



*Institut de Recherches Agronomiques Tropicales
et des cultures vivrières*

*Département du Centre de Coopération Internationale
en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)*

***Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage
OUAGADOUGOU, (BURKINA FASO).
Ministère de la Coopération PARIS, (FRANCE).***

***PROPOSITION D'UNE FILIÈRE D'ENGRAIS
AU BURKINA FASO
À BASE DE PHOSPHATE NATUREL
DE KODJARI,
PARTIELLEMENT SOLUBILISÉ.***



*Binh. TRUONG et Christian FAYARD
Septembre 1987
DRN. E.A/N°2*

**Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage
OUAGADOUGOU, (BURKINA FASO).
Ministère de la Coopération PARIS, (FRANCE).**

**PROPOSITION D'UNE FILIÈRE D'ENGRAIS
AU BURKINA FASO
À BASE DE PHOSPHATE NATUREL
DE KODJARI,
PARTIELLEMENT SOLUBILISÉ.**



*Binh. TRUONG et Christian FAYARD
Septembre 1987
DRN. E.A/N°2*

SOMMAIRE

	Pages
Avant-propos	
Résumé	
I - Introduction	1
2 - Besoins en engrais	2
Besoins théoriques	
Consommation actuelle	
Rentabilité de l'engrais	
Systèmes de production	
3 - Mise au point des produits	17
Concept de l'attaque partielle	
Phosphates bruts	
Attaque sulfurique	
Attaque phosphorique	
Attaque mixte	
Attaque complexe	
Synthèse	
4 - La réponse industrielle	39
Objectifs	
Les opérations industrielles	
Dimensionnement des ateliers et machines	
Politique de stockage	
Organisation géographique	
Investissements	
5 - Achats et approvisionnements	54
Phosphate	
Matières premières extérieures	
Acide sulfurique	
6 - Implantations des ateliers	60
Problèmes de transports	
Zone d'action des bulks	
7 - Calculs des prix de revient	79
Hypothèses de calcul	
Prix de revient des différentes formules	
Répartition des coûts	
8 - Conclusions	88
Annexes	
Termes de référence	
Personnes rencontrées	
Calculs des prix de revient	
Coût de la fertilisation/ha	

AVANT-PROPOS

A la demande du Ministère de l'Agriculture et de l'élevage du Burkina Faso (lettre du 13 mars 1987) et du Ministère de la Coopération, France, (lettre du 2 juillet 1987), nous avons réalisé une étude de pré faisabilité d'une unité de fabrication d'engrais à partir des phosphates de Kodjari.

Cette étude s'est déroulée en deux temps : un séjour au Burkina du 8 au 24 juillet 1987, suivi d'un travail de chiffrage des coûts et de rédaction du rapport en France.

Le délai demandé (moins de deux mois) est très court pour une étude de cette ampleur, aussi nous nous efforçons de présenter ce qui est spécifique à notre démarche, et notre travail comme un complément aux études antérieures sur le même sujet.

Nous voudrions remercier très sincèrement les autorités Burkinabé et Françaises, les organismes de recherche et de développement, les services publics, les industriels, les sociétés de transports, qui nous ont réservé un accueil très amical et des discussions très utiles, nous remercions tout particulièrement le Projet Engrais Vivriers, le Projet Phosphate et le CIRAD pour la logistique et l'organisation des contacts.

Enfin nous précisons que les opinions exprimées dans ce document n'engagent que les auteurs et en aucune façon les Gouvernements Burkinabe et Français.

PROPOSITION D'UNE FILIÈRE D'ENGRAIS AU BURKINA FASO
À BASE DE PHOSPHATE NATUREL DE KODJARI
PARTIELLEMENT SOLUBILISÉ

RÉSUMÉ

LES DONNEES DU PROBLEME.

Le phosphate.

La matière première nationale disponible, (le phosphate de Kodjari) pose un certain nombre de problèmes.

-Phosphate de concentration moyenne, théoriquement 28 % P2O5 (nous n'avons dans les analyses d'échantillons reçus jamais dépassé 24 % sur sec).

-Phosphate dur et très chargé en Silice, donc délicat à broyer.

-Phosphate peu réactif, et qui génère des produits collants lors des attaques de solubilisation.

-Valeur agronomique pour application directe très moyenne (Faible mobilité du P2O5 contenu).

- Gisement situé à l'extrémité Est du pays, alors que les zones de consommation sont à l'Ouest.

- La piste d'accès n'est pas fiable et de plus n'est pas capable de supporter un trafic intensif (nécessité d'un entretien important chaque année).

Par contre son extraction est facile à réaliser, pas de découverte et exploitation en carrière.

Le Burkina Faso, pays enclavé.

La situation du BURKINA fait que les matières premières nécessaires au projet doivent être transportées sur de grandes distances.

Deux ports peuvent être utilisés :

ABIDJAN en COTE D'IVOIRE
LOME au TOGO.

Il existe :

des liaisons routières entre le BURKINA et ces ports.

Un chemin de fer à voie métrique entre ABIDJAN et OUAGADOUGOU.

Les liaisons routières sont excellentes avec LOME, un peu moins satisfaisantes avec ABIDJAN.

Un axe routier Est-Ouest en route goudronnée en très bon état permet d'effectuer les transports intérieurs dans de bonnes conditions de fiabilité

On peut dès à présent affirmer que :

Les installations industrielles seront nécessairement installées sur cet axe ou tout du moins à sa proximité immédiate .

Le marché.

A partir de statistiques de consommation pour la saison 1986-1987 réalisées par le projet engrais, on a pu réaliser la carte des consommations et bien déterminer le marché existant.

Il est en fait presque entièrement axé sur l'utilisation d'un engrais "Coton" de formule voisine de l'équilibre 13-20-15-6S-1B2O3.

Seule la SOSUCO commence à appliquer une politique différente, mieux adaptée à son problème de fertilisation particulier (Canne à Sucre) et réalise au moyen d'un bulk blending artisanal ses propres mélanges.

La fertilisation actuelle est donc presque uniquement basée sur l'importation de 2 matières fertilisantes :

- l'Engrais "Coton".
- l'Urée.

qui sont combinées pour se rapprocher de l'équilibre souhaité.

Ce système a l'avantage de simplifier l'utilisation et la distribution, mais par contre est à notre avis générateur d'une perte d'unités fertilisantes. (Utilisation de B2O3 sur des céréales par exemple.)

A partir d'un tableau indiquant les formules souhaitées par les agronomes, nous essaierons de recomposer des formules adaptées aux différentes cultures et le système choisi devra pouvoir les réaliser facilement.

Le niveau de consommation 1986-1987 correspondant à une période favorable (prix. bas des engrais), servira de base de référence pour le dimensionnement des installations.

Le produit de base.

Comme il a été indiqué plus haut, le phosphate de KODJARI doit être traité en vue d'améliorer sa valeur agronomique. Comme cela a été aussi indiqué dans des études précédentes, il n'est pas envisageable de le traiter selon les techniques traditionnelles.

Compte tenu des types de sol rencontrés généralement au Burkina, nous nous sommes tournés vers des attaques partielles et par une suite d'essais de fabrication et d'essais agronomiques, nous avons pas à pas fait évoluer les techniques de fabrication pour obtenir des produits de plus en plus efficaces agronomiquement parlant. C'est ainsi que comme il est indiqué dans le texte, nous avons pratiqué et dans un ordre chronologique :

- des attaques partielles sulfuriques.
- des attaques partielles phosphoriques.
- des attaques sulfo-phosphoriques.
- des attaques partielles en présence de sels. (attaques complexes).
- des attaques complexes en présence de Soufre élémentaire.
(Ces dernières attaques étant réalisées pour compléter l'engrais en Soufre, (sous une forme à libération lente, moins sensible au lessivage), mais aussi pour accélérer la mobilisation du P2O5 (Attaque de la partie moins soluble du P2O5 par les oxydes de soufre formés, lors de la dégradation du Soufre).
(Ces derniers produits étant actuellement en expérimentation.)

Le choix du produit de base à été fait en tenant compte des critères suivants :

- 1 Efficacité agronomique.
- 2 Teneur en éléments fertilisants suffisante pour ne pas occasionner un coût logistique important.
- 3 Facilités de fabrication.
- 4 Coût matière minimum.
- 5 Qualité du produit fini et compatibilité avec les autres composants entrant dans la composition du mélange final.

Le Système.

De même les installations industrielles devront être :

- 1 Simples et robustes.
- 2 Evolutives et adaptables en permanence.
- 3 D'un coût raisonnable d'investissement.

L'implantation de celles-ci devra permettre de minimiser le coût Logistique.

Nous avons donc pensé à mettre en oeuvre :

- Une unité industrielle qui fabriquera le produit de base choisi et effectuera les opérations suivantes :

- Broyage du phosphate.
- Attaques partielles.
- Granulation du produit (Compactage ou granulation)
- Stockage du produit de base.

- Plusieurs ateliers de formulation par mélange et de conditionnement.

De manière à produire régionalement l'engrais adapté et à ne pas faire voyager plusieurs fois les constituants du mélange.

Etudes logistiques.

Comme démontré plus loin le poste des coûts logistiques est un des postes les plus importants des dépenses.

Nous avons donc effectué le chiffrage de ces coûts dans le système proposé et avons constaté :

- que quelque soit l'emplacement choisi pour l'implantation de l'usine sur l'axe routier principal, les différences constatées n'étaient pas significatives. (Tonnes* Kilomètres = constante).
- que finalement il en était de même pour les ateliers de bulk-blendings.

L'implantation des ateliers sera donc faite en fonction de facilités locales au niveau de la distribution et de l'implantation.

On constate pour certaines options, des portions de trajet dans lesquelles on peut remarquer des transports de produits dans les deux sens, ce qui devrait permettre une diminution des coûts de transport (Frets de retour).

Implantations retenues.

Nous retenons le site de KOUPELA pour l'usine principale pour les raisons suivantes :

- Développement d'une région peu favorisée.
- Facilité d'organisation des transports entre la mine et l'usine.
- Croisement avec l'axe routier venant du TOGO.
- Indépendance pour le choix des ports d'arrivée des matières premières.
(Une implantation à l'Ouest rendant le projet tributaire d'un seul circuit d'approvisionnement (ABIDJAN), alors que pour KOUPELA nous pouvons jouer sur les deux tableaux, et donc être en position de concurrence.)
- Proximité de marchés potentiels pour le produit de base. (NIGER, TOGO, BENIN, GHANA)

Comme nous avons vu précédemment que la charge de transport est sensiblement constante, le calcul du prix de revient de l'engrais final dans ces conditions pourra être transposé à tout autre site.

Il en est de même pour les ateliers de bulk.

Conclusion.

Les calculs des coûts de fertilisation à l'hectare montrent que l'on peut espérer avoir un prix de fertilisation équivalent à celui constaté en 1986-1987.

Mais que la conclusion définitive ne pourra être donnée qu'après les études suivantes :

- Manutentions et stockages portuaires. (Optimisation des systèmes.)
- Logistique interne et distribution. (Etude de détail)
- Analyse très fine des coûts de transit.
- Efficacité au champ des engrais proposés.
- Tests d'acceptation du produit par les utilisateurs.
- Choix du procédé de granulation. (Granulation ou compactage).
- Etude énergétique détaillée. (Centrale ou réseau SONABEL)
- Achats matières premières.
- Etc...

LES POINTS CLEFS DU MANAGEMENT.

Il serait particulièrement dangereux de ne prendre en compte que le problème de production, qui ne représente qu'une partie du problème à résoudre.

Le problème doit être traité dans son ensemble, un dérapage sur un seul des points suivants pouvant à lui tout seul mettre en danger le projet.

- 1 Gestion des matières premières (Achats extérieurs et extraction du phosphate).
- 2 Manutention et stockage aux ports de réception.
- 3 Transports (Frets maritimes, transports inter-états et intérieurs, etc..).
- 4 Gestion de la production.
- 5 Distribution.
- 6 Formation des utilisateurs.
- 7 Recherche des produits répondant économiquement aux besoins des cultures.

I - INTRODUCTION :

Le Burkina mène une politique persévérante d'intensification de la production agricole, dont l'un des facteurs importants est le développement de l'utilisation des engrais.

Mais il ne maîtrise pas ce levier, en effet :

- la situation géographique du pays ne facilite pas l'approvisionnement, et pèse sur le prix de revient,

- l'étroitesse du marché ne permet pas de moduler les formules en fonction des cultures,

- le système d'appel d'offre à date fixe ne permet pas de profiter des meilleurs cours sur le marché international.

A ces facteurs de dépendance vis à vis de l'extérieur, s'ajoutent les problèmes internes :

- financement des subventions et des crédits de campagne,

- insuffisance de la distribution, stockage, transport aux villages,

- commercialisation des produits agricoles.

