour le pays. Au regard des importations clandestines que nous chiffrons à 50% des importations officielles, il se dégage un manque à gagner pour la Nation de 57 milliards FCFA/an. En ajoutant les exonérations fiscales dont la TVA de 18%, on aura 67,26 milliards FCFA. Sur une période de 10 ans, cela représente 672,6 milliards FCFA, soit près de la moitié du budget annuel du pays. Les royalties s'élèveront à 50 463 669 600 FCFA, soit un revenu moyen écologique de plus de 5 milliards FCFA par an sur 10 périodes. Vu le montant assez élevé, une partie pourra servir à aider les populations de Kodjari au plan environnemental, scolaire et aussi agricole.

b) Productivité agricole et sécurité alimentaire

Le principal objectif de la mise en valeur de cette ressource naturelle que sont les phosphates naturels est d'améliorer la productivité agricole, et notamment céréalière. Actuellement, les rendements sont très faibles et ceci pour plusieurs raisons dont, entre autres, le peu d'usage des engrais, l'épuisement des sols, les mauvaises pratiques culturales etc.

La caractéristique des sols burkinabè montre que ces sols sont pauvres en éléments nutritifs majeurs tels que le phosphore, l'azote et le potassium. Les rendements pour le riz à l'heure actuelle ne dépassent 700 -1000kg, alors qu'avec le recours aux engrais BP (amélioré en NPK) et avec l'adoption de nouvelles techniques de production, les rendements pourront atteindre 5-6 tonnes à l'hectare. De tels rendements contribueront à garantir la sécurité alimentaire de la population tout en limitant progressivement les importations de riz qui se chiffrent à 37 milliards FCFA/an. Si nous ajoutons 50% de fraude, on en arrive à 55,5 milliards FCFA. Pour les cultures de sorgho, on pourrait passer de 549 kg à 1253 kg/ha soit un coefficient multiplicateur de 2,28.

c) Emplois et répartition des revenus

Au niveau des emplois, la future société industrielle à installer pour la production d'engrais créera environ 263 emplois directs au plan national auxquels il faudra ajouter tous les emplois indirects qui vont naître suivre aux différentes activités qui en résulteront du fait de l'installation des usines dans chacune des régions. Par ailleurs, il y a les revenus distribués qui créeront une demande supplémentaire de biens au plan national. Au total, les revenus

salariaux salaires et indemnités) se montent à 323 385 520 FCFA par an. Cette redistribution des revenus, outre qu'elle contribue à la réduction de la pauvreté, freine aussi l'immigration (emplois créés) vers les centres urbains notamment la capitale Ouagadougou.

2.1.1.4. Evaluation des effets indirects

2.1.1.4.1. *Au niveau des régions (emplois et revenus, commerce, finances locales, accès aux services sociaux)*

Il est prévu la répartition de l'installation des usines dans quatre régions à moyen terme : Tapoa avec deux usines, Centre-Est (Koupéla) avec une usine et les Hauts-Bassins (Bobo Dioulasso) avec une usine. Le tableau 51 ci-dessous montre que le nombre moyen de personnes employées par région de façon directe est de 65 environ avec une redistribution des salaires allant de 19 705 920 FCFA à Diapaga à 36 870 000 FCFA à Bobo-Dioulasso. Un village comme Kodjari verra ses revenus augmenter de plus de 22 millions FCFA par an. A travers la mise en place des deux usines dans la Tapoa, il peut naître progressivement un pôle de développement, surtout si la voie Kantchari-Diapaga – Kodjari est bitumée.

Au plan des infrastructures, il est prévu le désenclavement de la région de la Tapoa à travers la réhabilitation du tronçon Kantchari – Diapaga avec la réfection du pont de Boudiéri et le bitumage de la route Kantchari-Kodjari pour un coût de 55 milliards de FCFA. A l'heure actuelle, cette voie est impraticable en saison pluvieuse et réduit le trafic entre les deux localités. La particularité de ce bitumage est qu'au regard de la rentabilité forte de l'usine, nous avons incorporé le coût dans les charges de l'usine avec un amortissement sur 10 ans, soit 5,5 milliards FCFA par an. En d'autres termes, cet amortissement sera reversé par l'usine à l'Etat qui aura contracté un prêt pour le bitumage. Par ailleurs, il a été introduit des royalties au bénéfice de l'Etat et particulièrement du village de Kodjari. Ces royalties émanant de l'achat du phosphate brut va servir à soutenir les politiques environnementales dans le village. Au niveau social et sanitaire, il est prévu l'installation d'une infirmerie dans le village.

Tableau 51 : Effectifs et dépenses de personnel

VILLE	EFFECTIF PERSONNEL	DEPENSES (FCFA) PERSONNEL/AN
KODJARI	37	22 427 800
DIAPAGA	79	19 705 920
KOUPELA	86	34 150 800
BOBO	61	36 870 000
TOTAL	263	113 154 520

2.1.1.4.2. Au niveau microéconomique

La production d'engrais à travers la Société des Engrais du Burkina (SEB) dont la création est proposée ci-dessous, outre les offres d'emplois pour les populations des quatre régions concernées, il y a aussi toutes les activités annexes qui vont se greffer aux activités principales des usines. Le bitumage de la voie Kantchari-Kodjari va désenclaver la région et permettre une grande circulation des personnes et des biens. Il faut le rappeler, la Tapoa est une province qui renferme de grandes potentialités économiques, notamment agricoles et touristiques. Elle a aussi l'avantage d'être frontalière au Bénin et au Niger.

En conclusion, quelles que soient les hypothèses retenues, la création de la SEB est rentable. Il ne sera pratiquement pas nécessaire de recourir aux subventions de l'Etat pour mettre à disposition des producteurs des engrais de qualité et à moindre coût. L'engrais produit par cette société présentera un avantage comparatif par rapport aux engrais importés. Parmi les facteurs les plus importants, en dehors de la mise à disposition des producteurs de l'engrais et en limitant les pénuries, il y a aussi les effets secondaires avec le bitumage de la route Kantchari-Kodjari consistant au désenclavement de la Province et également les royalties qui seront versées à l'Etat et qui vont créer des projets de développement environnementaux.

2.1.2. Stratégie de financement

La stratégie de financement ci-dessous proposée dresse une liste synthétique des sources de financement et des mécanismes de financement potentiels.

A l'heure actuelle, le principal bailleur de fonds qui s'est clairement manifesté pour ce projet industriel et qui a été à l'origine de la présente étude est la République de Chine Taïwan. Au plan diplomatique, ce pays est reconnu pour être un grand ami du Burkina Faso.

S'agissant des sources de financement potentielles, on peut citer :

- Les banques multilatérales d'investissement : Banque ouest-africaine de développement, Banque africaine de développement, Banque européenne d'investissement, Banque islamique de développement, Fonds international de développement agricole, etc.
- Les outils de financement du secteur privé : Société financière internationale, Fondation Ford, Fondation Bill et Melinda Gates, etc.
- Les bailleurs de fonds multilatéraux : l'ONU et ses institutions spécialisées.
- Les bailleurs de fonds bilatéraux : les Etats-Unis d'Amérique, l'Allemagne, la France, le Canada, etc.

Au regard de la forte rentabilité financière du projet, les possibilités de financement ne devraient pas faire défaut.

Au titre des mécanismes de financement intéressants pour ce projet industriel, l'on peut citer :

- Le partenariat public-privé ;
- La levée de fonds ;
- Les fondations internationales.

Ces mécanismes de financement pourront, en fonction du besoin de financement, faire l'objet d'investigations approfondies.

2.2. REGIME JURIDIQUE DE LA FUTURE SOCIETE A CREER

Pour la gestion des unités industrielles de production d'engrais qui seront installées, il est suggéré la création d'une Société des engrais du Burkina (SEB).

La Société des Engrais du Burkina (SEB) sera une société d'économie mixte faisant appel aux capitaux privés et à l'Etat. Cette société va incorporer l'ancienne société, c'est-à-dire la Société d'exploitation des Phosphates du Burkina dont le capital actuel est de 910 millions de FCFA et qui est une société d'Etat.

La SEB aura un Conseil d'Administration, une autonomie financière et les caractéristiques suivantes :

- Siège social Diapaga, province de la Tapoa, région de l'Est, Burkina Faso ;
- Capital : 5 000 000 000 FCFA :

La structure proposée pour la répartition du capital se présente comme suit :

Tableau 52 : Répartition du capital de la SEB

Membres	Montant (FCFA)	%
Etat	900 000 000	18
SOFITEX	1 500 000 000	30
CIPAM	1 500 000 000	30
Importateurs et distributeurs d'engrais	900 000 000	18
Autres privés	200 000 000	04

On pense que la rentabilité assez forte de la société va attirer rapidement les investisseurs privés.

2.3. RECOMMANDATIONS

2.3.1. Au plan commercial

Compte tenu de 9 000 000 ha de superficies cultivables que compte le pays, et en formulant l'hypothèse qu'1/3 de la superficie est effectivement cultivé (3 millions ha), la consommation de phosphate aurait dû être de 1 200 000 tonnes (3 000 000 ha x 0,4t).

Pour la mise en œuvre réussie du projet de production industrielle d'engrais à partir des phosphates naturels de Kodjari, des mesures d'accompagnement de la part de l'Etat sont nécessaires. Il s'agit notamment des mesures ci-après :

- mise en place d'une véritable politique de vulgarisation de l'utilisation du phosphate dans la production agricole et notamment céréalière ;
- assurance d'une bonne visibilité, d'une bonne disponibilité et d'une meilleure accessibilité du produit ;
- subvention du prix de la tonne de Burkina Phosphate pour son maintien au prix de vente actuel afin de lui assurer un avantage comparatif par rapport aux produits importés ;
- mise en place de points de vente à travers les distributeurs régionaux, provinciaux et ce jusqu'au producteur ;
- mise en place d'un plan de communication ;
- incitation des projets et programmes de développement agricole à inscrire un budget pour l'usage du produit fabriqué ;
- mise en place d'une politique par l'Etat visant à limiter la fraude d'importations d'engrais.

Sur le plan commercial, plusieurs options d'approvisionnement en engrais doivent être explorées :

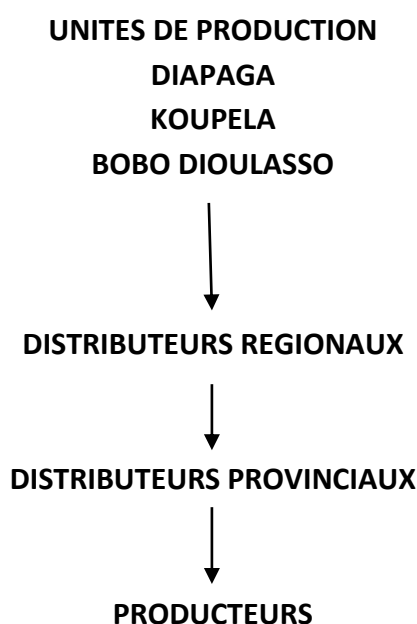
2.3.1.1. Création de chaînes de valeur

Une chaîne de valeur est une approche systémique visant à examiner le développement d'un avantage concurrentiel. C'est la totalité des étapes déterminant la capacité d'une organisation à obtenir un avantage concurrentiel. Ces étapes correspondent aux services de l'entreprise. La chaîne de valeur sert à prendre conscience de l'importance de la coordination dans une organisation du fait que chaque maillon de l'entreprise apporte une valeur à optimiser.

2.3.1.2. Identification des circuits de distribution

La mise en place de l'usine d'engrais nécessite d'identifier la demande potentielle, et particulièrement la demande solvable. Face à des circuits concurrentiels non officiels, il est important de mettre au point une stratégie de distribution du produit fini à travers tout le pays.

Le schéma de distribution du Burkinaphosphate et des engrais produits à partir des unités industrielles pourrait être le suivant :



Pour un bon fonctionnement du système de distribution, les intermédiaires doivent limiter leurs marges bénéficiaires sous peine de retrait de l'agrément.

2.3.2. Au plan opérationnel

Au plan opérationnel, il est recommandé l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan d'actions. L'objectif global du plan d'actions pour l'amélioration de l'accès des producteurs aux engrais est d'assurer une disponibilité suffisante à moindre coût et une utilisation accrue des engrais pour accroître durablement la productivité et la production agricoles au niveau du pays. La mise en œuvre de ce plan d'actions contribuera à long terme à une amélioration de la sécurité alimentaire des populations burkinabè et à une stimulation de la croissance économique.

Les composantes et objectifs spécifiques de ce plan d'actions à développer ultérieurement sont les suivants :

→ Composante 1 : Développement de la demande en engrais

A travers cette composante, il s'agit à la fois de stimuler la demande en engrais des producteurs agricoles, de faciliter la transformation et la commercialisation des produits agricoles et d'améliorer les systèmes de financement des achats d'engrais. Elle comporte cinq (5) objectifs spécifiques :

- **Objectif spécifique 1** : Renforcer les systèmes d'information sur les marchés des engrais et des produits agricoles et leur mise en réseau au niveau national.
- **Objectif spécifique 2** : Développer la transformation et la commercialisation des produits agricoles.
- **Objectif spécifique 3** : Renforcer les capacités des organisations professionnelles agricoles dans le domaine de l'achat des engrais et en techniques de négociation.
- **Objectif spécifique 4** : Améliorer les systèmes de financement des achats d'engrais.
- **Objectif spécifique 5** : Développer des formules et doses d'engrais adaptées aux zones agro-écologiques.

→ Composante 2 : Développement de l'offre d'engrais

Cette composante traite de la stimulation de l'offre par l'amélioration de l'accessibilité et la promotion des investissements dans l'approvisionnement en engrais. Elle s'articule autour des deux (2) objectifs spécifiques suivants :

- **Objectif spécifique 1** : Améliorer l'accessibilité des producteurs agricoles aux engrais.
- **Objectif spécifique 2** : Promouvoir les investissements dans l'approvisionnement en engrais.

2.3.3. Au plan environnemental

Dans ce domaine, les mesures d'accompagnement sont ainsi qu'il suit :

- Nécessité d'entreprendre une étude environnementale avant le début des travaux des usines ;
- Dans les processus de production, une politique écologique doit être adoptée afin de répondre aux objectifs de la SCADD ;
- Internalisation des externalités de chacune des usines ;
- Formation des employés quant aux effets secondaires du point de vue environnemental et de la santé (manipulation des produits comme l'acide sulfurique, les poussières résultant des processus de production) ;
- Identification des pollutions sonores (les camions de transports des produits bruts et finis), atmosphériques, etc.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude de faisabilité, l'on peut tirer la conclusion que la production industrielle d'engrais à partir des phosphates naturels de Kodjari est techniquement possible. Tout d'abord, les réserves du gisement de phosphates de Kodjari sont suffisantes. Malgré leur faible teneur en phosphore et leur faible réactivité chimique, les phosphates naturels de Kodjari possèdent une bonne efficacité agronomique lorsqu'ils sont utilisés en fumure de fond. Par ailleurs, leur transformation engrais est possible mais en empruntant des voies non conventionnelles telles que l'acidulation partielle avec l'acide sulfurique.

Au plan financier, le schéma de production industrielle d'engrais à partir des phosphates naturels de Kodjari fait ressortir une bonne rentabilité sur toute la période de production envisagée. Les bénéfices nets, les cash flows, la valeur actualisée nette et le taux de rentabilité interne dégagés sont positifs et élevés.

Au plan économique, les retombées sont nombreuses dont les principales sont les suivantes : économie de devises, amélioration de la productivité agricole et de la sécurité alimentaire, création d'emplois et distribution de revenus, etc.

Pour terminer, ce projet de production industrielle d'engrais à partir des phosphates naturels de Kodjari ne peut aboutir sans l'implication effective de l'Etat à travers des mesures d'accompagnement. Au regard de l'engagement du Gouvernement en faveur de l'accélération de la croissance économique, il peut bientôt devenir une réalité et contribuer à placer le pays sur la voie de l'émergence.

ANNEXES

ANNEXE I : Calculs suivant le prix de l'acide à 20% des importations d'engrais

Annexe 1.1 : Estimation globale de quatre unités de production

Scénario 1

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice imposable	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais Acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	2 870 487 665	7 600 000 000	10 470 487 665	- 1 951 377 278	36 178 135 057	9 948 987 141
2	216 000	58 320 000 000	2 870 487 665	9 120 000 000	11 990 487 665	- 1 951 377 278	44 378 135 057	12 203 987 141
3	259 200	69 984 000 000	2 875 155 289	10 944 000 000	13 819 155 289	- 1 951 377 278	54 213 467 433	14 908 703 544
4	311 040	83 980 800 000	2 875 155 289	13 130 000 000	16 005 155 289	- 1 951 377 278	66 024 267 433	18 156 673 544
5	373 248	100 776 960 000	2 879 962 942	15 800 000 000	18 679 962 942	- 1 951 377 278	80 145 619 780	22 040 045 440
6	447 898	120 932 460 000	2 879 962 942	18 900 000 000	21 779 962 942	- 1 951 377 278	97 201 119 780	26 730 307 672
7	537 477	145 118 790 000	2 884 914 824	22 700 000 000	25 584 914 824	- 1 951 377 278	117 582 497 898	35 730 119 672
8	644 972	174 142 440 000	2 884 914 824	27 200 000 000	30 084 914 824	- 1 951 377 278	142 106 147 898	45 318 269 672
9	773 967	208 971 090 000	2 890 015 263	32 700 000 000	35 590 015 263	- 1 951 377 278	171 429 697 459	57 336 429 551
10	928 760	250 765 200 000	2 890 015 263	39 200 000 000	42 090 015 263	- 1 951 377 278	206 723 807 459	72 463 970 551
Total	4 672 562	1 261 591 740 000	28 801 071 964	197 294 000 000	226 095 071 964	-19 513 772 781	1 015 982 895 255	316 223 147 695

Scénario 2

Année	Production	Recettes	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice imposable	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	2 870 487 665	7 600 000 000	10 470 487 665	-1951377278	36 178 135 057	9 948 987 141
2	216 000	58 320 000 000	2 870 487 665	9 120 000 000	11 990 487 665	-1951377278	44 378 135 057	12 203 987 141
3	259 200	69 984 000 000	2 875 155 289	10 944 000 000	13 819 155 289	-1951377278	54 213 467 433	14 908 703 544
4	311 040	83 980 800 000	2 875 155 289	13 130 000 000	16 005 155 289	-1951377278	66 024 267 433	18 156 673 544
5	373 248	100 776 960 000	2 879 962 942	15 800 000 000	18 679 962 942	-1951377278	80 145 619 780	22 040 045 440
6	466 560	125 971 200 000	2 879 962 942	18 900 000 000	21 779 962 942	-1951377278	102 239 859 780	28 115 961 440
7	583 200	157 464 000 000	2 884 914 824	22 700 000 000	25 584 914 824	-1951377278	129 927 707 898	35 730 119 672
8	729 000	196 830 000 000	2 884 914 824	27 200 000 000	30 084 914 824	-1951377278	164 793 707 898	45 318 269 672
9	911 250	246 037 500 000	2 890 015 263	32 700 000 000	35 590 015 263	-1951377278	208 496 107 459	57 336 429 551
10	1 139 062	307 546 740 000	2 890 015 263	39 200 000 000	42 090 015 263	-1951377278	263 505 347 459	72 463 970 551
Total	5 168 560	1 395 511 200 000	28 801 071 964	197 294 000 000	226 095 071 964	-19 513 772 781	1 149 902 355 255	316 223 147 695