Le but de notre démarche est d'essayer d'augmenter le niveau d'indépendance par :

- la valorisation des ressources locales qui devraient constituer la composante principale des engrais,

- la minimisation des intrants et leur achat en vrac, aux coûts des produits banalisés sur le marché international,

- l'organisation des transports et des stockages pour régulariser les approvisionnements et diminuer les coûts,

- l'implantation des ateliers de fabrications près des lieux d'utilisation,

- la proposition de formules d'engrais plus adaptées aux cultures et sans doute plus économiques,

- la création de valeur ajoutée d'origine nationale en favorisant les activités dans les régions.

Nous développons ces idées dans les chapitres qui suivent en s'appuyant sur des cas concrets.

2 - BESOINS EN ENGRAIS :

2.1. Besoins théoriques :

Les besoins peuvent être estimés à partir des surfaces cultivées (tableau 1), ou encore mieux à partir des exportations des récoltes (tableau 2).

Tableau 1 : Principales productions agricoles en 1986

CULTURES	SUPERFICIE ha	RENDEMENTS kg/ha	PRODUCTION t
Sorgho	1 331 098	760	1 011 513
Mil	1 173 531	586	687 463
Arachide	228 893	663	151 847
Maïs	165 342	966	159 685
Coton	125 243	1 183	148 128
Riz de bas-fond et irrigué	13 200	1 830	24 157
Canne à sucre	3 615	72,7 t/ha	262 787

Source : projet Engrais Vivriers et SOSUCO

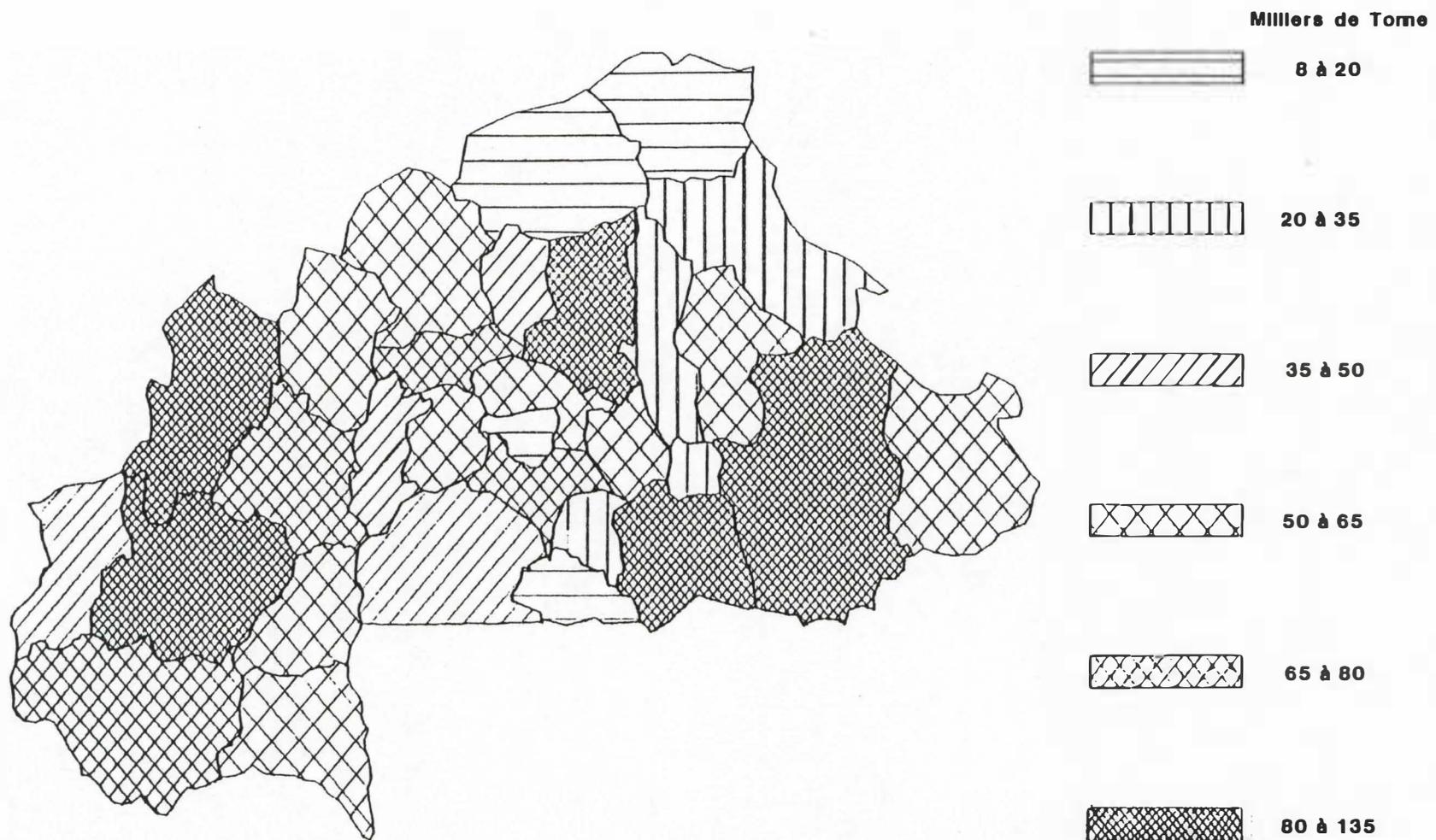
Tableau 2 : Exportations minérales pour une tonne de substances utiles

Cultures	Eléments en kg		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Mil (grain)	43	20	20
Sorgho (grain)	34	7	17
Maïs (grain)	26	12	21
Riz (paddy)	24	12	34
Coton (coton graine)	49	19	53
Arachide (coque)	51	9	24

Source : IRAT 1980 - Fertilisation minérale

Figure 1

PRODUCTION PROVINCIALE DE CEREALE 1986



3

Source: Projet Engrais Vivriers

Les calculs sur ces bases donnent les résultats suivants :

Azote : 88 413 t de N ou 192 202 t d'urée
Phosphore : 28 416 t de P_2O_5 ou 63 146 t de TSP
Potassium : 50 411 t de K_2O ou 84 018 t de KCl.

Ainsi pour compenser uniquement les exportations il faut 340 000 t d'engrais par an, si on tient compte des pertes par lessivage, lixiviation, volatilisation, rétrogradation... il en faut au moins le double, soit

680 000 T

Ces chiffres représentent 20 fois la consommation actuelle, ce n'est pas réaliste de se baser sur ces chiffres mais il ne faut pas perdre de vue que ce sont des quantités qui sortent du sol chaque année, et sans restitution suffisante il y aura appauvrissement des sols.

Nous verrons plus loin comment on peut contribuer partiellement à cette restitution en s'insérant dans les systèmes de production et en proposant des formules d'engrais économiques.

2.2. Consommation actuelle :

La consommation des engrais progresse régulièrement au Burkina pour atteindre 33 000 t en 1986. Le cinquième Plan prévoit une consommation de 34 000 t en 1990, elle sera certainement atteinte.

Les répartitions par culture et par région sont présentées dans les tableaux 3 et 4, et la figure 2.

On constate un triple déséquilibre :

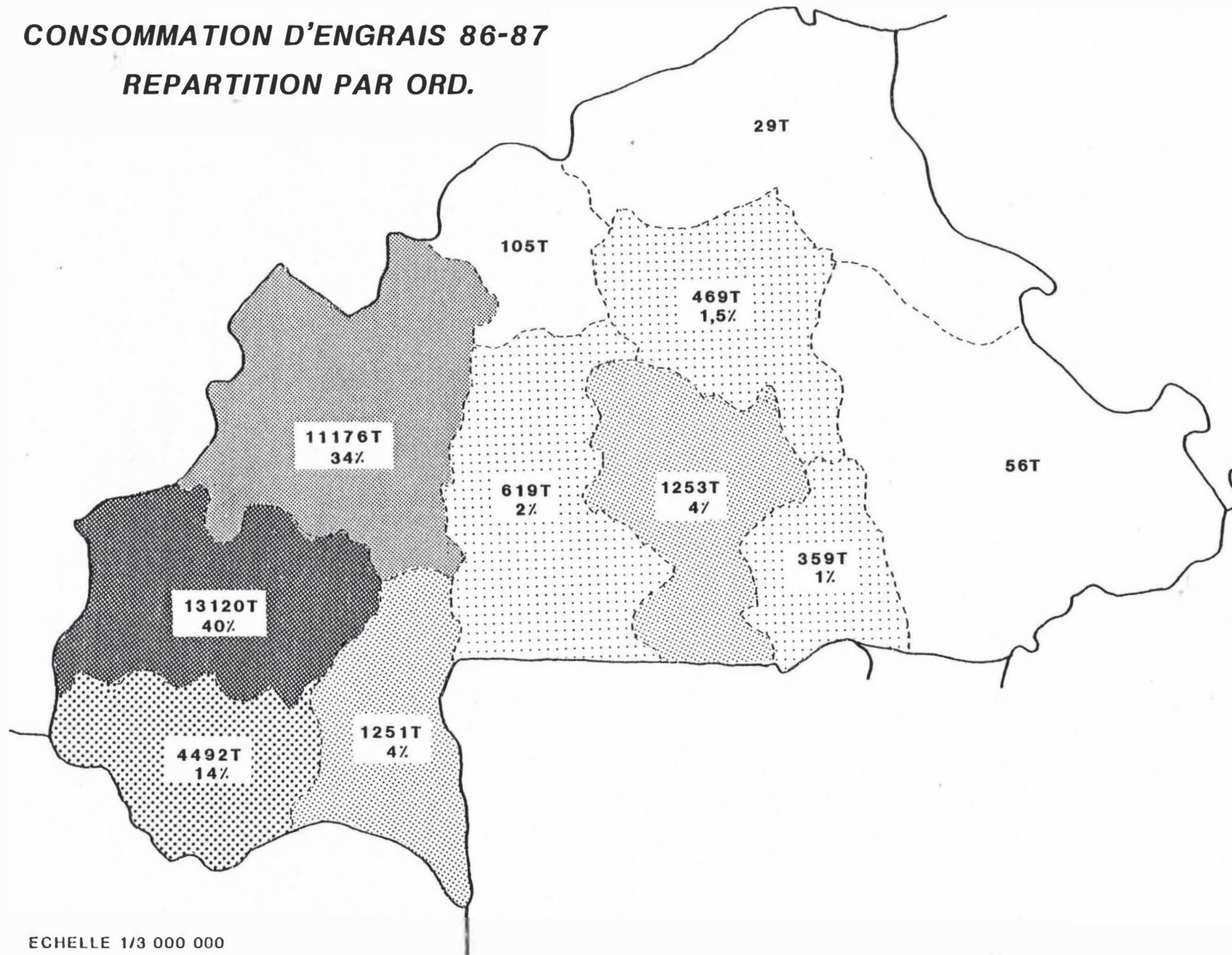
- le tiers Ouest du pays consomme 90 % des engrais,
- l'engrais coton représente 72 % du total,
- le coton tout seul consomme 58 % pour 4 % de la surface cultivée.

Le poids de l'engrais coton est considérable, et il est à l'origine de ces 3 déséquilibres. Tant qu'on ne

Figure 2 **BURKINA FASO**

CONSOMMATION D'ENGRAIS 86-87

REPARTITION PAR ORD.



ECHELLE 1/3 000 000

Tableau 3

TABLEAU DE REPARTITION DE LA CONSOMMATION PAR TYPE DE CULTURES - CAMPAGNE 1986-1987

ENGRAIS \ CULTURES	COTON	CEREALES PLUVIALES	CANNE A SUCRE	AUTRES CULTURES	TOTAL
NPK	15 979	6 300		1 670	23 949
UREE	3 010	1 700	720	780	6 210
BURKINA PHOSPHATE	55	250	20	84	409
SUPER SIMPLE				7	7
SUPER TRIPLE			650		650
P. AMMONIAQUE			23	10	33
SULFATE AMMONIAQUE			1 030		1 030
CHLORURE POTASSE	7		602	27	636
TOTAL	19 051	8 250	3 045	2 578	32 924
POURCENTAGES	57,86 %	25,06 %	9,25 %	7,83 %	100 %
N	3 462	1 601	552	578	6 193
P ₂ O ₅	3 209	1 322	308	361	5 200
K ₂ O	2 401	945	361	267	3 974
S	958	378	254	101	1 691
B ₂ O ₃	159	63		17	239

NPK référence : 13.20.15 + 6 S + 1 B₂O₃

Tableau 4

TABLEAU DES CONSOMMATIONS D'ENGRAIS EN TONNES (CAMPAGNE 1986-1987)

. Formule référence : N.P.K. = 13.20.15. + 6 S + 1 B₂O₃

	NPK	B.P.	Kcl	Super S	Super 45	Sulf Ammo	DAP	Urée	Total	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B ₂ O ₃
MOUHOUN	9 457	2	7					1 710	11 176	2 016	1 892	1 423	567	95
BOUGOURIBA	1 074							177	1 251	221	215	161	64	11
CENTRE	1 063	47		5			10	128	1 253	199	230	159	64	11
CENTRE EST	76	240		2				36	354	26	76	11	5	1
CENTRE NORD	325	6						138	469	106	66	49	19	3
CENTRE OUEST	541	8						70	619	103	110	81	32	5
COMOE	1 242	0	602		650	1 030	23	945	4 492	817	551	523	328	12
EST	41	2						13	56	11	9	6	2	0
HAUTS BASSINS	10 039	86	27					2 968	13 120	2 670	2 029	1 522	602	100
SAHEL	10	18						1	29	2	6	1	0	0
YATENGA	81	0						24	105	22	16	12	5	1
TOTAL	23 949	409	636	7	650	1 030	33	6210	32 924	6 193	5 200	3 948	1 688	239

trouvera pas d'autres cultures locomotives, on ne sortira pas de cette emprise.