Scénario 3

Année	Production	Recettes	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais Acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	2 870 487 665	7 600 000 000	10 470 487 665	-1 951 377 278	36 178 135 057	9 948 987 143
2	216 000	58 320 000 000	2 870 487 665	9 120 000 000	11 990 487 665	-1 951 377 278	44 378 135 057	12 203 987 143
3	259 200	69 984 000 000	2 875 155 289	10 944 000 000	13 819 155 289	-1 951 377 278	54 213 467 433	14 908 703 544
4	311 040	83 980 800 000	2 875 155 289	13 130 000 000	16 005 155 289	-1 951 377 278	66 024 267 433	18 156 673 544
5	373 248	100 776 960 000	2 879 962 942	15 800 000 000	18 679 962 942	-1 951 377 278	80 145 619 780	22 040 045 440
6	429 235	115 893 450 000	2 879 962 942	18 900 000 000	21 779 962 942	-1 951 377 278	92 162 109 780	25 344 580 190
7	493 620	133 277 400 000	2 884 914 824	22 700 000 000	25 584 914 824	-1 951 377 278	105 741 107 898	29 078 804 672
8	567 663	153 269 010 000	2 884 914 824	27 200 000 000	30 084 914 824	-1 951 377 278	121 232 717 898	33 338 997 422
9	652 813	176 259 510 000	2 890 015 263	32 700 000 000	35 590 015 263	-1 951 377 278	138 718 117 459	38 147 482 303
10	750 735	202 698 450 000	2 890 015 263	39 200 000 000	42 090 015 263	-1 951 377 278	158 657 057 459	43 630 690 803
Total	4 233 554	1 143 059 580 000	28 801 071 964	197 294 000 000	226 095 071 964	-19 513 772 781	897 450 735 255	246 798 952 195

Annexe 1.2 : Estimation sans l'unité de Bobo Dioulasso

Scénario 1

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	2 139 674 515	7 600 000 000	9 739 674 515	- 1 519 873 106	37 340 452 379	10 268 624
2	216 000	58 320 000 000	2 139 674 515	9 120 000 000	11 259 674 515	- 1 519 873 106	45 540 452 379	12 523 624
3	259 200	69 984 000 000	2 142 821 251	10 944 000 000	13 086 821 251	- 1 519 873 106	55 377 305 643	15 228 759
4	311 040	83 980 800 000	2 142 821 251	13 130 000 000	15 272 821 251	- 1 519 873 106	67 188 105 643	18 476 729
5	373 248	100 776 960 000	2 146 062 390	15 800 000 000	17 946 062 390	- 1 519 873 106	81 311 024 504	22 360 531
6	447 898	120 932 460 000	2 146 062 390	18 900 000 000	21 046 062 390	- 1 519 873 106	98 366 524 504	27 050 794
7	537 477	145 118 790 000	2 149 400 763	22 700 000 000	24 849 400 763	- 1 519 873 106	118 749 516 131	32 656 116
8	644 972	174 142 440 000	2 149 400 763	27 200 000 000	29 349 400 763	- 1 519 873 106	143 273 166 131	39 400 120
9	773 967	208 971 090 000	2 152 839 287	32 700 000 000	34 852 839 287	- 1 519 873 106	172 598 377 608	47 464 553
10	928 760	250 765 200 000	2 152 839 287	39 200 000 000	41 352 839 287	- 1 519 873 106	207 892 487 608	57 170 434
Total	4 672 562	1 261 591 740 000	21 461 596 411	197 294 000 000	218 755 596 411	-15 198 731 059	1 027 637 412 530	282 600 28

Scénario 2

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	2 139 674 515	7 600 000 000	9 739 674 515	- 1 519 873 106	37 340 452 379	10 268 624
2	216 000	58 320 000 000	2 139 674 515	9 120 000 000	11 259 674 515	- 1 519 873 106	45 540 452 379	12 523 624
3	259 200	69 984 000 000	2 142 821 251	10 944 000 000	13 086 821 251	- 1 519 873 106	55 377 305 643	15 228 759
4	311 040	83 980 800 000	2 142 821 251	13 130 000 000	15 272 821 251	- 1 519 873 106	67 188 105 643	18 476 729
5	373 248	100 776 960 000	2 146 062 390	15 800 000 000	17 946 062 390	- 1 519 873 106	81 311 024 504	22 360 531
6	466 560	125 971 200 000	2 146 062 390	18 900 000 000	21 046 062 390	- 1 519 873 106	103 405 264 504	28 436 447
7	583 200	157 464 000 000	2 149 400 763	22 700 000 000	24 849 400 763	- 1 519 873 106	131 094 726 131	36 051 049
8	729 000	196 830 000 000	2 149 400 763	27 200 000 000	29 349 400 763	- 1 519 873 106	165 960 726 131	45 639 199
9	911 250	246 037 500 000	2 152 839 287	32 700 000 000	34 852 839 287	- 1 519 873 106	209 664 787 608	57 657 816
10	1 139 062	307 546 740 000	2 152 839 287	39 200 000 000	41 352 839 287	- 1 519 873 106	264 674 027 608	72 785 357
Total	5 168 560	1 395 511 200 000	21 461 596 411	197 294 000 000	218 755 596 411	-15 198 731 059	1 161 556 872 530	319 428 13

Scénario 3

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	2 139 674 515	7 600 000 000	9 739 674 515	- 1 519 873 106	37 340 452 379	10 268 624
2	216 000	58 320 000 000	2 139 674 515	9 120 000 000	11 259 674 515	- 1 519 873 106	45 540 452 379	12 523 624
3	259 200	69 984 000 000	2 142 821 251	10 944 000 000	13 086 821 251	- 1 519 873 106	55 377 305 643	15 228 759
4	311 040	83 980 800 000	2 142 821 251	13 130 000 000	15 272 821 251	- 1 519 873 106	67 188 105 643	18 476 729
5	373 248	100 776 960 000	2 146 062 390	15 800 000 000	17 946 062 390	- 1 519 873 106	81 311 024 504	22 360 531
6	429 235	115 893 450 000	2 146 062 390	18 900 000 000	21 046 062 390	- 1 519 873 106	93 327 514 504	25 665 066
7	493 620	133 277 400 000	2 149 400 763	22 700 000 000	24 849 400 763	- 1 519 873 106	106 908 126 131	29 399 734
8	567 663	153 269 010 000	2 149 400 763	27 200 000 000	29 349 400 763	- 1 519 873 106	122 399 736 131	33 659 927
9	652 813	176 259 510 000	2 152 839 287	32 700 000 000	34 852 839 287	- 1 519 873 106	139 886 797 608	38 468 869
10	750 735	202 698 450 000	2 152 839 287	39 200 000 000	41 352 839 287	- 1 519 873 106	159 825 737 608	43 952 077
Total	4 233 554	1 143 059 580 000	21 461 596 411	197 294 000 000	218 755 596 411	-15 198 731 059	909 105 252 530	250 003 94

Annexe 1.3 : Estimation sans l'unité de Bobo Dioulasso plus bitumage

Scénario 1

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	7 639 674 515	7 600 000 000	15 239 674 515	- 1 519 873 106	31 840 452 379	8 756 124 404
2	216 000	58 320 000 000	7 639 674 515	9 120 000 000	16 759 674 515	- 1 519 873 106	40 040 452 379	11 011 124 404
3	259 200	69 984 000 000	7 642 821 251	10 944 000 000	18 586 821 251	- 1 519 873 106	49 877 305 643	13 716 259 052
4	311 040	83 980 800 000	7 642 821 251	13 130 000 000	20 772 821 251	- 1 519 873 106	61 688 105 643	16 964 229 052
5	373 248	100 776 960 000	7 646 062 390	15 800 000 000	23 446 062 390	- 1 519 873 106	75 811 024 504	20 848 031 739
6	447 898	120 932 460 000	7 646 062 390	18 900 000 000	26 546 062 390	- 1 519 873 106	92 866 524 504	25 538 294 239
7	537 477	145 118 790 000	7 649 400 763	22 700 000 000	30 349 400 763	- 1 519 873 106	113 249 516 131	31 143 616 936
8	644 972	174 142 440 000	7 649 400 763	27 200 000 000	34 849 400 763	- 1 519 873 106	137 773 166 131	37 887 620 686
9	773 967	208 971 090 000	7 652 839 287	32 700 000 000	40 352 839 287	- 1 519 873 106	167 098 377 608	45 952 053 842
10	928 760	250 765 200 000	7 652 839 287	39 200 000 000	46 852 839 287	- 1 519 873 106	202 392 487 608	55 657 934 092
Total	4 672 562	1 261 591 740 000	76 461 596 411	197 294 000 000	273 755 596 411	-15 198 731 059	972 637 412 530	267 475 288 44

Scénario 2

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	7 639 674 515	7 600 000 000	15 239 674 515	- 1 519 873 106	31 840 452 379	8 756 124
2	216 000	58 320 000 000	7 639 674 515	9 120 000 000	16 759 674 515	- 1 519 873 106	40 040 452 379	11 011 124
3	259 200	69 984 000 000	7 642 821 251	10 944 000 000	18 586 821 251	- 1 519 873 106	49 877 305 643	13 716 259
4	311 040	83 980 800 000	7 642 821 251	13 130 000 000	20 772 821 251	- 1 519 873 106	61 688 105 643	16 964 229
5	373 248	100 776 960 000	7 646 062 390	15 800 000 000	23 446 062 390	- 1 519 873 106	75 811 024 504	20 848 031
6	466 560	125 971 200 000	7 646 062 390	18 900 000 000	26 546 062 390	- 1 519 873 106	97 905 264 504	26 923 947
7	583 200	157 464 000 000	7 649 400 763	22 700 000 000	30 349 400 763	- 1 519 873 106	125 594 726 131	34 538 549
8	729 000	196 830 000 000	7 649 400 763	27 200 000 000	34 849 400 763	- 1 519 873 106	160 460 726 131	44 126 699
9	911 250	246 037 500 000	7 652 839 287	32 700 000 000	40 352 839 287	- 1 519 873 106	204 164 787 608	56 145 316
10	1 139 062	307 546 740 000	7 652 839 287	39 200 000 000	46 852 839 287	- 1 519 873 106	259 174 027 608	71 272 857
Total	5 168 560	1 395 511 200 000	76 461 596 411	197 294 000 000	273 755 596 411	-15 198 731 059	1 106 556 872 530	304 303 13

Scénario 3

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	46 656 000 000	7 639 674 515	7 600 000 000	15 239 674 515	- 1 519 873 106	37 496 452 379	10 311 524 400
2	216 000	55 987 200 000	7 639 674 515	9 120 000 000	16 759 674 515	- 1 519 873 106	46 827 652 379	12 877 604 400
3	259 200	67 184 640 000	7 642 821 251	10 944 000 000	18 586 821 251	- 1 519 873 106	58 021 945 643	15 956 035 050
4	311 040	80 621 568 000	7 642 821 251	13 130 000 000	20 772 821 251	- 1 519 873 106	71 458 873 643	19 651 190 250
5	373 248	96 745 881 600	7 646 062 390	15 800 000 000	23 446 062 390	- 1 519 873 106	87 579 946 104	24 084 485 170
6	429 235	111 257 712 000	7 646 062 390	18 900 000 000	26 546 062 390	- 1 519 873 106	102 091 776 504	28 075 238 530
7	493 620	127 946 304 000	7 649 400 763	22 700 000 000	30 349 400 763	- 1 519 873 106	118 777 030 131	32 663 683 280
8	567 663	147 138 249 600	7 649 400 763	27 200 000 000	34 849 400 763	- 1 519 873 106	137 968 975 731	37 941 468 320
9	652 813	169 209 129 600	7 652 839 287	32 700 000 000	40 352 839 287	- 1 519 873 106	160 036 417 208	44 010 014 730
10	750 735	194 590 512 000	7 652 839 287	39 200 000 000	46 852 839 287	- 1 519 873 106	185 417 799 608	50 989 894 890
Total	4 233 554	1 097 337 196 800	76 461 596 411	197 294 000 000	273 755 596 411	-15 198 731 059	1 005 676 869 330	276 561 139 000

Annexe 1.4 : Sans Bobo avec bitumage et achat de la matière 1ère : 4% du chiffre d'affaires

Scénario 1

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais Acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	9 583 674 515	7 600 000 000	17 183 674 515	- 1 519 873 106	29 896 452 379	8 221 524 404
2	216 000	58 320 000 000	9 972 474 515	9 120 000 000	19 092 474 515	- 1 519 873 106	37 707 652 379	10 369 604 404
3	259 200	69 984 000 000	10 442 181 251	10 944 000 000	21 386 181 251	- 1 519 873 106	47 077 945 643	12 946 435 052
4	311 040	83 980 800 000	11 002 053 251	13 130 000 000	24 132 053 251	- 1 519 873 106	58 328 873 643	16 040 440 252
5	373 248	100 776 960 000	11 677 140 790	15 800 000 000	27 477 140 790	- 1 519 873 106	71 779 946 104	19 739 485 179
6	447 898	120 932 460 000	12 483 360 790	18 900 000 000	31 383 360 790	- 1 519 873 106	88 029 226 104	24 208 037 179
7	537 477	145 118 790 000	13 454 152 363	22 700 000 000	36 154 152 363	- 1 519 873 106	107 444 764 531	29 547 310 246
8	644 972	174 142 440 000	14 615 098 363	27 200 000 000	41 815 098 363	- 1 519 873 106	130 807 468 531	35 972 053 846
9	773 967	208 971 090 000	16 011 682 887	32 700 000 000	48 711 682 887	- 1 519 873 106	158 739 534 008	43 653 371 852
10	928 760	250 765 200 000	17 683 447 287	39 200 000 000	56 883 447 287	- 1 519 873 106	192 361 879 608	52 899 516 892
Total	4 672 562	1 261 591 740 000	126 925 266 011	197 294 000 000	324 219 266 011	-15 198 731 059	922 173 742 930	253 597 779 306

Scénario 2

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	9 583 674 515	7 600 000 000	17 183 674 515	- 1 519 873 106	29 896 452 379	8 221 524 404
2	216 000	58 320 000 000	9 972 474 515	9 120 000 000	19 092 474 515	- 1 519 873 106	37 707 652 379	10 369 604 404
3	259 200	69 984 000 000	10 439 034 515	10 944 000 000	21 383 034 515	- 1 519 873 106	47 081 092 379	12 947 300 052
4	311 040	83 980 800 000	10 998 906 515	13 130 000 000	24 128 906 515	- 1 519 873 106	58 332 020 379	16 041 305 252
5	373 248	100 776 960 000	11 670 752 915	15 800 000 000	27 470 752 915	- 1 519 873 106	71 786 333 979	19 741 241 179
6	466 560	125 971 200 000	12 678 522 515	18 900 000 000	31 578 522 515	- 1 519 873 106	92 872 804 379	25 540 021 179
7	583 200	157 464 000 000	13 938 234 515	22 700 000 000	36 638 234 515	- 1 519 873 106	119 305 892 379	32 809 120 246
8	729 000	196 830 000 000	15 512 874 515	27 200 000 000	42 712 874 515	- 1 519 873 106	152 597 252 379	41 964 244 846
9	911 250	246 037 500 000	17 481 174 515	32 700 000 000	50 181 174 515	- 1 519 873 106	194 336 452 379	53 442 524 852
10	1 139 062	307 546 740 000	19 941 544 115	39 200 000 000	59 141 544 115	- 1 519 873 106	246 885 322 779	67 893 463 892
Total	5 168 560	1 395 511 200 000	132 217 193 150	197 294 000 000	329 511 193 150	-15 198 731 059	1 050 801 275 791	288 970 350 306

Scénario 3

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	9 583 674 515	7 600 000 000	17 183 674 515	- 1 519 873 106	29 896 452 379	8 221 524 400
2	216 000	58 320 000 000	9 972 474 515	9 120 000 000	19 092 474 515	- 1 519 873 106	37 707 652 379	10 369 604 400
3	259 200	69 984 000 000	10 439 034 515	10 944 000 000	21 383 034 515	- 1 519 873 106	47 081 092 379	12 947 300 400
4	311 040	83 980 800 000	10 998 906 515	13 130 000 000	24 128 906 515	- 1 519 873 106	58 332 020 379	16 041 305 600
5	373 248	100 776 960 000	11 670 752 915	15 800 000 000	27 470 752 915	- 1 519 873 106	71 786 333 979	19 741 241 840
6	429 235	115 893 450 000	12 275 412 515	18 900 000 000	31 175 412 515	- 1 519 873 106	83 198 164 379	22 879 495 200
7	493 620	133 277 400 000	12 970 770 515	22 700 000 000	35 670 770 515	- 1 519 873 106	96 086 756 379	26 423 858 000
8	567 663	153 269 010 000	13 770 434 915	27 200 000 000	40 970 434 915	- 1 519 873 106	110 778 701 979	30 464 143 040
9	652 813	176 259 510 000	14 690 054 915	32 700 000 000	47 390 054 915	- 1 519 873 106	127 349 581 979	35 021 135 040
10	750 735	202 698 450 000	15 747 612 515	39 200 000 000	54 947 612 515	- 1 519 873 106	146 230 964 379	40 213 515 200
Total	4 233 554	1 097 337 196 800	122 119 128 350	197 294 000 000	319 413 128 350	-15 198 731 059	762 725 337 391	209 749 467 780

Annexe II : Calculs selon l'hypothèse du prix de l'Acide de 675F/l

Annexe 2.1 : Estimation globale de quatre unités de production

Scénario 1

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais Acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	2 870 487 665	21 784 361 233	24 654 848 898	- 1 951 377 278	21 993 773 823	6 048 287 801
2	216 000	58 320 000 000	2 870 487 665	26 141 233 480	29 011 721 145	- 1 951 377 278	27 356 901 577	7 523 147 934
3	259 200	69 984 000 000	2 875 155 289	31 369 480 176	34 244 635 465	- 1 951 377 278	33 787 987 257	9 291 696 496
4	311 040	83 980 800 000	2 875 155 289	37 643 376 211	40 518 531 500	- 1 951 377 278	41 510 891 221	11 415 495 086
5	373 248	100 776 960 000	2 879 962 942	45 172 051 454	48 052 014 395	- 1 951 377 278	50 773 568 327	13 962 731 290
6	447 898	120 932 460 000	2 879 962 942	54 206 510 154	57 086 473 096	- 1 951 377 278	61 894 609 626	17 021 017 643
7	537 477	145 118 790 000	2 884 914 824	65 047 739 570	67 932 654 394	- 1 951 377 278	75 234 758 328	20 689 558 541
8	644 972	174 142 440 000	2 884 914 824	78 057 239 075	80 942 153 899	- 1 951 377 278	91 248 908 823	25 093 449 921
9	773 967	208 971 090 000	2 890 015 263	93 668 759 504	96 558 774 767	- 1 951 377 278	110 460 937 955	30 376 757 931
10	928 760	250 765 200 000	2 890 015 263	112 402 462 996	115 292 478 258	- 1 951 377 278	133 521 344 464	36 718 369 721
Total	4 672 562	1 261 591 740 000	28 801 071 964	565 493 213 855	594 294 285 819	-19 513 772 781	647 783 681 400	178 140 512 311