Pour la filière engrais que nous envisageons cette position dominante doit être considérée comme un atout puisque c'est un marché solvable déterminant qu'il faut absolument garder.

Parallèlement, il faut proposer des formules plus adaptées pour les autres cultures, d'autre part il est possible de rééquilibrer les consommations en faveur du Centre et de l'Est, par le canal de nouveaux projets de développement : arachide, coton, périmètres irrigués.

2.3. Rentabilité de l'engrais :

Le tableau 5 présente les augmentations de rendements dues aux engrais.

Le calcul économique est en général difficile à établir, d'une part parce que la subvention n'est pas uniforme pour les différents types d'engrais, et d'autre part, parce que les prix des denrées agricoles varient beaucoup au cours de l'année et avec les régions, on connaît rarement (sauf pour le coton) le volume de transaction qui accompagne un prix donné.

Le rapport kg de produit/kg d'engrais est une indication de l'efficacité agronomique. Le tableau 5 montre que le phosphate naturel brut n'est pas très incitatif, d'autant moins que les quantités à transporter risquent de peser sur les charges.

Le complexe NPK est intéressant pour l'arachide, le maïs, le riz et le coton. Son efficacité est limitée pour le mil et le sorgho.

Ces moyennes nationales cachent des disparités régionales. En effet l'Ouest et le Centre sont mieux arrosés et répondent mieux à l'engrais ; le Nord et l'Est sont plus secs, et ce sont des régions à dominance mil et sorgho. Il semble donc difficile de développer l'utilisation des engrais dans ces régions et pour ces cultures sans une politique de crédit de campagne et de stabilisation des prix des produits agricoles.

Tableau 5

Augmentations de rendements dues aux engrais, moyennes nationales

Cultures	Fumures utilisées/ha	Augmentation de rendements	
		kg/ha	par kg engrais
Arachide	100 kg N P K	329	3,29
	250 kg BP	219	0,87
Mil	100 kg N P K + 50 kg urée	268	1,78
	200 kg B P + 50 kg urée	154	0,61
Sorgho	100 kg N P K + 50 kg urée	335	2,23
	200 kg B P + 50 kg urée	174	0,69
Maïs	100 kg N P K + 50 kg urée	924	6,15
	200 kg B P + 50 kg urée	336	1,34
Riz pluvial	200 kg N P K + 100 kg urée	980	3,26
Riz irrigué	300 kg N P K + 200 kg urée	2 100	4,20
Coton	150 kg N P K + 50 kg urée	635	3,17

N P K : engrais coton avec S et B

BP : Burkinaphosphate

Source : BIKIENGA 1983 - La commercialisation des engrais en Haute Volta.

2.4. Systèmes de production :

Schématiquement on peut distinguer 7 systèmes de production ou pratiques culturales.

Système 1 : correspondant à la zone Centre et Centre Nord du pays, à risque climatique important (fig. 3). Cette région regroupe 40 % de producteurs agricoles.

Les deux principales cultures sont le mil, sur sol dégradé, et le sorgho, sur sol plus riche et dans les bas-fonds, sans jachère, avec un élevage de caprins et ovins réduit par manque de ressources fourragères. Ces deux cultures occupent 85 % des surfaces, l'arachide occupe le reste.

Par suite de la surexploitation et de restitution insuffisante de résidus de récolte, le sol est très dégradé. La réponse aux engrais est spectaculaire quand les pluies atteignent ou dépassent les 500 mm.

La consommation d'engrais est très limitée par manque de moyens monétaires.

Voilà une région qui cumule les inconvénients :

- aléas climatiques,
- sols dégradés,
- faibles moyens monétaires.

On peut proposer une solution en 3 points :

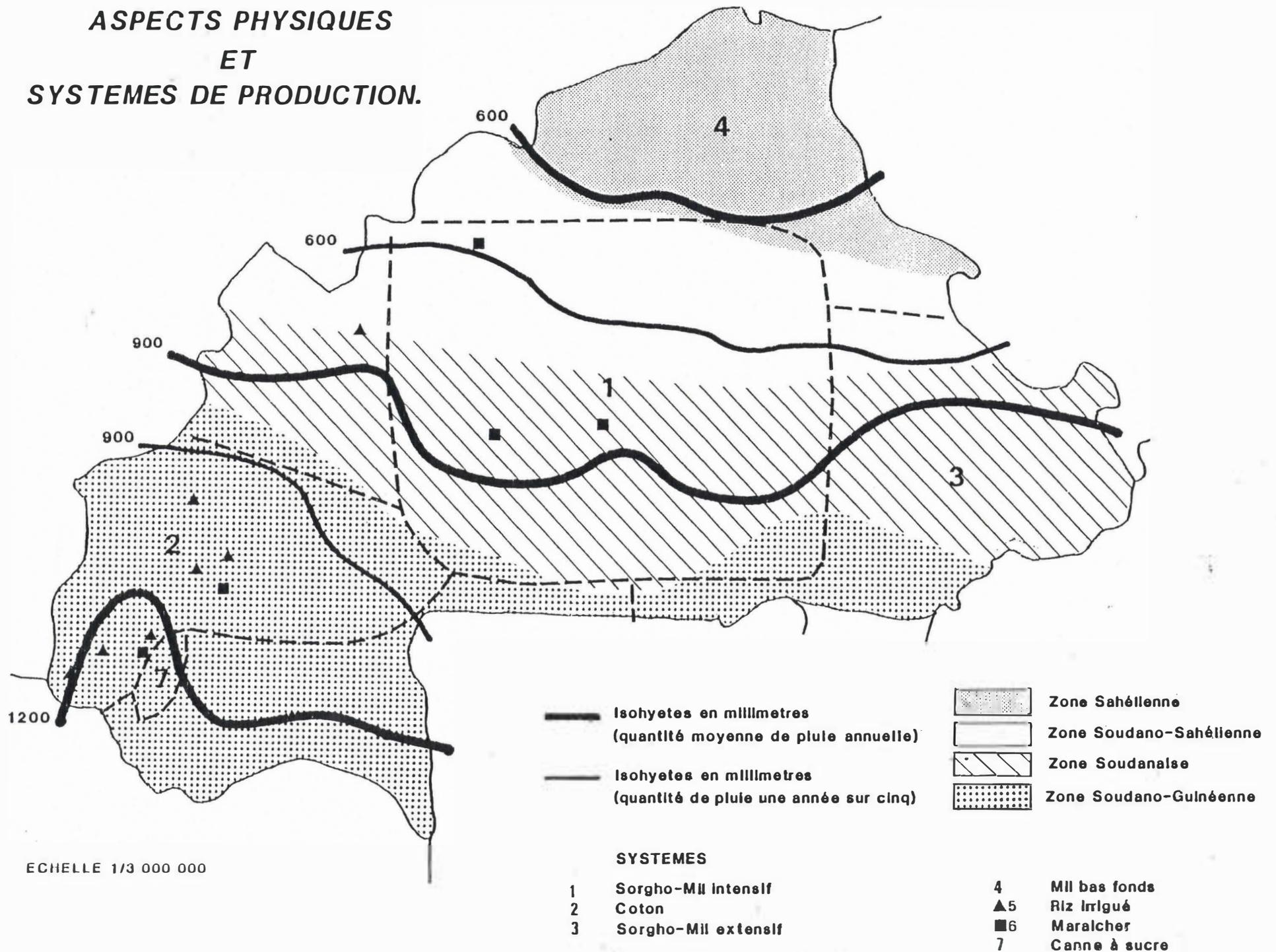
- utiliser au maximum les résidus de récoltes, certains paysans le font déjà, si possible par compostage, pour éviter la minéralisation directe, cette pratique apporte suffisamment de K et de S,

- promouvoir une formule très économique à base de phosphore et un peu d'azote, de type 10 N, 20 P₂O₅. Certes c'est une formule déséquilibrée mais compte tenu des teneurs en potassium total du sol, des restitutions éventuelles de paille, et du niveau de production encore faible, on peut se passer d'apport de potassium pendant quelques années,

- récupérer le crédit engrais sous forme de produits agricoles, 100 à 200 kg de mil ou sorgho. Cette forme de troc permet de contourner le problème épineux de la disponibilité monétaire et devrait inciter fortement les paysans à utiliser l'engrais, condition essentielle pour réamorcer la production végétale et reconstituer le cycle

Figure 3 :

ASPECTS PHYSIQUES ET SYSTEMES DE PRODUCTION.



matière organique-élevage-fumier-fertilisation.

Système 2 : correspondant à l'Ouest et le Sud-Ouest du pays, avec des pluies abondantes. Cette région regroupe aussi 40 % des paysans.

Les cultures sont basées sur le système coton-céréales (maïs et sorgho)-jachère, représentant 90 % des surfaces ; le reste est occupé par l'arachide et le sésame.

Région à hauts rendements, utilisant 80 % des engrais. Le système coton a fait ses preuves :

	1972/73	1981/82	1985/86
Surface en coton (ha)	70 058	65 240	125 243
Consommation engrais (t)	1 500	7 526	22 193
Production coton (t)	32 577	57 542	148 128
Rendement kg/ha	465	882	1 183

Le rendement kg/ha augmente régulièrement et contribue plus à l'augmentation de la production de coton que l'extension des surfaces.

Il s'agit donc pour la filière engrais, de répondre à la demande du coton, avec la formule déjà éprouvée : 13 - 20 - 15 - 6S - 1 B₂O₃.

La SOFITEX doit être le partenaire privilégié de notre projet, comme client important certes, mais aussi pour ses capacités de stockage, transport, distribution et crédit de campagne.

Pour les autres cultures, bénéficiant des conditions climatiques favorables et de l'effet entrainement du coton, on peut proposer une formule complète mais sans bore, de type 13 - 20 - 10 - 5 S.

Système 3 : correspondant à l'Est du pays, région à fort potentiel, peu peuplée, regroupant 5 % de la population.

Le sol est peu dégradé, les cultures principales sont sorgho-mil-jachère, sans labour et sans engrais.

En fait c'est une région à développer, des projets sont en cours de gestation ou de réalisation comme le coton, les périmètres irrigués en liaison avec les barrages de Kombienga et de Bagré, l'arachide.

Cette dernière culture est intéressante pour notre filière engrais, au moins pour 2 raisons :

- D'abord parce qu'il existe une société de développement, la SOFIVAR, qui fonctionne à peu près comme la SOFITEX, avec des crédits de campagne, un prix d'arachide garanti, des possibilités de ramassage des récoltes et de distribution d'engrais.

En 1987, elle gère 1 500 ha avec engrais et 3 000 ha sans engrais. Ces surfaces devraient atteindre 30 000 ha en 1990. La production est utilisée pour l'huilerie 25 000 t en cours de construction, et confiserie.

- Ensuite parce que l'arachide répond bien à l'engrais et dans l'équilibre que nous envisageons avec le phosphate de Kodjari, c'est à dire beaucoup de P_2O_5 , un peu de N et de S.

En effet les travaux de l'IRHO ont montré que l'arachide répond dans l'ordre à P - N - S, et que dans les conditions actuelles de cette culture l'apport de la potasse n'est pas indispensable.

La meilleure solution est l'association fumure organique (fumier) et fumure minérale. Un essai installé à Niangoloko en 1960, avec un apport annuel de 5 t/ha de fumier et 75 kg/ha de Supersimple, a montré que les rendements se sont maintenus à un niveau élevé (plus de 2 t) après 22 ans de culture continue en arachide.

Dans le cas où le fumier n'est pas disponible, la fumure minérale seule peut être conseillée :

10 N - 12,5 P_2O_5 - 6 S selon l'IRHO
6 à 10 N - 21 P_2O_5 - 6 S selon la SOFIVAR

Système 4 : correspondant au Nord du pays, l'ORD du Sahel, à risque climatique très important.

L'agriculture est concentrée sur 2 à 3 % des surfaces, dans les bas-fonds. La principale culture est le mil, suivi parfois de jachère, le sol se dégrade rapidement.

C'est une région limite, l'objectif est de garder

les paysans pour éviter la désertification, ce qui justifierait un effort dans la fertilisation. Elle consisterait, comme pour le système 1, à amorcer le redressement de la production végétale par une formule très économique à base de phosphore et un peu d'azote.

Système 5 : correspondant à des rizières dans l'Ouest et le Sud-Ouest du pays, occupant des bas-fonds et des périmètres irrigués.

La culture est intensive, parfois avec 2 récoltes par an. Le rendement est élevé (4 - 5 t/ha) quand la maîtrise de l'eau est correcte, et avec fertilisation, surtout azotée.

Apport à l'hectare	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Saison des pluies	90	60	40
Saison sèche	120	60	40

Il serait judicieux de récupérer les cendres des balles de riz, riches en potassium et silice, qui s'accumule à côté des décortiqueries, ce qui permettrait de proposer des formules plus économiques à base de phosphore et azote seulement.

Système 6 : correspondant aux cultures maraichères qui se développent de plus en plus, surtout autour des villes : Bobo, Ouaga, Koudougou, Ouahigouya....

Ce sont des petits périmètres (500 m²), mais intensifs, regroupant 4 à 5 personnes avec une main d'oeuvre familiale importante, et irrigation souvent à l'arrosoir, à partir de l'eau des puits ou des marigots.

L'UCOBAM, créé et financé par les coopératives de producteurs, coordonne l'achat et la distribution des engrais.

La fertilisation est d'abord organique, jusqu'à 30 t/ha de fumier ou de compost, en fait on récupère toutes les matières organiques disponibles.

A signaler une situation paradoxale : la BRAKINA de Bobo ne trouve pas preneur de ses 5 000 t/an de dresh à 2 500 FCFA par camion de 3 t.

La fumure minérale est forte de 300 à 600 kg/ha de complexe NPK, elle est rentable. Mais les formules ne sont

pas étudiées en fonction des légumes à feuilles, fleurs, fruits ou racines. En attendant on peut proposer un équilibre /ha : 140 - 180 - 180.

Système 7 : correspondant à la canne à sucre, autour de Banfora.

Système de culture intensive et en continu : une canne vierge et 4 à 5 repousses, avec irrigation et forte fumure minérale.

140 N - 120 P₂O₅ - 140 K₂O/ha sur canne vierge, 1 000 ha
 140 N - 80 P₂O₅ - 140 K₂O/ha sur repousse, 3 000 ha

La SOSUCO utilise des engrais simples :

sulfate d'ammoniaque : 1 030 t en 1986
 urée : 730 t
 TSP : 650 t
 KCl : 600 t.

L'apport d'engrais simples nécessite 6 passages par saison. Les résidus organiques bagasses, mélasses, écumes sont peu utilisés.

La canne à sucre fournit un exemple intéressant de raisonnement pour une fertilisation à faibles intrants.

La culture mécanisée permet l'enfouissement d'engrais vert en début de cycle, ce qui apporte de l'azote et de la matière organique.

Les champs sont concentrés autour de l'usine ce qui facilite l'épandage des résidus organiques.

L'usine produit environ 13 000 t par an de mélasses et autant d'écumes.

Calcul des apports en éléments fertilisants :

Mélasse ou vinasse	Azote	Phosphore	Potassium
Teneur par tonne	5 kg N	3,5 kg P ₂ O ₅	37 kg de K ₂ O
Equivalent engrais	141 t urée	101 t TSP	801 t KCl
Ecumes	Azote	Phosphore	Calcium
Teneur par tonne	3,5 kg N	7 kg P ₂ O ₅	18 kg CaO
Equivalent engrais	98 t urée	202 t TSP	408 t calcaire

Total			
Mélasses + écumes	Azote	Phosphore	Potassium
Unités fertilisantes	110 t N	136 t P ₂ O ₅	480 t K ₂ O
Equivalent engrais	239 t urée	303 t TSP	801 t KCl

On constate que l'apport des résidus organiques couvre la totalité des besoins en potassium, la moitié du phosphore et le cinquième de l'azote. Ainsi nous pourrions proposer une formule NP et un apport complémentaire en azote, avec un nombre de passage réduit.

2.5. Propositions de formules de fumures :

Dans un premier stade et dans un souci de simplification, la filière engrais pourrait fabriquer un engrais de base de type N - P₂O₅ - S, auquel s'ajouteraient les éléments complémentaires pour répondre aux besoins de 4 groupes de plantes :

Tableau 6

BESOINS EN ELEMENTS FERTILISANTS EN KG/HA POUR DIFFERENTES CULTURES

CULTURES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B	APPORT	ORD
COTON	42	30	22	9	1,5	Complexe + Urée Apport N en 2 fois	Centre-Est - Mouhoun - Comoe - Hts Bassins - Bougouriba
CEREALES	36	20	15	4		Complexe + Urée Apport N en 2 fois	Partout
CANNE A SUCRE	140	120	140	30		Complexe 3 fois	Comoe
ARACHIDE	10 8	20 25		4 4		Complexe 1 fois	Partout

3 - MISE AU POINT DES PRODUITS

3.1. Concept de l'attaque partielle :

Les attaques partielles des phosphates par des acides minéraux sont maintenant pratiquées dans de nombreux pays, pour des raisons économiques (prix de revient du produit) et techniques (qualité des phosphates locaux).

Malheureusement l'efficacité agronomique de ces produits peut être médiocre pour différentes raisons comme :

- une disponibilité faible du P_2O_5 . (% du P_2O_5 réellement disponible pour la plante),
- une mobilité dans le temps faible (rapidité d'action),
- un délitement trop lent du produit sous sa forme granulée,
- un emploi mal adapté qui ne tient pas compte :
 - . des caractéristiques du sol,
 - . de la plante cultivée,
 - . des conditions climatiques,
 - . du mode de culture,
- etc....

C'est ainsi que parfois l'on constate une efficacité agronomique moins bonne pour le phosphate partiellement attaqué que pour celle du phosphate de départ.

C'est pourquoi nous avons mis en oeuvre un programme de recherche avec la collaboration d'organismes comme :

- BRGM (Bureau de recherche géologique et minière) pour la partie caractérisation fine des phosphates de départ.
- CIRAD (Centre Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le développement), pour la partie agronomique,
- Université de NANCY pour la partie analyse fine des constituants des phosphates partiellement attaqués et la mise en oeuvre de tests de mesures de la mobilité des formes de P_2O_5 obtenues en corrélation avec des essais de serres.

La mise au point des procédés d'attaque étant réalisée dans nos laboratoires et notre station pilote, dans le but de ne tester que des produits réalisables industriellement, et de produire des échantillons suffisamment importants pour permettre des essais aux champs (0,5 à 3 tonnes).

Cette collaboration nous a permis d'aller très vite dans le développement de produits originaux agronomiquement efficaces et la mise au point de méthodes rapides de caractérisation de ceux-ci.

Nous avons donc dans un premier temps pratiqué :

- des attaques sulfuriques,
- des attaques phosphoriques,
- des attaques sulfo-phosphoriques.

Nous avons par la suite rapidement évolué vers des attaques beaucoup plus complexes afin d'optimiser la mobilité du P_2O_5 des produits obtenus.

```
*****
* L'ensemble des essais nous a permis de dégager les cons-
* tatations suivantes :
*
* - Il n'y a pas de règle générale applicable dans tous
* les cas (chaque phosphate est en fait un cas bien
* particulier)
*
* - Il est nécessaire de bien connaître les conditions
* d'utilisation.
*
* - Les tests d'orientation n'ont en fait qu'une
* valeur indicative, ils permettent cependant d'éliminer
* des produits peu efficaces. Des essais aux champs
* doivent être nécessairement mis en oeuvre pour
* confirmation, et ceci pendant au moins deux et mieux
* trois ans de manière à éliminer tout phénomène anormal.
*
* - Ces produits ont un effet de rémanence non négli-
* geable.
*
* - On peut obtenir des produits plus efficaces que les
* produits conventionnels (DAP, MAP, Superphosphates
*
*****
```

3.1.1. Considérations économiques :

Les attaques partielles utilisent des acides minéraux qui doivent donc être disponibles localement ou être importés, soit :

- Acide sulfurique :

Liquide propre de densité voisine de 1.84

Concentration du produit commercial entre 96 % et 98.5 %

Produit corrosif

Nécessité des précautions spéciales pour sa manipulation (sécurité des travailleurs)

Stockage dans des réservoirs en acier.

Transport dans des citernes spécialement aménagées

Produit banalisé, généralement bon marché sur le marché international (30 à 50 US \$ par tonne)

N'apporte pas d'élément fertilisant majeur

Contient 32 % de soufre (élément secondaire)

Son emploi a pour effet de déconcentrer le produit final fertilisant (18 % de P_2O_5 pour super simple, 18 à 25 % P_2O_5 pour les phosphates partiellement solubilisés).

Produit qui du fait de son prix n'est pas intéressant à transporter trop loin.

- Acide phosphorique :

Liquide chargé de densité comprise entre 1.5 et 1.65,

Les matières en suspension créent des problèmes lors des transports et des stockage (nettoyage et pertes de produits),

Concentration du produit commercial comprise entre 50 % et 54 % P_2O_5 .

Produit corrosif, mais moins dangereux à manipuler que l'acide sulfurique,

Stockage dans réservoir caoutchouté ou ébonité ou plaqué intérieurement acier inoxydable (coûteux). Un système d'agitation doit de plus être prévu pour empêcher la sédimentation des matières en suspension, d'où consommation d'énergie lors du stockage,

Transport dans citernes spécialement aménagées,

Produit relativement cher (250 à 300 US \$/tonne P_2O_3 ,

La taille des bateaux disponibles oblige à des niveaux d'approvisionnement importants, d'où coût de financement des stocks élevés,

Apporte un élément fertilisant majeur : P_2O_5

Apporte aussi un élément mineur : soufre 1 à 2.5 %

Permet de fabriquer des produits concentrés (45 % de P_2O_5 pour attaque complète, 30 à 40 % P_2O_5 pour attaque partielle),

Par contre le P_2O_5 apporté se substitue au P_2O_5 d'origine locale et en diminue l'emploi).

Conclusion :

On voit qu'il est mal aisé d'envisager de réaliser des attaques phosphoriques pour de petits projets dans des pays en voie de développement, bien que dans ces pays les coûts logistiques soient très importants et plaident en faveur de la fabrication de produits concentrés.

Il conviendra aussi pour les mêmes raisons de minimiser le taux d'utilisation de l'acide sulfurique.

La technique et le produit que nous proposons, doivent répondre aux impératifs suivants :

- minimiser l'emploi d'acide sulfurique,
- obtenir un produit le plus concentré possible,
- maximiser l'emploi de phosphate local,
- obtenir un produit au moins aussi efficace que les produits actuellement utilisés.

3.1.2. Considérations agronomiques :

L'attaque partielle vise à créer un effet starter avec la partie solubilisée qui va faciliter la croissance initiale de la plante et en particulier un meilleur enracinement. Comme le phosphore est très peu mobile dans le sol, plus un système racinaire est développé mieux il intercepte et absorbe les ions phosphates, et avec le temps même la partie non attaquée serait mieux utilisée.

Il est donc très important qu'un maximum de particules de phosphate soit partiellement solubilisé pour créer une multitude d'effet starter in situ, ce qui suppose une attaque en mouvement et encore mieux en tourbillon et non une attaque en masse.

Ainsi l'attaque partielle n'est pas seulement une étape inachevée de la fabrication du superphosphate, c'est une conception différente, qui demande un dialogue suivi entre le fabricant et l'utilisateur au cours des différentes phases de l'étude :

- caractérisation des matières premières pour prévoir les types d'attaque à mener,

- analyse fine des produits pour détecter des blocages éventuels. En effet, l'attaque n'étant pas complète, il y a réarrangement des minéraux et interactions entre les produits néoformés, qui peuvent gêner la solubilisation du phosphore et du calcium.

- une évaluation des produits selon plusieurs critères :
 - . solubilité instantanée et dynamique,
 - . phosphore potentiellement soluble par dilution isotopique,
 - . comportement en milieu contrôlé (vases) et en milieu réel (champs)

3.2. Les étapes de la mise au point

3.2.1. Gisements de phosphates :

Le Burkina possède 3 gisements dans l'Est du pays, situés à Kodjari, Arli et Aloub Djouana.

Seul Kodjari a fait l'objet d'étude détaillée : certification des réserves, minéralurgie fabrication de superphosphate (BUVOGMI, BRGM, CDF-CHIMIE, IFDC).

Réserves : 24 millions de t à la coupure de 28 % de P₂O₅
 49 " " " 23 % de P₂O₅
 63 " " " 18 % de P₂O₅.

Les réserves sont importantes et facilement exploitables à ciel ouvert par carrière. Dans l'optique d'une utilisation locale de l'ordre de 20 000 t/an on pourrait choisir 2 blocs de la colline A :

bloc 132 : réserve 3,2 Mt, teneur 28,2 % P₂O₅
 bloc 134 : " 3,4 Mt, teneur 28,1 % P₂O₅

Ainsi on pourrait utiliser un minerai riche, plus de 28 % de P₂O₅ pendant 300 ans.

Composition chimique du minerai :

Les principaux éléments sont :

P ₂ O ₅	25,38 %	Fe ₂ O ₃	3,42 %
CaO	34,45	Al ₂ O ₃	3,08 %
SiO ₂	26,24	F	2,54 %

C'est un minerai à teneurs moyennes en P₂O₅ et CaO, élevées en SiO₂, Fe₂O₃ et Al₂O₃, éléments gênants.