Scénario 2

Année	Production	Recettes	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice imposable	Impôt sur bénéfice	Bénéfice net	C
			Autre frais	Frais acide	Total					
1	180 000	48 600 000 000	2 870 487 665	21 784 361 233	24 654 848 898	-1951377278	21 993 773 823	6 048 287 801	15 945 486 022	-
2	216 000	58 320 000 000	2 870 487 665	26 141 233 480	29 011 721 145	-1951377278	27 356 901 577	7 523 147 934	19 833 753 643	
3	259 200	69 984 000 000	2 875 155 289	31 369 480 176	34 244 635 465	-1951377278	33 787 987 257	9 291 696 496	24 496 290 761	
4	311 040	83 980 800 000	2 875 155 289	37 643 376 211	40 518 531 500	-1951377278	41 510 891 221	11 415 495 086	30 095 396 136	
5	373 248	100 776 960 000	2 879 962 942	45 172 051 454	48 052 014 395	-1951377278	50 773 568 327	13 962 731 290	36 810 837 037	
6	466 560	125 971 200 000	2 879 962 942	54 206 510 154	57 086 473 096	-1951377278	66 933 349 626	18 406 671 147	48 526 678 479	
7	583 200	157 464 000 000	2 884 914 824	65 047 739 570	67 932 654 394	-1951377278	87 579 968 328	24 084 491 290	63 495 477 037	
8	729 000	196 830 000 000	2 884 914 824	78 057 239 075	80 942 153 899	-1951377278	113 936 468 823	31 332 528 926	82 603 939 897	
9	911 250	246 037 500 000	2 890 015 263	93 668 759 504	96 558 774 767	-1951377278	147 527 347 955	40 570 020 688	106 957 327 267	
10	1 139 062	307 546 740 000	2 890 015 263	112 402 462 996	115 292 478 258	-1951377278	190 302 884 464	52 333 293 228	137 969 591 236	
Total	5 168 560	1 395 511 200 000	28 801 071 964	565 493 213 855	594 294 285 819	-19 513 772 781	781 703 141 400	214 968 363 885	566 734 777 515	

Scénario 3

Année	Production	Recettes	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais Acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	2 870 487 665	21 784 361 233	24 654 848 898	-1 951 377 278	21 993 773 823	6 048 287 800
2	216 000	58 320 000 000	2 870 487 665	26 141 233 480	29 011 721 145	-1 951 377 278	27 356 901 577	7 523 147 934
3	259 200	69 984 000 000	2 875 155 289	31 369 480 176	34 244 635 465	-1 951 377 278	33 787 987 257	9 291 696 490
4	311 040	83 980 800 000	2 875 155 289	37 643 376 211	40 518 531 500	-1 951 377 278	41 510 891 221	11 415 495 080
5	373 248	100 776 960 000	2 879 962 942	45 172 051 454	48 052 014 395	-1 951 377 278	50 773 568 327	13 962 731 290
6	429 235	115 893 450 000	2 879 962 942	54 206 510 154	57 086 473 096	-1 951 377 278	56 855 599 626	15 635 289 890
7	493 620	133 277 400 000	2 884 914 824	65 047 739 570	67 932 654 394	-1 951 377 278	63 393 368 328	17 433 176 290
8	567 663	153 269 010 000	2 884 914 824	78 057 239 075	80 942 153 899	-1 951 377 278	70 375 478 823	19 353 256 670
9	652 813	176 259 510 000	2 890 015 263	93 668 759 504	96 558 774 767	-1 951 377 278	77 749 357 955	21 381 073 430
10	750 735	202 698 450 000	2 890 015 263	112 402 462 996	115 292 478 258	-1 951 377 278	85 454 594 464	23 500 013 470
Total	4 233 554	1 143 059 580 000	28 801 071 964	565 493 213 855	594 294 285 819	-19 513 772 781	529 251 521 400	145 544 168 380

Annexe 2.2. : Estimation sans l'unité de Bobo Dioulasso

Scénario 1

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	2 139 674 515	21 784 361 233	23 924 035 748	- 1 519 873 106	23 156 091 146	6 367 925 060
2	216 000	58 320 000 000	2 139 674 515	26 141 233 480	28 280 907 995	- 1 519 873 106	28 519 218 899	7 842 785 190
3	259 200	69 984 000 000	2 142 821 251	31 369 480 176	33 512 301 428	- 1 519 873 106	34 951 825 466	9 611 752 000
4	311 040	83 980 800 000	2 142 821 251	37 643 376 211	39 786 197 463	- 1 519 873 106	42 674 729 431	11 735 550 590
5	373 248	100 776 960 000	2 146 062 390	45 172 051 454	47 318 113 844	- 1 519 873 106	51 938 973 050	14 283 217 580
6	447 898	120 932 460 000	2 146 062 390	54 206 510 154	56 352 572 544	- 1 519 873 106	63 060 014 350	17 341 503 940
7	537 477	145 118 790 000	2 149 400 763	65 047 739 570	67 197 140 333	- 1 519 873 106	76 401 776 561	21 010 488 550
8	644 972	174 142 440 000	2 149 400 763	78 057 239 075	80 206 639 838	- 1 519 873 106	92 415 927 057	25 414 379 940
9	773 967	208 971 090 000	2 152 839 287	93 668 759 504	95 821 598 791	- 1 519 873 106	111 629 618 103	30 698 144 970
10	928 760	250 765 200 000	2 152 839 287	112 402 462 996	114 555 302 282	- 1 519 873 106	134 690 024 612	37 039 756 760
Total	4 672 562	1 261 591 740 000	21 461 596 411	565 493 213 855	586 954 810 266	-15 198 731 059	659 438 198 675	181 345 504 600

Scénario 2

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	2 139 674 515	21 784 361 233	23 924 035 748	- 1 519 873 106	23 156 091 146	6 367 925 065
2	216 000	58 320 000 000	2 139 674 515	26 141 233 480	28 280 907 995	- 1 519 873 106	28 519 218 899	7 842 785 197
3	259 200	69 984 000 000	2 142 821 251	31 369 480 176	33 512 301 428	- 1 519 873 106	34 951 825 466	9 611 752 003
4	311 040	83 980 800 000	2 142 821 251	37 643 376 211	39 786 197 463	- 1 519 873 106	42 674 729 431	11 735 550 594
5	373 248	100 776 960 000	2 146 062 390	45 172 051 454	47 318 113 844	- 1 519 873 106	51 938 973 050	14 283 217 589
6	466 560	125 971 200 000	2 146 062 390	54 206 510 154	56 352 572 544	- 1 519 873 106	68 098 754 350	18 727 157 446
7	583 200	157 464 000 000	2 149 400 763	65 047 739 570	67 197 140 333	- 1 519 873 106	88 746 986 561	24 405 421 304
8	729 000	196 830 000 000	2 149 400 763	78 057 239 075	80 206 639 838	- 1 519 873 106	115 103 487 057	31 653 458 941
9	911 250	246 037 500 000	2 152 839 287	93 668 759 504	95 821 598 791	- 1 519 873 106	148 696 028 103	40 891 407 728
10	1 139 062	307 546 740 000	2 152 839 287	112 402 462 996	114 555 302 282	- 1 519 873 106	191 471 564 612	52 654 680 268
Total	5 168 560	1 395 511 200 000	21 461 596 411	565 493 213 855	586 954 810 266	-15 198 731 059	793 357 658 675	218 173 356 136

Scénario 3

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	2 139 674 515	21 784 361 233	23 924 035 748	- 1 519 873 106	23 156 091 146	6 367 925 065
2	216 000	58 320 000 000	2 139 674 515	26 141 233 480	28 280 907 995	- 1 519 873 106	28 519 218 899	7 842 785 197
3	259 200	69 984 000 000	2 142 821 251	31 369 480 176	33 512 301 428	- 1 519 873 106	34 951 825 466	9 611 752 003
4	311 040	83 980 800 000	2 142 821 251	37 643 376 211	39 786 197 463	- 1 519 873 106	42 674 729 431	11 735 550 594
5	373 248	100 776 960 000	2 146 062 390	45 172 051 454	47 318 113 844	- 1 519 873 106	51 938 973 050	14 283 217 589
6	429 235	115 893 450 000	2 146 062 390	54 206 510 154	56 352 572 544	- 1 519 873 106	58 021 004 350	15 955 776 190
7	493 620	133 277 400 000	2 149 400 763	65 047 739 570	67 197 140 333	- 1 519 873 106	64 560 386 561	17 754 106 304
8	567 663	153 269 010 000	2 149 400 763	78 057 239 075	80 206 639 838	- 1 519 873 106	71 542 497 057	19 674 186 691
9	652 813	176 259 510 000	2 152 839 287	93 668 759 504	95 821 598 791	- 1 519 873 106	78 918 038 103	21 702 460 471
10	750 735	202 698 450 000	2 152 839 287	112 402 462 996	114 555 302 282	- 1 519 873 106	86 623 274 612	23 821 400 511
Total	4 233 554	1 143 059 580 000	21 461 596 411	565 493 213 855	586 954 810 266	-15 198 731 059	540 906 038 675	148 749 160 600

Annexe 2.3. : Estimation sans l'unité de Bobo Dioulasso plus bitumage

Scénario 1

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	7 639 674 515	21 784 361 233	29 424 035 748	- 1 519 873 106	17 656 091 146	4 855 425 065
2	216 000	58 320 000 000	7 639 674 515	26 141 233 480	33 780 907 995	- 1 519 873 106	23 019 218 899	6 330 285 197
3	259 200	69 984 000 000	7 642 821 251	31 369 480 176	39 012 301 428	- 1 519 873 106	29 451 825 466	8 099 252 003
4	311 040	83 980 800 000	7 642 821 251	37 643 376 211	45 286 197 463	- 1 519 873 106	37 174 729 431	10 223 050 594
5	373 248	100 776 960 000	7 646 062 390	45 172 051 454	52 818 113 844	- 1 519 873 106	46 438 973 050	12 770 717 589
6	447 898	120 932 460 000	7 646 062 390	54 206 510 154	61 852 572 544	- 1 519 873 106	57 560 014 350	15 829 003 946
7	537 477	145 118 790 000	7 649 400 763	65 047 739 570	72 697 140 333	- 1 519 873 106	70 901 776 561	19 497 988 554
8	644 972	174 142 440 000	7 649 400 763	78 057 239 075	85 706 639 838	- 1 519 873 106	86 915 927 057	23 901 879 941
9	773 967	208 971 090 000	7 652 839 287	93 668 759 504	101 321 598 791	- 1 519 873 106	106 129 618 103	29 185 644 978
10	928 760	250 765 200 000	7 652 839 287	112 402 462 996	120 055 302 282	- 1 519 873 106	129 190 024 612	35 527 256 768
Total	4 672 562	1 261 591 740 000	76 461 596 411	565 493 213 855	641 954 810 266	-15 198 731 059	604 438 198 675	166 220 504 630

Scénario 2

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	7 639 674 515	21 784 361 233	29 424 035 748	- 1 519 873 106	17 656 091 146	4 855 425 065
2	216 000	58 320 000 000	7 639 674 515	26 141 233 480	33 780 907 995	- 1 519 873 106	23 019 218 899	6 330 285 197
3	259 200	69 984 000 000	7 642 821 251	31 369 480 176	39 012 301 428	- 1 519 873 106	29 451 825 466	8 099 252 003
4	311 040	83 980 800 000	7 642 821 251	37 643 376 211	45 286 197 463	- 1 519 873 106	37 174 729 431	10 223 050 594
5	373 248	100 776 960 000	7 646 062 390	45 172 051 454	52 818 113 844	- 1 519 873 106	46 438 973 050	12 770 717 589
6	466 560	125 971 200 000	7 646 062 390	54 206 510 154	61 852 572 544	- 1 519 873 106	62 598 754 350	17 214 657 446
7	583 200	157 464 000 000	7 649 400 763	65 047 739 570	72 697 140 333	- 1 519 873 106	83 246 986 561	22 892 921 304
8	729 000	196 830 000 000	7 649 400 763	78 057 239 075	85 706 639 838	- 1 519 873 106	109 603 487 057	30 140 958 941
9	911 250	246 037 500 000	7 652 839 287	93 668 759 504	101 321 598 791	- 1 519 873 106	143 196 028 103	39 378 907 728
10	1 139 062	307 546 740 000	7 652 839 287	112 402 462 996	120 055 302 282	- 1 519 873 106	185 971 564 612	51 142 180 268
Total	5 168 560	1 395 511 200 000	76 461 596 411	565 493 213 855	641 954 810 266	-15 198 731 059	738 357 658 675	203 048 356 136

Scénario 3

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice
			Autre frais	Frais acide	Total			
1	180 000	48 600 000 000	7 639 674 515	21 784 361 233	29 424 035 748	- 1 519 873 106	17 656 091 146	4 855 425 065
2	216 000	58 320 000 000	7 639 674 515	26 141 233 480	33 780 907 995	- 1 519 873 106	23 019 218 899	6 330 285 197
3	259 200	69 984 000 000	7 642 821 251	31 369 480 176	39 012 301 428	- 1 519 873 106	29 451 825 466	8 099 252 003
4	311 040	83 980 800 000	7 642 821 251	37 643 376 211	45 286 197 463	- 1 519 873 106	37 174 729 431	10 223 050 594
5	373 248	100 776 960 000	7 646 062 390	45 172 051 454	52 818 113 844	- 1 519 873 106	46 438 973 050	12 770 717 589
6	429 235	115 893 450 000	7 646 062 390	54 206 510 154	61 852 572 544	- 1 519 873 106	52 521 004 350	14 443 276 196
7	493 620	133 277 400 000	7 649 400 763	65 047 739 570	72 697 140 333	- 1 519 873 106	59 060 386 561	16 241 606 304
8	567 663	153 269 010 000	7 649 400 763	78 057 239 075	85 706 639 838	- 1 519 873 106	66 042 497 057	18 161 686 691
9	652 813	176 259 510 000	7 652 839 287	93 668 759 504	101 321 598 791	- 1 519 873 106	73 418 038 103	20 189 960 478
10	750 735	202 698 450 000	7 652 839 287	112 402 462 996	120 055 302 282	- 1 519 873 106	81 123 274 612	22 308 900 518
Total	4 233 554	1 143 059 580 000	76 461 596 411	565 493 213 855	641 954 810 266	-15 198 731 059	485 906 038 675	133 624 160 636

Annexe 2.4. : Sans Bobo, bitumage et achat de la matière 1ère : 4% du chiffre d'affaires

Scénario 1

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice	E
			Autre frais	Frais Acide	Total				
1	180 000	48 600 000 000	9 583 674 515	21 784 361 233	31 368 035 748	- 1 519 873 106	15 712 091 146	4 320 825 065	
2	216 000	58 320 000 000	9 972 474 515	26 141 233 480	36 113 707 995	- 1 519 873 106	20 686 418 899	5 688 765 197	
3	259 200	69 984 000 000	10 439 034 515	31 369 480 176	41 808 514 691	- 1 519 873 106	26 655 612 203	7 330 293 356	
4	311 040	83 980 800 000	10 998 906 515	37 643 376 211	48 642 282 726	- 1 519 873 106	33 818 644 168	9 300 127 146	
5	373 248	100 776 960 000	11 670 752 915	45 172 051 454	56 842 804 369	- 1 519 873 106	42 414 282 525	11 663 927 694	
6	447 898	120 932 460 000	12 476 972 915	54 206 510 154	66 683 483 069	- 1 519 873 106	52 729 103 825	14 500 503 552	
7	537 477	145 118 790 000	13 444 426 115	65 047 739 570	78 492 165 685	- 1 519 873 106	65 106 751 209	17 904 356 582	
8	644 972	174 142 440 000	14 605 372 115	78 057 239 075	92 662 611 190	- 1 519 873 106	79 959 955 704	21 988 987 819	
9	773 967	208 971 090 000	15 998 518 115	93 668 759 504	109 667 277 619	- 1 519 873 106	97 783 939 275	26 890 583 301	
10	928 760	250 765 200 000	17 670 282 515	112 402 462 996	130 072 745 511	- 1 519 873 106	119 172 581 384	32 772 459 880	
Total	4 672 562	1 261 591 740 000	126 860 414 750	565 493 213 855	692 353 628 605	-15 198 731 059	554 039 380 336	152 360 829 593	

Scénario 2

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice	E
			Autre frais	Frais acide	Total				
1	180 000	48 600 000 000	9 583 674 515	21 784 361 233	31 368 035 748	- 1 519 873 106	15 712 091 146	4 320 825 065	
2	216 000	58 320 000 000	9 972 474 515	26 141 233 480	36 113 707 995	- 1 519 873 106	20 686 418 899	5 688 765 197	
3	259 200	69 984 000 000	10 439 034 515	31 369 480 176	41 808 514 691	- 1 519 873 106	26 655 612 203	7 330 293 356	
4	311 040	83 980 800 000	10 998 906 515	37 643 376 211	48 642 282 726	- 1 519 873 106	33 818 644 168	9 300 127 146	
5	373 248	100 776 960 000	11 670 752 915	45 172 051 454	56 842 804 369	- 1 519 873 106	42 414 282 525	11 663 927 694	
6	466 560	125 971 200 000	12 678 522 515	54 206 510 154	66 885 032 669	- 1 519 873 106	57 566 294 225	15 830 730 912	
7	583 200	157 464 000 000	13 938 234 515	65 047 739 570	78 985 974 085	- 1 519 873 106	76 958 152 809	21 163 492 022	
8	729 000	196 830 000 000	15 512 874 515	78 057 239 075	93 570 113 590	- 1 519 873 106	101 740 013 304	27 978 503 659	
9	911 250	246 037 500 000	17 481 174 515	93 668 759 504	111 149 934 019	- 1 519 873 106	133 367 692 875	36 676 115 541	
10	1 139 062	307 546 740 000	19 941 544 115	112 402 462 996	132 344 007 111	- 1 519 873 106	173 682 859 784	47 762 786 440	
Total	5 168 560	1 395 511 200 000	132 217 193 150	565 493 213 855	697 710 407 005	-15 198 731 059	682 602 061 936	187 715 567 033	

Scénario 3

Année	Production en t	Recettes brutes en FCFA	Dépenses de fonctionnement			Amortissement	Bénéfice impossible	Impôt sur bénéfice	Bén
			Autre frais	Frais acide	Total				
1	180 000	48 600 000 000	9 583 674 515	21 784 361 233	31 368 035 748	- 1 519 873 106	15 712 091 146	4 320 825 065	13
2	216 000	58 320 000 000	9 972 474 515	26 141 233 480	36 113 707 995	- 1 519 873 106	20 686 418 899	5 688 765 197	14
3	259 200	69 984 000 000	10 439 034 515	31 369 480 176	41 808 514 691	- 1 519 873 106	26 655 612 203	7 330 293 356	19
4	311 040	83 980 800 000	10 998 906 515	37 643 376 211	48 642 282 726	- 1 519 873 106	33 818 644 168	9 300 127 146	24
5	373 248	100 776 960 000	11 670 752 915	45 172 051 454	56 842 804 369	- 1 519 873 106	42 414 282 525	11 663 927 694	30
6	429 235	115 893 450 000	12 275 412 515	54 206 510 154	66 481 922 669	- 1 519 873 106	47 891 654 225	13 170 204 912	34
7	493 620	133 277 400 000	12 970 770 515	65 047 739 570	78 018 510 085	- 1 519 873 106	53 739 016 809	14 778 229 622	38
8	567 663	153 269 010 000	13 770 434 915	78 057 239 075	91 827 673 990	- 1 519 873 106	59 921 462 904	16 478 402 299	43
9	652 813	176 259 510 000	14 690 054 915	93 668 759 504	108 358 814 419	- 1 519 873 106	66 380 822 475	18 254 726 181	48
10	750 735	202 698 450 000	15 747 612 515	112 402 462 996	128 150 075 511	- 1 519 873 106	73 028 501 384	20 082 837 880	52
Total	4 233 554	1 097 337 196 800	122 119 128 350	565 493 213 855	687 612 342 205	-15 198 731 059	394 526 123 536	108 494 683 973	280