Minéralurgie :

Un essai de concentration par broyage, flottation, et séparation magnétique à haute intensité donne les résultats suivants :

récupération	:	71 %
teneur en P ₂ O ₅	:	29 %
CaO	:	43 %
Feral	:	3,6 %

Cependant, compte tenu de la dureté du minerai, des faibles ressources en eaux et énergies sur place, les coûts de traitement sont trop élevés par rapport aux résultats obtenus.

Traitements industriels :

Les essais de traitements chimiques ont pour but de voir si l'on peut fabriquer du supersimple et du supertriple avec le minerai de Kodjari lavé et concentré.

- Supersimple : 42,71 kg d'acide sulfurique pur pour 100 kg de phosphate :

Teneur en P_2O_5 total	: 16,7 %
" soluble dans l'eau	: 3,9 %
" soluble eau et citrate	: 9,4 %
% de P_2O_5 assimilable	: 56 %

La qualité de ce supersimple est très médiocre, seulement 3,9 % de P_2O_5 soluble dans l'eau contre 17 à 18 % pour les superphosphates courants :

- Acide phosphorique : 60,25 kg d'acide sulfurique pur pour 100 kg de phosphate,

L'acide produit contient des impuretés (Feral) en proportion directe avec la composition du minerai, nettement plus élevées que les normes admissibles des acides commerciaux actuels.

- Supertriple : 117,31 kg d'acide phosphorique à 54 % pour 100 kg de phosphate.

P_2O_5 soluble dans l'eau 23,3 % contre 39 à 40 % habituellement.

Ainsi le minerai de Kodjari n'est pas adapté pour la fabrication de supersimple, acide phosphorique, ou supertriple.

3.2.2. Utilisation directe :

Parallèlement aux études minéralurgiques et traitements industriels, des essais agronomiques ont été entrepris depuis 1976 avec le phosphate brut moulu.

Les résultats montrent que son efficacité varie beaucoup avec les conditions pédoclimatiques du milieu d'utilisation, essentiellement l'acidité du sol et les quantités de précipitations.

Voici quelques résultats, bilans de 4 ans d'essais

Tableau 7 : utilisation directe. Essais aux champs.

Sites	Cultures	Surcroît de rendements par rapport au témoin, base 100	
		Phosp.Kodjari	Phosp. soluble
Saria	sorgho	114	213
	mil	116	145
	coton	127	139
Farako-Ba	coton	104	203
	soja	127	224
	maïs	241	393

On constate que généralement l'effet immédiat (1ere année) est faible, ce qui décourage souvent les paysans. Pour compenser on a préconisé des doses assez fortes (400 kg/ha) et un broyage fin, ce qui a entraîné un alourdissement des investissements engrais et un épandage difficile.

L'utilisation directe n'a pas connu le succès qu'on espérait malgré des efforts très importants de formation, de sensibilisation, de publicité, de vulgarisation.

On retient donc qu'il faut créer un effet immédiat perceptible et éviter une présentation pulvérulente.

3.2.3. Attaque sulfurique :

Conditions d'attaque :

On distingue 3 phases principales :

- phase de préparation des produits :
 - solides : broyage, dosage, mélange ;
 - liquides : dosage, mélange, réchauffage, dilution,

- phase de réaction, en continu ou discontinu,
- phase de mise en forme : pulvérulent, run of pile (semigranulé), granulé, compacté.

Pour cette attaque, le phosphate a été broyé à 80 % en dessous de 80 microns et l'acide sulfurique dilué entre 53 et 67 %.

La réaction se fait dans un mélangeur spécialement étudié, par lot de 50 kg.

Caractéristiques des produits obtenus :

Tableau 8 : Produits de l'attaque sulfurique

N°	kg acide pur pour 100 kg de phosphate	Taux d'attaque par rapport à SSP %	P ₂ O ₅ total %	P ₂ O ₅ soluble eau %	P ₂ O ₅ soluble 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

Le taux d'attaque représente le pourcentage d'acide utilisé par rapport à la quantité nécessaire pour fabriquer le supersimple (42,71 kg de H₂SO₄ pur pour 100 kg de phosphate de Kodjari).

Le P₂O₅ assimilable est le rapport entre le P₂O₅ soluble dans l'eau et le citrate et le P₂O₅ total.

On constate que les solubilités dans l'eau sont plus élevées que celles des traitements industriels par l'IFDC (chapitre 3.2.1.), mais elles n'augmentent pas proportionnellement avec les doses d'acide. il y a donc vraisemblablement un blocage de solubilisation à partir d'un certain seuil d'attaque.

L'analyse minéralogique et cristallographique montre :

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

Ainsi pour ce type de phosphate l'attaque sulfurique seule n'est pas très indiquée, à cause de la formation de réseaux d'anhydrites peu solubles qui gênent la solubilisation du phosphore.

Essais en vases :

L'objet de cet essai est de mesurer dans des conditions contrôlées, l'efficacité de 2 produits extrêmes attaqués à 29 et 65 %, à travers 2 paramètres :

- la solubilité du phosphore et du calcium par dilution isotopique (valeur L) respectivement avec le ^{32}P et le ^{45}Ca ,

- l'assimilabilité de ces deux éléments par une plante test dans 2 sols du Burkina.

L'essai comporte 5 traitements, 6 répétitions. Il est réalisé en petits vases de végétation contenant 150 g de sol, et a duré 3 mois. La dose de phosphore est de 100 ppm de P.

Traitements	Valeur L ppm	Coefficient solubilité %	Prélèvement ppm	Coefficient Assimilabilité %
Témoin sans P	43		6,06	
Phosphate brut	46	3	7,39	19
P attaqué à 29 %	67	23	9,35	47
P attaqué à 65 %	78	32	10,88	69
Supersimple	148	100	13,05	100

Tableau 9 - Résultats sur sol de SARIA - Phosphore

Traitements	Valeur L ppm	Coefficient solubilité %	Prélèvement ppm	Coefficient Assimilabilité %
Témoin sans P	53		6,34	
Phosphate brut	63	6	6,95	13
P attaqué à 29 %	91	23	8,53	46
P attaqué à 65 %	128	46	10,08	78
Supersimple	217	100	11,12	100

Tableau 10 - Résultats sur sol de SARIA - Calcium

Traitements	Valeur L ppm	Coefficient solubilité %	Prélèvement ppm	Coefficient Assimilabilité %
Témoin sans P	12		2,00	
Phosphate brut	17	4	2,45	5
P attaqué à 29 %	35	22	5,71	39
P attaqué à 65 %	51	37	7,16	55
Supersimple	117	100	11,42	100

Tableau 11 - Résultats sur sol de FARAKOBA - Phosphore

Traitements	Valeur L ppm	Coefficient solubilité %	Prélèvement ppm	Coefficient Assimilabilité %
Témoin sans P	73		7,34	
Phosphate brut	80	5	7,46	3
P attaqué à 29 %	102	19	9,28	44
P attaqué à 65 %	136	42	9,69	53
Supersimple	224	100	11,74	100

Tableau 12 - Résultats sur sol de FARAKOBA - Calcium

Les coefficients sont obtenus selon la formule suivante :

$$\frac{\text{Phosphate} - \text{témoin}}{\text{simple} - \text{témoin}} \times 100$$

Le phosphate brut est peu soluble dans ces 2 sols, les valeurs L de P et Ca ne sont pas significativement différentes de celles des témoins.

Les phosphates partiellement attaqués donnent des résultats supérieurs au phosphate brut mais encore faibles. le supersimple est entièrement soluble et se retrouve dans les valeurs L.

On constate que les coefficients d'assimilabilité sont supérieurs aux coefficients de solubilité. Il y a donc accumulation des absorptions dans le temps.

Le calcium, souvent négligé dans les phosphates naturels, a un comportement assez similaire à celui du phosphore et participe activement à la nutrition de la plante.

Essai aux champs :

L'essai est implanté à Saria, sur sol ferrugineux tropical, comporte 7 traitements et 6 répétitions, sur des parcelles élémentaires de 48 m², et a duré 2 ans 1983 et 84. La dose de phosphate était de 30 kg de P₂O₅/ha. Il est planté avec du sorgho variété E 35-1.

Tableau 13 : Attaque sulfurique. Essais aux champs.

Traitements	Rendement en grain kg/ha			Coefficient agronomique %
	1983	1984	moyenne 2 années	
Témoin sans P	848	474	661	
Phosphate brut	929	748	838	37
P. attaqué à 29 %	1 128	648	888	48
P. " à 43 %	1 170	735	952	62
P. " à 58 %	1 179	766	972	66
P. " à 65 %	1 057	680	868	44
Supertriple	1 217	1 048	1 132	100

L'essai n'est pas significatif, sans doute à cause de la pluviométrie déficitaire à Saria et surtout irrégulière. Les produits fortement attaqués semblent moins efficaces que les produits faiblement attaqués, ce qui confirme les résultats de l'analyse minéralogique concernant la formation des anhydrites.

3.2.4. Attaque phosphorique :

Les conditions d'attaque sont analogues à celles de l'attaque sulfurique, seule la nature de l'acide change.

Emploi matières :

phosphate naturel	100 kg
H ₃ PO ₄ à 53 %	14 kg
eau	6 kg
taux d'attaque TSP	12 %

Caractéristique du produit fini :

P ₂ O ₅ total	28,12 %
P ₂ O ₅ soluble eau	6,44 %
P ₂ O ₅ soluble eau et citrate	8,77 %
P ₂ O ₅ assimilable / P ₂ O ₅ total	31 %

L'attaque phosphorique à un taux relativement faible (12 % / TSP) maintient la teneur en P₂O₅ total à un niveau élevé, ce qui est normal. Cependant la solubilité eau n'est pas très élevée, du même ordre que les attaques sulfuriques.

Le résultat le plus intéressant est l'absence d'anhydrite, et la formation de phosphate monocalcique en quantité importante, un peu de phosphate de fer hydraté, et vraisemblablement des phosphates amorphes.

Essais aux champs :

Ils sont installés en 1985 à Saria et sa région, en station avec 6 blocs, en milieu paysan avec 4 paysans et 3 blocs.

La dose de phosphore a été de 25 kg de P_2O_5 /ha.

Rendement en kg/ha de grain de sorgho

Tableau 14 : Attaque phosphorique. Essais aux champs

Traitements	Moyenne station	Moyenne paysans	Moyenne générale	Coefficient agronomique %
Témoin sans P	1 138	1 003	1 070	
Produit de l'attaque phosphorique	1 437	1 248	1 348	48
Phosphate soluble (engrais coton)	1 837	1 452	1 644	100

Les différences sont nettes entre le phosphate attaqué et les témoins, mais elles représentent à peine la moitié de l'effet du phosphate soluble, ce qui est encore insuffisant pour justifier son coût.

3.2.5. Attaque mixte :

L'objectif est de cumuler les effets positifs de l'acide sulfurique (attaque poussée de l'apatite) et de l'acide phosphorique (absence d'anhydrite).

Emploi matières :

phosphate naturel	100 kg
H_2SO_4 à 93 %	8,33 kg
H_3PO_4 à 53 %	21,66 kg
Taux d'attaque SSP	18 %
Taux d'attaque TSP	18 %

Caractéristiques du produit fini

P_2O_5 total	29,02 %
P_2O_5 soluble eau	11,68 %

P_2O_5 soluble eau et citrate 14,60 %

P_2O_5 assimilable/ P_2O_5 total 50 %

L'attaque mixte donne les meilleurs résultats en P_2O_5 total et soluble.

L'analyse minéralogique révèle la 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 % montre que le produit de l'attaque mixte se démarque nettement des autres produits, par une solubilisation de P très importante au cours des premières minutes (32 % du P_2O_5 total).

Essais au champs :

Le volet expérimentation du Projet Engrais Vivriers a été installé en 1986, 30 essais répartis dans toutes les provinces du pays, plantés en mil, sorgho et maïs.

L'essai est de type station avec 6 répétitions et des parcelles élémentaires de 48 m².

La fertilisation comporte 23 kg de N, 23 kg de P_2O_5 et 30 kg de K_2O /ha.

Malheureusement tous les résultats ne sont pas utilisables. D'une part, par suite des difficultés de mise en place et de surveillance, un tiers des données ne sont pas fiables (voir rapport du Projet de février 1987), d'autre part les données pour le mil et le maïs sont trop limitées (2 résultats chaque). Nous retenons les 17 résultats sur sorgho :

Tableau 15 : attaque mixte. Essai aux champs

Traitements	Rendement kg/ha	Coefficient agronomique
Témoins sans P	842	
Produit de l'attaque complexe	1 105	85 %
Phosphate soluble	1 166	100 %

Ces résultats sont très prometteurs mais il faut les confirmer par d'autres essais répétés dans le temps.

3.2.6. Attaque complexe :

1 - Principe du procédé :

Lors des différents essais nous avons constaté que les produits issus d'une attaque mixte ($H_2SO_4 + H_3PO_4$) donnaient les meilleurs résultats sur le plan de la solubilité et rendement agronomique, surtout en présence d'ions ammonium.

Mais il est difficile d'envisager de réaliser des attaques phosphoriques pour de petits projets, à cause du prix de l'acide phosphorique, des problèmes de transport et de stockage.

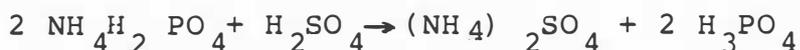
L'idée est de reconstituer de l'acide phosphorique à partir d'autres produits et en présence de l'ammonium.

Il est bien connu que sur le marché des engrais, des produits banalisés comme les phosphates monoammoniques (MAP) ou diammoniques (DAP) peuvent être trouvés à des prix particulièrement intéressants, de plus ces produits solides peuvent être transportés facilement et à bas prix (bateaux vrac).

Nous avons donc réalisé dans un premier réacteur spécialement aménagé, le mélange suivant :



de manière à amener au moins la quantité nécessaire de H_2SO_4 pour satisfaire à l'équation chimique suivante :



on constate que pour 1 de H_2SO_4 , on obtient 2 de H_3PO_4 .

Ce mélange est alors additionné au phosphate naturel à attaquer, on constate que généralement les phases gênantes comme les sulfates de calcium plus ou moins hydratés, les phosphates de fer et d'aluminium sont peu représentés, et que la mobilité du phosphore est considérablement augmenté dans le produit final.

Nous donnons ci-après une fourchette des produits obtenus.

2 - Exemples de produits obtenus :

Tableau 16: Attaque complexe

Emploi matières pour 100 kg de phosphate naturel

N°	H ₂ SO ₄ pur MHS kg	MAP kg	Tensio- actif	Eau kg	Acide Phosphate	% attaque SSP
BF1	20,21	33,3	trace	13,1	0,20	47
BF2	10,18	16,6	trace	7,2	0,10	23

Tableau 17 : 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		
		1/2 h	2 h	1 mn	2 mn	2 h
BF 1	27,80	13,8	41,1	37,7	40,3	53,4
BF2	26,40	9,0	38,6	35,8	37,8	44,6

On constate que la solubilité du BF1 n'est pas en rapport avec les quantités d'acide et de MAP utilisés. En effet, au cours des 2 premières minutes cette solubilité est inférieure à celle devant provenir du MAP. Ce résultat est à rapprocher de la présence de sulfates de calcium et de phosphates de fer formés qui représente 16 % du produit. Peu solubles, ils peuvent gêner la solubilisation du phosphore.

Par contre pour le BF 2 il y a un gain important de solubilité par rapport à celle devant provenir du MAP. L'analyse du produit montre qu'il y a très peu de sulfates de calcium et pas du tout de phosphate de fer, ceux-ci ne représentent que 3 % du produit. Ainsi une attaque modérée conserve le bénéfice des effets de l'acide et du MAP tout en évitant la production en trop grandes quantités de composés

néoformés gênants.

3 - Fabrication du produit de base :

Le produit retenu est proche du BF 2 :

Emploi matières :

Phosphate naturel :	81,7 kg
MAP :	13,6
H ₂ SO ₄ à 96 % :	8,6

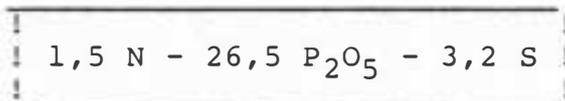
Caractéristiques du produit fini :

P ₂ O ₅ total :	26,5 %
P ₂ O ₅ soluble eau :	9,8
P ₂ O ₅ soluble eau et citrate :	10,2
N :	1,5
S :	3,2
CaO :	27,3
H ₂ O :	2,5

Ce produit de base contient déjà un peu de N et de S et beaucoup de Ca, apportant en unités fertilisantes :

$$\begin{aligned} P_2O_5 + N &= 28 \\ P_2O_5 + N + S &= 31 \end{aligned}$$

Il est désigné sous le nom de Phosphate Partiellement Solubilisé contenant de l'azote et du soufre : NSPP, et aura pour formule :



4 - Essai en vase de végétation :

L'essai a été conduit sur le sol ferrallitique de la station de Farako-Ba, dans des vases de 150 g de terre, avec l'agrostis comme plante-test et 5 répétitions.

4 traitements ont été mis à l'étude :

- témoin sans phosphate
- phosphate naturel brut à la dose de 100 ppm de P
- phosphate partiellement solubilisé NSPP, même dose,
- supertriple, même dose.

Les autres éléments N, K, S, Ca, Mg ont été apportés de façon uniforme sur tous les traitements.

100 microcuries de ^{32}P ont été mélangés dans chaque vase pour mesurer le phosphore isotopiquement diluable (valeur L).

3 coupes ont été effectuées à la 5e, 9e et 13e semaine après le semis, soit au total 91 jours.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau 18 suivant :

Les coefficients sont calculés d'après la formule:

$$\frac{\text{phosphate} - \text{témoin}}{\text{TSP} - \text{témoin}} \times 100$$

Tableau 18 : Essai en vases sur sol de Farako-Ba

Avec le produit de l'attaque complexe NSPP :

Traitements	Matière sèche mg	Coefficient Agronomique %	Valeur L ppm P	Coefficient solubilité %	Prélèvement de P ppm	Coefficient assimilabilité %
Témoin sans P	321		13,4		4,0	
Phosphate brut	600	72	52,2	41	15,8	50
NSPP	785	121	71,4	62	24,6	87
TSP	704	100	107,0	100	27,7	100

En vase, le poids de matière sèche n'est qu'une indication, on constate que les phosphates marquent, surtout le NSPP et le TSP.

Le sol de Farako-Ba solubilise assez bien les phosphates bruts et partiellement solubilisés, les valeurs L dépassent les solubilités eau.

Sur le plan de la nutrition phosphatée on peut considérer que le phosphate brut est équivalent à 50 % par rapport au TSP et le NSPP équivalent à 87 %, ce qui est très prometteur.

Le procédé de l'attaque complexe a fait l'objet d'un dépôt de brevet.

3.2.7. Synthèse des études de mise au point :

Pour faciliter les comparaisons nous rassemblons les caractéristiques des produits obtenus dans le tableau 19, et leur efficacité agronomique en vases et aux champs dans le tableau 20.

On constate que ce sont les attaques mixtes et complexes qui donnent des solubilités dans l'eau les plus élevées, ce qui répond à l'objectif de l'effet immédiat perceptible. Mais si l'on raisonne dans l'optique d'économie d'acide, on s'aperçoit que c'est l'attaque complexe à faible dose qui donne le meilleur rapport phosphore soluble/quantité d'acide utilisée.

L'expérimentation agronomique montre aussi que ce sont les produits d'attaques mixtes et complexes qui donnent les meilleurs résultats, 85 % d'équivalence par rapport à un phosphate soluble (TSP) pour l'attaque mixte, et 87 % pour l'attaque complexe.

L'efficacité de 87 % par rapport au TSP, est basée sur l'absorption du phosphore par une plante test, et mesurée en vases, c'est à dire dans des conditions de température, éclairage et humidité optima, ce qui favorise en général les phosphates solubles comme le TSP.

Transposé aux champs où les conditions idéales ne sont pas toujours réunies, le TSP est bridé, et son écart avec les phosphates moins solubles pourrait se retrécir. En se référant à d'autres études, en particulier au Togo, on peut considérer que le NSPP est pratiquement équivalent au TSP aux champs. Il convient maintenant de le tester, et nous allons réaliser rapidement un échantillon important à cet effet.

En attendant et par prudence nous imposons une surcharge de 15 % sur le NSPP dans les calculs économiques de la fertilisation.

Remarque sur la formule de base NSPP :

- La composition détaillée est en fait :

1,5 N - 26,5 P₂O₅ - 3,2 S - 28,2 CaO.

- Pour le phosphore, il est possible d'augmenter sa teneur en utilisant un minerai de départ à 28 % P₂O₅ (blocs 132 et 134) au lieu des 23 % P₂O₅ actuels. Ce changement va

Tableau 19 : Comparaison des résultats des différentes attaques

Types d'attaque	kg d'acide pour 100 kg phosphate	P ₂ O ₅ total %	P ₂ O ₅ soluble eau %	P ₂ O ₅ soluble eau et citrate %	P ₂ O ₅ assimilable %	P ₂ O ₅ soluble eau et citrate par kg 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 + 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

Tableau 20 : Efficacité agronomique relative par rapport à un phosphate soluble

Types d'attaque	en vases	aux champs
Attaque sulfurique		
à 29 % SSP	47 % (Saria) et 39% (Farakoba)	48 % à Saria
à 43 % "	"	62 % "
à 58 % "	"	66 % "
à 65 % "	69 % (Saria) et 55% (Farakoba)	44 % "
Attaque phosphorique		
à 12 % TSP		48 % "
Attaque mixte à		
18 % SSP + 18 % TSP		85 % dans 17 provinces
Attaque complexe		
à 23 % SSP	87 % (Farakoba)	

améliorer nettement la qualité du produit, et surtout diminuer le coût de transport. Cette économie à elle seule, permettra de compenser la surcharge de 15 % dans le calcul du prix de revient.

- Pour le soufre, un ajout sous forme liquide ou solide (finement broyé) dans le réacteur permet de répondre aux besoins des cultures, et en outre d'améliorer la solubilisation du phosphate naturel dans le temps (solubilisation par les produits d'oxydation du soufre). La quantité de soufre à amener peut d'ailleurs être réduite, celui-ci étant beaucoup moins lessivable sous cette forme.

- L'acidification des sols a été une préoccupation majeure des responsables agricoles mais très peu de remèdes ont été apportés (sauf la SOSUCO). L'utilisation de la formule proposée permet d'atténuer cet effet et peut être même le supprimer, de surcroît ce calcium est gratuit.

Tableau 21 : Bilan en calcium avec la fertilisation proposée

Cultures	Rendement kg/ha	Mobilisation totale kg de CaO	Apport fumure kg de CaO	Bilan CaO kg
Arachide	992	20	22	+ 2
Mil	854	21	31	+10
Sorgho	1 095	15	31	+16
Maïs	1 890	6	31	+25
Coton	1 183	32	34	+ 2
Riz	1 830	18	43	+25

4 - LA REPOSE INDUSTRIELLE :

4.1. Objectifs :

-1- Fabrication d'un engrais phosphaté économique et efficace à partir du minerai de Kodjari partiellement solubilisé, en utilisant des techniques simples et flexibles.

-2- Formulation et ensachage de produits finis adaptés aux besoins de la culture, dans de petites installations (Bulk-blendings) situées près des zones d'utilisation et de moyens de distribution.

De manière à :

- minimiser les coûts logistiques,
- utiliser au maximum des produits banalisés sur la marché international (urée, KCl compacté, MAP, acide sulfurique, etc. Produits qui peuvent être négociés à bon prix.
- utiliser au maximum les ressources nationales,
- avoir le maximum de valeur ajoutée d'origine nationale (ensachage, transport, production industrielle, etc...)
- pouvoir livrer à l'utilisateur final (le paysan), un produit économique parfaitement adapté aux besoins de cultures et adaptables en fonction de l'environnement économique (engrais de crise),
- limiter les contraintes liées aux fluctuations du marché (position de transformateur),
- augmenter l'indépendance du Burkina Faso dans la gestion de son problème de fertilisation.