BIBLIOGRAPHIE

- BIKIENGA I.M., 2011** : Les phosphates naturels du Burkina Faso : caractérisation, efficacité agronomique et intérêt économique. Editions techniques et professionnelles. Groupe Horizon, Tours, France. 292 pages.
- BURKINA FASO, 2011** : Stratégie de croissance accélérée et de développement durable 2011-2015. 116 pages.
- BURKINA FASO, 2012** : Programme national du secteur rural 2011-2015. 77pages.
- CIPAM, 2009** : Perspectives d'amélioration de la fertilité des sols au Burkina Faso. 65 pages.
- HIEN V., YOUL S., SANOU K., TRAORE O., 1992** : Rapport de synthèse des activités du volet expérimentation du Projet Engrais Vivrier. 1986-1991. Résultats agronomiques et évaluations économiques des formules d'engrais à moindre coût pour les céréales. 184 pages
- LOMPO F., 1993** : Contribution à la valorisation des phosphates naturels du Burkina Faso : Etudes des effets de l'interaction phosphates naturels – matière organique. Thèse de docteur – Ingénieur présentée à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Nationale de Côte-d'Ivoire. 248 pages.
- LOMPO F., SEDOGO P.M., ASSA A., 1994** : Effets à long terme des phosphates naturels de Kodjari (Burkina Faso) sur la production du sorgho. Bilans minéraux. Dans Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride. 1994.6. 163-178.
- MASA, 2013** : Etude pour la mise en place d'une centrale d'approvisionnement des intrants et du matériel agricoles au Burkina Faso. 102 pages.
- OUEDRAOGO B., 2013** : Etude de faisabilité pour la mise en place d'un mécanisme fiable d'approvisionnement et de distribution des engrais coton et céréales dans les pays de l'UEMOA et au Tchad. 68 pages.
- PROJET PHOSPHATE DU BURKINA, 2010** : les phosphates de Kodjari. Réserves totales des gisements de phosphates, géologie, unité de production, conclusion. 19 pages.
- SEDOGO P.M., 1982** : Contribution à l'étude de la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Matière organique du sol, nutrition azotée des cultures. Thèse Doct.- Ingénieur, INPL Nancy, 135 pages.
- SEDOGO P.M., 1993** : Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de doct. Etat, FAST, Université Nationale de Côte d'Ivoire. 285 pages.
- UEMOA, 2013** : Etude de faisabilité pour la mise en place d'un mécanisme fiable d'approvisionnement et de distribution des engrais coton et céréales dans les pays de l'UEMOA et au Tchad. 183 pages.

TERMES DE REFERENCE

1. Contexte et justification

Le secteur rural joue un rôle prépondérant dans l'économie burkinabé. Il occupe environ 86 % de la population active (RGPH 2006) et sa contribution à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB) est estimée en 2009 à environ 30 % (IAP, 2010).

Outre sa forte contribution à la sécurité alimentaire, le secteur rural fournit 61,5 % des revenus monétaires des ménages agricoles.

Au Burkina Faso, les terres à vocation agricole sont estimées à environ 9 millions d'hectares. Annuellement environ 4,1 millions d'hectares (soit 46%) y compris les cultures de contre-saison sont emblavés. Cette agriculture se caractérise par une prédominance de la production de subsistance fondée sur les céréales vivrières (mil, sorgho et maïs) qui occupent plus de 88% des superficies emblavées dont la taille moyenne des exploitations tournerait autour de 3 à 6 ha.

Le caractère aléatoire des pluies, la pauvreté des sols, la persistance de la sécheresse et la faible utilisation des engrais minéraux sont les facteurs limitant la productivité agricole au Burkina Faso. Seule la filière cotonnière s'organise d'année en année pour fournir aux producteurs de coton les engrais minéraux nécessaires à la production cotonnière. Par contre au niveau des autres filières, on note une faible organisation dans l'approvisionnement et la distribution des engrais minéraux. Toutefois, suite à la crise alimentaire de 2008, l'Etat, les organisations de producteurs, les partenaires techniques et financiers appuient le monde rural dans le cadre de la gestion intégrée de la fertilité des sols et plus spécifiquement en matière de facilitation de recours aux engrais minéraux visant généralement l'atteinte de la sécurité alimentaire, l'amélioration des conditions de vie et de revenus des producteurs. Les initiatives de développement de l'utilisation des engrais sont confrontées à d'énormes difficultés parmi lesquelles figurent :

- le faible revenu des producteurs agricoles ;
- la faible implication du secteur privé dans l'approvisionnement et la distribution des intrants agricoles ;
- la réticence des institutions financières à intervenir dans le secteur agricole ;
- l'absence d'une véritable industrie des engrais ;
- l'insuffisance des mesures incitatives à l'utilisation des engrais ;
- etc.

Cependant, le pays ne manque pas de potentialités en matière de production d'engrais. En effet, le Burkina Faso dispose de trois gisements de phosphates situés dans le Sud-Est : AloubDjouana, Arly et Kodjari. Le plus important et le mieux connu est celui de Kodjari qui fait actuellement l'objet d'exploitation semi-industrielle. A cela il faut ajouter d'autres

ressources agro-minérales : dolomies, calcaires, pyrites. Sur le plan agronomique, technologique et économique, les phosphates de Kodjari ont fait l'objet d'études approfondies. Malheureusement sur le plan industriel, aucune réalisation n'a encore vu le jour. Au regard de cette situation qui compromet l'accroissement de la productivité agricole et par voie de conséquence le développement agricole, le Ministère de l'agriculture et de la sécurité alimentaire a entrepris de faire réaliser une étude de faisabilité pour la possibilité d'une production d'engrais au Burkina Faso à partir de ces ressources naturelles à compléter par d'autres matières premières d'importation.

2. Objectifs de l'étude

2.1. Objectif global

L'objectif global de l'étude est de contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire par un accroissement de la productivité et de la production agricoles à travers une utilisation accrue des engrais.

2.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de l'étude sont ainsi qu'il suit :

- Déterminer la consommation totale d'engrais au Burkina Faso, toutes cultures confondues ;
- Dresser l'état des lieux de l'offre et de la demande actuelles en engrais spécifiquement sur les cultures vivrières ;
- Déterminer les contraintes techniques, économiques et financières à l'utilisation des engrais sur les cultures vivrières ;
- Déterminer la demande future en engrais pour les cultures vivrières ;
- Evaluer l'offre actuelle en engrais pour les cultures vivrières ;
- Examiner la possibilité de satisfaction de cette demande future et d'accroissement de cette offre par la production nationale d'engrais :
 - Type d'usine ;
 - Matières premières utilisées;
 - Procédés de fabrication ;
 - Types d'engrais à produire ;
 - Localisation ;
 - Fonctionnement ;
 - Système de distribution des engrais produits ;
 - Coût et financement.
- Proposer des mesures d'amélioration de l'accessibilité des producteurs vivriers à ces engrais.

3. Résultats attendus de l'étude

Au terme de l'étude les résultats suivants sont attendus :

- La consommation totale d'engrais au Burkina Faso (toutes cultures confondues) est connue ;
- Un état des lieux de l'offre et de la demande actuelles en engrais sur les cultures vivrières est disponible ;
- Les contraintes techniques, économiques et financières à l'utilisation des engrais sur les cultures vivrières sont connues ;
- La demande future en engrais pour les cultures vivrières est connue ;
- La possibilité d'installation d'une usine de production d'engrais est proposée assortie de sa faisabilité technique, économique et financière ;
- Des mesures d'amélioration de l'accessibilité des producteurs vivriers à ces engrais sont proposées.

4. Tâches du consultant et compétences requises

Le consultant aura à :

- Faire l'état des lieux de la consommation d'engrais au Burkina Faso pour toutes les cultures ;
- Faire l'état des lieux des ressources agro-minérales existantes dans la perspective d'une production nationale d'engrais ;
- Faire une revue de la documentation existant sur la mise en valeur des phosphates du Burkina Faso ;
- Faire une projection de la demande future en engrais ;
- Analyser les unités de production d'engrais installées au Burkina Faso ;
- Evaluer les coûts des facteurs de production (matières premières, énergie, eau, main-d'œuvre, etc.) ;
- Proposer un schéma de production des engrais ;
- Proposer la localisation optimale de l'usine d'engrais.

Le consultant sera un cabinet spécialisé ou constitué d'une équipe d'experts comprenant :

- Un ingénieur agronome ayant de bonnes connaissances dans le domaine de la production, de l'utilisation et de la commercialisation des engrais ;
- Un ingénieur industriel spécialiste de la technologie des engrais ;
- Un économiste spécialiste de l'analyse économique et financière des projets d'investissement.

5. Durée

La durée totale de l'étude est de deux (2) mois. Le consultant retenu soumettra au Secrétaire général du Ministère de l'agriculture et de la sécurité alimentaire un chronogramme précis de la réalisation de l'étude.