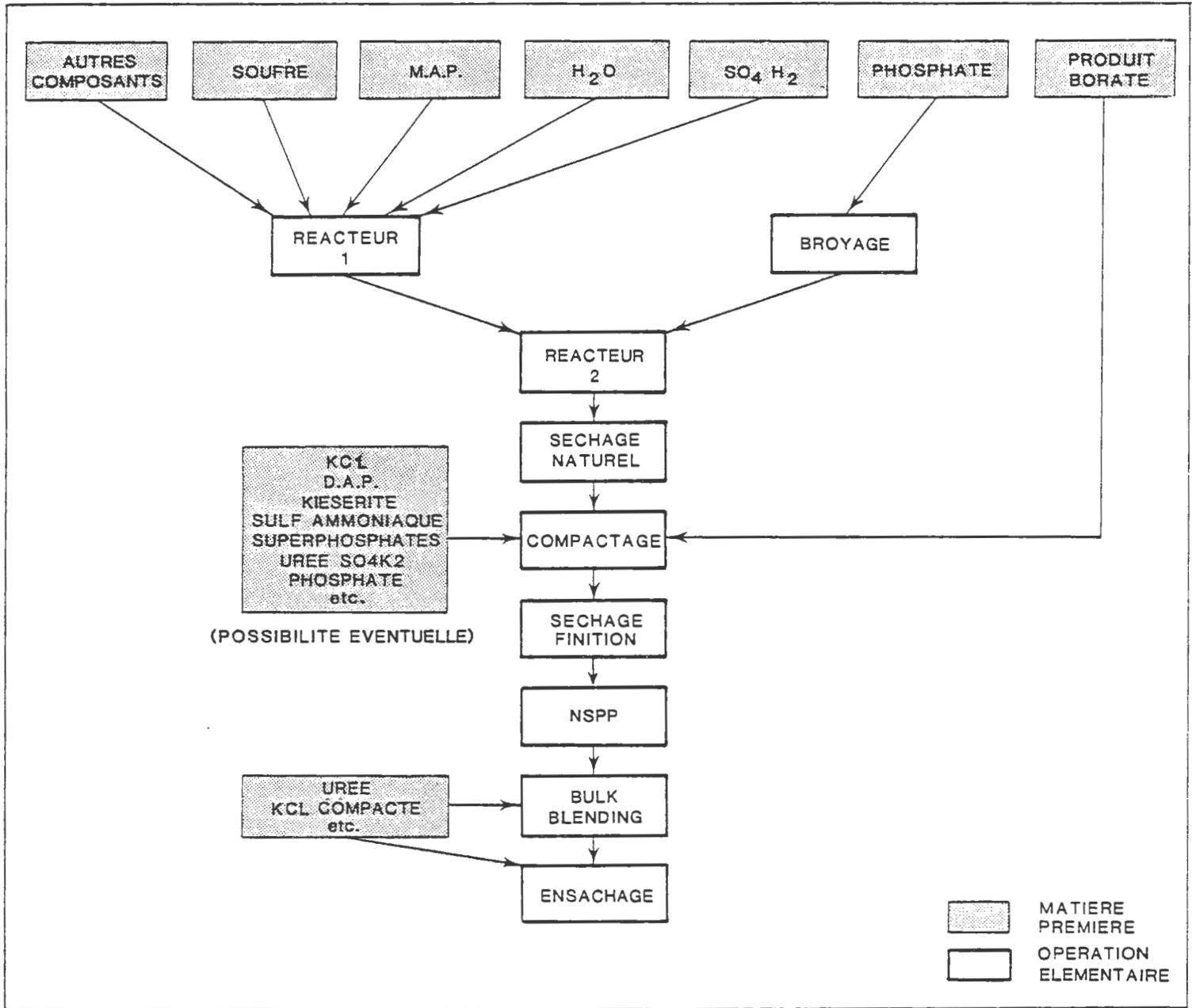
4.2. Les opérations industrielles :

Le schéma général de la filière est inspiré par le souci de décentralisation des activités pour mieux réguler les approvisionnements et éviter de transporter deux fois la même marchandise, ainsi chaque site est justifié par sa position géographique et son rôle de relai dans la chaîne.

Kodjari sera évidemment le lieu d'extraction du minerai et son concassage pour faciliter le transport.

Koupéla constituera l'unité de base : broyage, attaque partielle, compactage, pour fournir le NSPP avec ou sans bore. Ce site est à une bonne distance de Kodjari pour le rayon d'action des camions transportant le phosphate brut

Figure 4 : **SCHEMA DE LA FABRICATION**
(PROCEDE ECOFERT)



et aussi à la jonction avec la route de Lomé.

Koupela, Ouagadougou, Koudougou, Bagassi, Bobodioulasso, Banfora.... sur l'axe routier principal du pays, seront des sites possibles de mélange et d'ensachage des produits venant de Koupela (NSPP) et d'Abidjan (urée, KCl). Ils seront des centres de distribution d'engrais formulés dans leur zone d'influence respective..

Site de Kodjari :

L'extraction du phosphate est à l'heure actuelle faite d'une manière complètement artisanale. Cette méthode qui est adaptée au niveau de production actuel (15 t/j, et environ 7000 t extraites depuis le début du projet), ne pourra plus être employée pour une production de 16 000 t/an qui devra de plus être réalisée pendant la saison sèche.

Ce niveau d'activité ne permet pas d'amortir un matériel minier, même simplifié genre "carrière".

C'est pourquoi nous proposons de sous-traiter l'extraction par une entreprise de travaux publics, possédant des moyens en pelleteuses, chargeuses, rooters, marteaux pneumatiques sur pelleteuses etc...

Celle-ci doit être capable d'extraire rapidement et à bon prix les 16 000 t requises (environ 9 000 m³). Peut être faudra-t-il pour économiser les déplacements, faire dès le départ une extraction pour 2 ou 3 ans. Cette opération pourrait être faite par l'entreprise qui refera la piste Diapaga-Kodjari.

Pour réaliser le chargement des camions et un concassage primaire grossier (produit 0-60), il suffira de mettre en place une équipe légère sur le site (4 à 5 personnes) possédant les moyens suivants :

- un chargeur sur pneu capacité de benne 2,5 tonnes,
- un compresseur d'air alimentant 2 marteaux piqueurs,
- une station de concassage et criblage sur groupe thermique,
- un réservoir pour le gas-oil,
- un local de protection.

Selon le type d'exploitation retenu pour le site industriel, (travail tout le long de l'année, ou travail pendant une durée limitée), il sera nécessaire ou non de mettre en place un stockage tampon pour stocker le phosphate pendant la saison sèche.

Sa capacité variera de 4000 à 8000 Tonnes, il devra être couvert et soigneusement mis hors d'eau.

Il devra nécessairement être situé près d'une route utilisable en toute saison. (DIAPAGA, KANTCHARI, KOUPELA ?). Le choix dépendra en grande partie du niveau de réhabilitation de la piste DIAPAGA-KODJARI, ainsi que d'une étude poussée de l'optimisation du coût de transport.

4.2.2. Site de Koupéla

C'est le site industriel du projet, il comportera :

- Un stockage de phosphate brut 0-60 de minimum 500 Tonnes s'il existe un stockage tampon relais, ou 4000 Tonnes s'il est lui-même le stockage intermédiaire.
- Un pré-broyeur semi-fin qui amènera le phosphate à une granulométrie 0-10.
- Un broyeur à boulets équipé d'un séparateur statique traité anti-abrasion qui amènera le phosphate à la granulométrie de:
 - 96 % passant au tamis 160 microns.
 - 80 % passant au tamis 80 microns.Nous avons retenu ce type de broyeur, bien qu'il soit plus coûteux à installer et plus gourmand en énergie pour deux raisons principales :
 - Teneur très élevée du phosphate en silice libre qui lui donne une grande abrasivité.
 - Robustesse, fiabilité, stabilité dans l'exploitation pour ce type de broyeur.
- Un silo tampon de phosphate moulu (30 Tonnes.)
- Un atelier d'attaque partielle comprenant :
 - Un étage de préparation des solutions d'attaque.
 - Un étage d'attaque des phosphates.
 - Un stockage de stabilisation et de séchage naturel.
 - Un étage de lavage des gaz avec recirculation des effluents.

- Un stockage de matières premières :
 - Solide vrac pour MAP (200 Tonnes.)
 - Solide sac pour Soufre et produit boraté. (80 Tonnes.)
 - Liquide pour SO₄H₂ (2x50 M³.)
- Un mini-atelier de compactage pour le compactage du phosphate partiellement attaqué, complétement ou non en B₂O₃ et Soufre.
- Un stockage vrac du produit fini équipé de moyens simples de réexpédition vrac avec criblage.
- Des locaux administratifs.
- Un petit atelier d'entretien et son magasin de pièces de rechange.
- Un pont bascule. (Type chantier.)
- Une station électrique comportant un groupe électrogène 800 KVA. (Les gaz d'échappement pourront être récupérés pour effectuer un séchage de sécurité du produit fini.)
- Une centrale utilités comportant :
 - Un forage eau saumâtre (5 M³/H.)
 - Une centrale air comprimé. (60 M³/H.)
- Un laboratoire de contrôle équipé de moyens nécessaires pour réaliser :
 - Echantillonnage.
 - Broyage de préparation pour analyses.
 - Mesures d'humidité.
 - Granulométries sèches et humides.
 - Analyses chimiques :
 - pH, acidimétrie.
 - P₂O₅ total, soluble eau, soluble citrate
 - Azote ammoniacal et uréique.
 - K₂O.
 - Tests de qualité et de conservation.

N.B. : le broyeur actuel de Diapaga pourrait être réutilisé pour la dolomie de Tiara dont la teneur en silice est nettement plus faible.

Problème du coût de l'électricité.

Fourniture SONABEL.

L'intérêt que nous avons à ne pas faire fonctionner en continu l'usine principale, (coût de financement des stocks, conservation de l'urée pendant la saison humide, coût élevé d'une installation de très faible capacité, etc) a pour conséquence un coût trop important du KWH fourni par la SONABEL. (Part de la prime fixe liée à la puissance installée)

Celui-ci ressort à 123 FCFA le KWH.

Dans ces conditions, il est intéressant de mettre en oeuvre une centrale électrique à l'usine. (Il faut penser que nous pourrions en parallèle récupérer la chaleur de refroidissement des groupes thermiques, ainsi qu'une partie de celle des gaz d'échappement.)

Centrale usine.

Equipements :

- 2 groupes électrogènes de 410 KVA Tension 380 Volts (Marche 24 * 24) en conteneurs insonorisés.
- Filtre de désensablage double étage.
- Armoire de couplage automatique équipée d'un disjoncteur 630 A Amp par groupe et d'un disjoncteur général de 1250 Amp

Prix = 80.000 MFCFA

avec emballage maritime, transport,branchement, socle béton, réservoir fuel.

Calculs du prix revient KWH :

Amortissements (10 ans).....= 8.000 MFCFA
Entretien et consommables.....= 4.000 MFCFA

Production / an= 1.500.000 KWH

Consommation fuel.....= 0.3 Litre / KWH

Prix de revient KWH.....= 86.3 FCFA / KWH

Les amortissements pourront être accélérés par vente extérieure de KWH, capacité de production annuelle de de la centrale = 4.500.000 KWH.

4.2.3. Implantations de bulk-blendings :

Sites de : KOUPELA, BOBODIOULASSO, BAGASSI, OUAGADOUGOU, KOUDOUGOU.

Sur deux ou trois de ces sites potentiels, seront implantées les installations suivantes :

- Un système de réception des produits en vrac.
- Un stockage vrac pour (NSPP, KCl compacté, Urée.)
- Un atelier de bulk blending simplifié (Trois constituants, capacité 25 Tonnes / Heure.)
- Un poste d'ensachage pour sacs de 50 Kgs G.O., avec couseuse. (capacité 25 Tonnes / heure.)
- Un stockage de produits finis en sac.
- Un petit local administratif et gardiennage.

Ces installations (hors KOUPELA.) seront embranchées.

Le choix des sites retenus se fera :

- après une étude très fine de la logistique.
- après un examen des symbioses avec des industries et des systèmes de distribution existants.

On devra chercher si possible à se juxtaposer ou à s'intégrer à une installation industrielle existante de manière à diminuer le coût de première installation, de profiter des services en place, de compléter un travail saisonnier éventuellement.

Les installations seront conçues de la manière la plus simple possible et sur un modèle standard de manière à en diminuer le coût et la maintenance. (Pièces de rechange communes.)

A noter que ces installations pourraient être utilisées avec des matières importées, comme DAP, Super 45, etc... et ceci complètement indépendamment du projet. Ceci pourrait d'ailleurs être une variante du projet initial, si ce dernier se montrait irréalisable.

4.3. Dimensionnement des ateliers et machines :

Organisation de la production.

Hypothèses de calculs. (Campagne 1986-1987.)

Atelier d'attaque partielle :

Production annuelle..(NSPP).....	=	20763	Tonnes
Besoins annuels en phosphate.....	=	16031	Tonnes
Besoins.....MAP.....	=	2669	Tonnes
Besoins.....SO4H2.....	=	1691	Tonnes
Besoins.....Soufre.....	=	788	Tonnes
Besoins.....Produit boraté.....	=	353	Tonnes

Bulk-blendings :

Production annuelle.....	=	40209	Tonnes
Besoins en NSPP.....	=	20763	Tonnes
Besoins en Urée.....	=	12822	Tonnes
Besoins en KCl compacté.....	=	6624	Tonnes

Horaires de travail.

Coefficient de marche.....= 0.8

Travail en continu= 7 jours / 7

Travail en semi-continu.....= 6 jours / 7

Horaire (1)

Travail en continu sur 47 semaines :

Nombre de jours d'ouverture atelier /an.....= 329

Heures de production----->6316

Horaire (2)

Travail en semi-continu sur 47 semaines :

Nombre de jours d'ouverture atelier/ an.....= 282

Heures de production----->5414

Horaire (3)

Travail en semi-continu sur 34 semaines :

Nombre de jours d'ouverture d'atelier /an.....= 204

Heures de production----->3916

Horaire (4)

Travail en semi-continu sur 26 semaines :

Nombre de jours d'ouverture d'atelier /an.....= 156

Heures de production----->2995

Horaire (5)

Travail en 2 équipes de 6 heures sur 26 semaines :

Nombre de jours d'ouverture d'atelier / an.....= 156

Heures de production----->1497

Carrière.

Travail en horaire (5)
Capacité de concassage calculée.....= 10.7 T / H
Capacité installée.....= 15.0 T / H

Usine.

Broyage fin et pré-broyage.

Travail en horaire (3)
Capacité de broyage calculée.....= 4.1 T / H
Capacité installée.....= 5.0 T / H

Travail en horaire (4)
Capacité de broyage calculée.....= 5.4 T / H
Capacité installée.....= 6.0 T / H

Atelier d'attaque partielle.