LISTE DES PERSONNES RENCONTREES

NOMS – PRENOMS	ORGANISATION	CONTACT	E-mail
KABORE Moussa	Secrétaire général, MASA	50 49 99 10	moussa.kabore@gmail.com
OUATTARA Youssouf	Coordonnateur projet riz pluvial	76 60 17 29	ouathara343@yahoo.fr
THIO Bouma	Directeur général des productions végétales, MASA	70 31 37 22	thiobouma@yahoo.fr
KAGONE Ousseiny	Directeur général Société d'exploitation des phosphates du Burkina	70 24 31 32	Ousseiny.kagone@gmail.com
DAO Bassiaka	Président CPF	70 33 84 51	tressagoulou@yahoo.fr
SANWIDI Maurice	CPF	70 26 71 60	sanwidim@yahoo.fr
Mlle OUATTARA O. Julienne	CPF	70 30 75 31, 78 30 75 31	ouatabi@yahoo.fr
ZOUNGRANA Casimir	CPF	70 70 78 11	z.casimir@yahoo.fr
TAHO Philéas	CIPAM	78 81 27 30	phileas@cipam.bf
BASSOLET Armand	CIPAM	78 83 61 10	armand@cipam.bf
Mme YAMEOGO Roukiatou	CIPAM	78 03 61 08	roukiatou@cipam.bf
GANOU Adama	CIPAM	78 03 61 05	adama@cipam.bf
SAWADOGO Jean-Paul	Directeur général SOFITEX		
YAMEOGO Georges	Président AICB (SOFITEX)	76 61 57 98	yamgeorges@gmail.com
SAWADOGO B. Maxime	UNPCB	70 07 82 98	xamwas@yahoo.fr
DAKUO Dehou	SOFITEX	76 61 48 85	ddakuo3@yahoo.fr
KARGOUGOU Lassana	SOFITEX	76 61 25 89	karsamyr@yahoo.fr
TRAORE Maurice	Directeur régional DRASA Hauts-Bassins	70 26 12 09	haubas@fasonet.bf
SANON Cyr Gustave	DRASA Hauts-Bassins	70 35 00 11	Cyrgustave2003@yahoo.fr
NACOUUMA Bourahima	Président CNPB	50 31 61 69	
GNANKAMBARY Zacharia	Directeur général BUNSOLS	70 26 18 24 70 20 00 67	gnank_zach@hotmail.com
Pr SEDOGO P. Michel	Directeur de recherche INERA	70 26 64 29	michel_sedogo@yahoo.fr
Dr DIALLO Assèta	Représentante IFDC-Burkina	70 26 74 86	adiallo@ifdc.org
OUEDRAO Bruno	Chef de projet IFDC-Burkina	60 24 25 55	bouedraogo@ifdc.org
Dr ZIDA Zacharie	Chercheur IFDC-Burkina	70 26 71 07	zzida@ifdc.org
ILBOUDO Ablassé	Président AGRODIA	70 75 43 26	abalassy@yahoo.fr
KABRE Saidou	Secrétaire permanent AGRODIA	70 02 19 07	kabros2004@yahoo.fr
YONI Wenceslas	Responsable Communication/marketing AGRODIA	78 09 21 65	wyoni@agrodia.org
KONTONGOMDE Daouda	Chargé de programme Représentation FAO Burkina	50 30 60 57/58	daouda.kontongomde@fao.org
COURCIER Rémy	Représentation FAO Burkina	50 30 60 57/58	remy.courcier@fao.org

LISTE DES SOCIETES RENCONTREES

Nom de l'entreprise	Nom du directeur	Tél	Mail
Bureau de Géophysique Eau Environnement et Mines(BUGEEMI)	Emmanuel SABA	50 36 39 74/70 23 49 40/76 62 12 58	sabaemm@fasonet.bf
CORI S.A.R.L & CIPAM	Adama GANOU	78 03 61 05/ 20 98 40 61	adama@cipam.bf
Société d'Exploitation des Phosphates du Burkina (S.E.P.B)	Ousseiny KAGONE	40 79 10 16/76 34 32 20/70 24 31 32	Ousseiny.kagone@gmail.com
Bureau National des Sols (BUNASOLS)	Zacharia GNAKAMBARY, ph.D	50 36 18 89/70 26 18 24	Gnak- zach@hotmail.com bunasols@fasonet.bf
Chambre de commerce au port de TEMA (Accra – TEMA)	Diallo Pathé Ibrahim	00233243747487	
CIPAM	Bassolet Armand	76 65 14 29/ 78 03 61 10	
Génie civil (routes)	SANFO Seydou	78 04 04 92/70 21 09 45	
OK	SANOU Ibrahim OUEDAOGO Boureima	78 50 33 36/ 76 07 71 88 78 14 10 93 /70 18 28 59	Mine
COGEB	OUEDAOGO Ousmane		Unité mobile de la mine
SATEC	ABGA Alain		Schémas
CSB	Tenkodogo Georges		
Burkina Equipment (cotation)	COULIBALY Bruno YAMEOGO Isac	70 20 39 55 60 06 10 11	Equipement
CEO, SawudeDialo Company Limited	Mr. Diallo Pathe Ibrahim	P.O.Box 5234 Knaccra/Ghana GH.Tel:+233-243-7474-87 GH.Tel:+23320 36 66 584 BF. Tel:+226 757 580 34	Equipements
2ER CONCEPT Génie Civil	YAMEOGO W. Christian	70314197 Bobo-Dioulasso	Etudes et réalisation
CAPI Burkina Faso rue 14-06 1200 logements 11 BP 1655 ouagadougou 11		Tél. / Fax + 226 50 36 12 97	
ONATEL Bobo-Dioulasso			
NABOLLE et frères	NABOLLE Alassane	70 23 00 02/78 02 02 59	Ferraille de récup
LADIFA	SOURWEMA Adama	78 78 38 50/ 70 23 10 63	Autocom
Gestion	KABORE Camille	70 26 58 34/78 12 91 49	Compilation des données

TABLE DES MATIERES

SIGLES ET ABREVIATIONS	5
LISTE DES TABLEAUX	7
LISTE DES FIGURES	8
LISTE DES CARTES	8
LISTE DES GRAPHIQUES	8
INTRODUCTION	10
PREMIERE PARTIE : FAISABILITE TECHNIQUE	15
1.1. PLACE DES ENGRAIS MINERAUX DANS L'AGRICULTURE BURKINABE	16
1.1.1. Importance de l'agriculture dans l'économie nationale	16
1.1.1.1. Bref aperçu du Burkina Faso	16
1.1.1.2. Contribution de l'agriculture à l'économie nationale	17
1.1.1.3. Potentialités et opportunités de l'agriculture burkinabè	17
1.1.2. Rôle et consommation des engrais minéraux au Burkina Faso	19
1.1.2.1. Effets des engrais minéraux dans l'accroissement de la productivité et de la production agricoles	19
1.1.2.2. Enjeux et intérêt économique de l'utilisation des engrais minéraux	22
1.1.3. Point sur l'offre et la demande actuelle en engrais	23
1.1.3.1. L'offre	23
1.1.3.2. La demande	27
1.2. LES PHOSPHATES NATURELS DU BURKINA FASO	30
1.2.1. Découverte des gisements de phosphates du Burkina Faso	30
1.2.2. Caractérisation des phosphates de Kodjari	30
1.2.2.1. Stratigraphie	30
1.2.2.2. Morphologie	31
1.2.2.3. Géochimie	32
1.2.3. Essais de traitement, d'enrichissement et de mise en valeur	37
1.2.3.1. Travaux de recherche réalisés au sein de l'IFDC	37
1.2.3.2. Travaux de recherche réalisés par Charbonnages de France (CDF)-Ingénierie	44
1.2.3.3. Etude réalisée par le Groupement CIRAD-TIMAC	46
1.2.3.4. Etude réalisée par la société SOFRECO	55
1.2.4. Evaluation agro-économique	57
1.2.4.1. Evaluation agronomique	57
1.2.4.2. Evaluation économique	73
1.2.5. Détermination de la demande potentielle future	75
1.2.5.1. Bases de détermination	75
1.2.5.2. Estimation de la demande potentielle future	78
1.3. CONCLUSION SUR LA DETERMINATION DE LA DEMANDE POTENTIELLE FUTURE EN ENGRAIS ET DU PROCEDE DE FABRICATION	80
1.4. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	80
1.5. CONCEPTION DE L'USINE DE PRODUCTION D'ENGRAIS	81

1.5.1.	Mine de phosphates de Kodjari	81
1.5.1.1.	Description	81
1.5.1.2.	Techniques de production et équipements nécessaires	83
1.5.1.3.	Coûts des investissements et de fonctionnement	84
1.5.1.4.	Organigramme de fonctionnement et personnel requis	87
1.5.2.	Centre de broyage de Diapaga	88
1.5.2.1.	Description	88
1.5.2.2.	Technique de production et équipements nécessaires	88
1.5.2.3.	Electricité - contrôle et régulations	102
1.5.2.5.	Organigramme de fonctionnement et personnel requis	110
1.5.3.	Unité de production d'engrais de Koupéla	114
1.5.3.1.	Description	114
1.5.3.2.	Technique de production et équipements nécessaires	114
1.5.3.3.	Coût des investissements	114
1.5.3.4.	Organigramme de fonctionnement et personnel requis	118
1.5.4.	Unité de production d'engrais de Bobo-Dioulasso	122
1.5.4.1.	Description	122
1.5.4.2.	Technique de production et équipements nécessaires	122
1.5.4.3.	Coût des investissements et de fonctionnement	123
1.5.4.4.	Organigramme de fonctionnement et personnel requis	126
1.5.5.	Synthèse des coûts d'investissement et de fonctionnement	129
CONCLUSION PARTIELLE		131
DEUXIEME PARTIE : FAISABILITE FINANCIERE ET ECONOMIQUE		133
2.1.	ANALYSE DE LA RENTABILITE FINANCIERE ET ECONOMIQUE	134
2.1.1.	Analyse de la rentabilité financière	134
2.1.2.	Analyse de la rentabilité économique	139
2.1.2.1.	Evaluation des effets directs	139
2.1.2.2.	Evaluation des effets indirects	140
2.2.	REGIME JURIDIQUE DE LA FUTURE SOCIETE A CREER	143
2.3.	RECOMMANDATIONS	144
2.3.1.	Au plan commercial	144
2.3.1.1.	Création de chaînes de valeur	144
2.3.1.2.	Identification des circuits de distribution	145
2.3.2.	Au plan opérationnel	145
2.3.3.	Au plan environnemental	147
CONCLUSION GENERALE		148
BIBLIOGRAPHIE		164
TERMES DE REFERENCE		165
LISTE DES PERSONNES RENCONTREES		168
LISTE DES SOCIETES RENCONTREES		169