Travail en horaire (3)
Capacité calculée.....= 5.3 T / H
Capacité installée.....= 7.0 T / H

Travail en horaire (4)
Capacité calculée.....= 6.9 T / H
Capacité installée.....= 7.0 T / H

Atelier de compactage.

Travail en horaire (3)
Capacité calculée.....= 5.3 T / H
(*) Capacité installée.....= 6.5 T / H

Travail en horaire (4)
Capacité calculée.....= 6.9 T / H
Capacité installée.....= 6.5 T / H

Remarques:

Nous disposons en fait pour les ateliers d'attaque partielle et de compactage d'un horaire supplémentaire lié aux stocks de phosphate et de NSPP poudre de l'usine, il ne nous semble alors pas utile d'augmenter la capacité installée pour l'atelier de compactage.

(*) On pourra dans l'avenir par des transformations peu importantes augmenter la capacité de cet atelier à 8.0 T / H, si nécessaire. (Les emplacements seront dès le départ réservés.)

Poste d'expédition vrac.

Capacité installée.....= 40 T / H

Bulk-blendings.

Capacité annuelle d'un atelier de bulk blending ..= 15000 T
Capacité annuelle d'ensachage de l'atelier.....= 20000 T

Travail en horaire (5)

Capacité bulk calculée.....= 10.0 T / H

Capacité bulk installée.....= 25.0 T / H

Capacité ensachage calculée.....= 13.4 T / H

Capacité ensachage installée.....= 25.0 T / H

4.4. Politique de stockage :

Stockage des matières premières.

Stockage maximum dans les ports pour pouvoir par la suite, maîtriser le problème des transports. (Linéarisation des flux). Ces stockages pouvant être loués pour d'autres utilisations en morte saison d'engrais.

Stockage important à l'usine de NSPP vrac (4000 Tonnes), dans le but d'avoir une grande souplesse dans les transports de ce produit et possibilité d'optimiser le coût de transport par des frets de retour NSPP dans un sens et Urée et KCl dans l'autre.)

Stockage tampon minimum dans les ateliers de bulk.

Stockage des phosphates brut et (0-60) sur le terre-plein de la carrière non limité, fonction du contrat d'extraction

Stockage des produits finis.

Stockage des produits finis en sacs (NPK et Urée ensachée sur place). Stockages couverts, de construction légère. (1000 à 3000 Tonnes pour chaque Bulk), et ceci en fonction de leur activité.

4.5. Organisation géographique :

Ports :

Lome :

Stockage de l'acide sulfurique dans terminal acide capacité de la cuve 2000 m³, soit 3 680 t. Stockage du MAP, du Soufre, du produit boraté dans hangar de 2 500 tonnes de capacité (surface au sol d'environ 1000 m²), équipé de moyens de rechargement.

Abidjan :

Stockage de l'urée et du KCl compacté dans un hangar de capacité de 6 000 tonnes (surface au sol d'environ 2 000 m²), équipé de moyens de rechargement.

N.B. : il serait intéressant de posséder sur les ports d'un système de trémies sur pieds permettant de recevoir directement du bateau le produit en vrac et de recharger sur des camions navettes remplissant directement le dépôt vrac. Il devra pouvoir être loué ou amené sur place des camions bennes avec rehausse capacité 15 tonnes (4 camions).

Il est important de pouvoir obtenir des cadences de déchargement importantes pour les bateaux vracs, le frêt pouvant varier dans de très fortes proportions (possibilité de différences supérieures à 10 US \$/t).

Intérêt des stockages au port et de l'accélération du déchargement :

Activité Abidjan :

Urée	12 822
KCl	6 624

19 446 tonnes

Economie potentielle de 5 US \$ par tonne de frêt si rapidité de déchargement :

$$5 \times 6,15 \times 50 \times 19\,446 = 29\,898\,225 \text{ FCFA}$$

Economie des locations de magasins (prix budget dans l'étude : 1 800 F CFA)

$$19\,446 \times 1\,800 = 35\,002\,800 \text{ FCFA}$$

64 901 025 FCFA

Ce montant correspond à une capacité d'amortissement en 10 ans de :

$$10 \times 64\,901\,025 = 649\,010\,250 \text{ FCFA.}$$

Ce calcul fait seulement à titre indicatif montre bien l'intérêt de la recherche d'optimisation des coûts logistiques, d'autant plus que ces installations pourraient être utilisées en dehors du projet engrais.

Usine principale :

Koupela

Stockage du phosphate brut (0-60) :

- de 1 000 tonnes (stockage couvert, surface de sol environ 350 m²), dans le cas de travail 6 mois par an (horaire (4)),

- de 4 000 tonnes (stockage couvert, surface au sol d'environ 1 250 m²), dans le cas de travail de 8 mois par an (horaire (3)).

Stockage du phosphate broyé :

- Tampon de 30 Tonnes en silo dans atelier attaque partielle.

Stockage de matières premières :

- Stock vrac couvert de 200 Tonnes

- Stock sac 80 Tonnes

- Stock liquide (SO₄H₂) 2x90 Tonnes.
(Citernes métalliques résistant à la pression pour manutention et déchargement de l'acide au moyen d'air comprimé).

Stockage de produits finis :

- Stockage vrac de 4000 tonnes (1250 M²)

Bulk-Blendings.

PAR SITE.

Stockages matières premières :

-Stock vrac couvert 750 Tonnes en 3 cases.

Stockages produits finis :

-Stock sac couvert 2x3000 Tonnes.

1x1000 Tonnes.

Tableau 22 :

STOCKAGES MATIERES PREMIERES ET EN-COURS DU PROJET (EN TONNES)

PRODUIT	MODE DE STOCKAGE	CAPACITE	LOCALISATION	% ACTIVITE
UREE ET KCl COMPACTE	VRAC	6 000	ABIDJAN	
	VRAC	1 500	BULKS	
		7 500		38,6
NSPP	VRAC	4 000	KOUELA	
	VRAC	750	BULKS	
		4 750		24,1
PHOSPHATE	VRAC	1 000	KOUELA	
	VRAC	30	KOUELA	
		1 030		6,4
M.A.P.	SAC-VRAC	2 300	LOME	
	SAC-VRAC	200	KOUELA	
		2 500		93,7
SOUFRE PRODUIT BORATE	SAC	200	LOME	
	SAC	80	KOUELA	
		280		24,5
SO ₄ H ₂	VRAC	3 680	LOME	
	VRAC	180	KOUELA	
		3 860		21,4
TOTAL GENERAL		19 920		

4.6. Investissements :

USINE PRINCIPALE

PARTIES COMMUNES	180 000 MFCFA
STOCKAGE AVEC MANUTENTION	200 000 MFCFA
BROYAGE	350 000 MFCFA
FABRICATION NSPP Poudre	400 000 MFCFA
COMPACTAGE	600 000 MFCFA
CHARGEUR	25 000 MFCFA

1 775 000 MFCFA

CENTRALE ELECTRIQUE

80 000 MFCFA

BULK-BLENDINGS

2 BULK = 25 000 t/an	450 000 MFCFA
1 BULK = 15 000 t/an	200 000 MFCFA
CHARGEURS (3)	60 000 MFCFA

710 000 MFCFA

CARRIERE

CONCASSAGE	35 000 MFCFA
CHARGEUR	25 000 MFCFA
COMPRESSEUR + PETIT EQUIPEMENT	10 000 MFCFA

70 000 MFCFA

LOME

TERMINAL ACIDE	150 000 MFCFA
STOCKAGE SOLIDE	40 000 MFCFA

190 000 MFCFA

ABIDJAN

STOCKAGE SOLIDE	160 000 MFCFA
TREMIE PORTUAIRE	10 000 MFCFA
GRUE MOBILE	200 000 MFCFA

370 000 MFCFA

Récapitulation Investissements

A. INVESTISSEMENTS PRIORITAIRES

USINE PRINCIPALE	1 755 000	
BULK-BLENDINGS (2)	490 000	
CARRIERE	70 000	
TERMINAL ACIDE	150 000	
	<hr/>	
	2 465 000	
CENTRALE ELECTRIQUE	80 000	2 545 000 MFCFA

B. INVESTISSEMENTS 2EME URGENCE

STOCKAGE SOLIDE (LOME)	40 000	
STOCKAGE SOLIDE (ABIDJAN)	160 000	
TREMIE PORTUAIRE (ABIDJAN)	10 000	
GRUE SUR PNEUS (ABIDJAN)	200 000	410 000 MFCFA

C. INVESTISSEMENTS 3EME URGENCE

BULK BLENDING	220 000	220 000 MFCFA
---------------	---------	---------------

3 175 000 MFCFA

=====

NB. Les investissements portuaires devront être conçus de manière à être éventuellement communs à plusieurs opérations et servir à d'autres activités demandant une manutention de produits en vrac ; ceci afin d'augmenter le tonnage annuel utilisant ces moyens.

5 - ACHATS ET APPROVISIONNEMENTS :

Nous distinguons les ressources locales (phosphate) des matières premières venant de l'extérieur (acide, urée, KCl...) qui posent des problèmes différents.

5.1. Phosphate :

Le gisement de Kodjari appartient à l'Etat, les décrets n° 79-176 et 79-177 du 9 mai 1979 fixent les droits de redevances sur les exploitations de carrières et de mines :

- droit fixe annuel,
- redevance superficielle,
- droit spécifique sur le cubage extrait.

Dans le cadre du projet on peut estimer cette redevance à 20 millions de F CFA/an, ce qui représente une surcharge de 24 % sur le coût de revient du phosphate extrait. C'est beaucoup, nous pensons qu'il ne faut pas trop peser sur le prix de revient au départ et que l'Etat trouvera son intérêt sur les valeurs ajoutées tout au long de la chaîne de fabrication.

Le coût du phosphate comprendrait alors les frais d'extraction, personnel, carburant... et s'élèverait à 5242 F CFA/t de brut sorti carrière (voir annexe).

Le deuxième problème concerne l'évacuation de ce phosphate vers l'usine de Koupéla, et en particulier le tronçon de la piste Kodjari-Diapaga, en très mauvais état (ravinement, destabilisation...), ce qui rend le parcours dangereux, use prématurément le matériel, et limite le tonnage par camion et le temps de travail pendant l'année.

La consolidation de cette piste est indispensable pour répondre aux besoins du projet et maintenir le coût du transport à un niveau comparable aux autres tronçons du parcours.

5.2. Matières premières venant de l'extérieur :

Il s'agit essentiellement de l'acide sulfurique, urée, KCl, MAP, soufre et boracine. Leur prix d'achat, de transport et de stockage conditionne la viabilité du projet, pour optimiser leur approvisionnement nous proposons les mesures suivantes :

- une politique d'achat planifiée, pour profiter des meilleurs cours sur le marché international, en association avec le service d'achat d'une société d'engrais ou un bureau de courtage, (voir annexe)

- des installations portuaires appropriées pour recevoir des grosses quantités de matières en vrac, pour décharger rapidement les navires, et redistribuer vers l'intérieur au fur et à mesure des besoins.

Il est très souhaitable qu'un organisme régional assure ce genre de service pour plusieurs pays, ce qui diminue considérablement le prix de revient unitaire.

5.3. Acide sulfurique :

Ce produit exige une attention particulière, d'abord parce que c'est un produit corrosif qui nécessite des précautions spéciales pour son stockage, transport et manutention, ensuite parce qu'il n'existe pas actuellement de circuit d'approvisionnement satisfaisant.

En effet les importations récentes concernent de faibles quantités (100 à 150 t/an) et les prix sont prohibitifs :

CAF Abidjan ou Lome	165 000 F CFA/t
transport par rail	42 000 F
transport par route	54 000 F

Le prix de revient livré dépasse les 200 000 F/t.

Il est donc nécessaire de prévoir un système approprié pour maintenir le coût à un niveau acceptable pour le projet.

Terminal Acide Sulfurique.

Implantation.

Dans le port à proximité des quais de déchargement.

Matériels.

Une cuve unique de 2000 M3 correspondant à une capacité de 3580 Tonnes SO₄H₂.

Qualité acier, épaisseur renforcée.

Avec cuve de rétention (Sécurité) de 1250 M2 dans enceinte grillagée.

Un poste de chargement équipé d'un bras et d'un compteur, capacité 50 Tonnes / Heure.

Cabane pour gardien et pièces de rechange.

Accès routier aménagé.

Eclairage du poste de chargement et de l'enceinte.

Prix estimé 150000000 FCFA clefs en main maximum.

Couts.

Amortissement en 10 ans pour 90 % du montant.

Amortissement en 5 ans pour le reste.

Montant annuel des amortissements = 16500000 FCFA

Amortissements par tonne = 8919 FCFA

Nous avons retenu le site de LOME, car des opérations identiques de solubilisation de phosphates locaux peuvent être envisagées pour le TOGO et certains de ses voisins.

Dans ces conditions l'activité du terminal pourrait être augmentée.

Amortissement par Tonne pour activité de 5000 Tonnes / an = 3300 FCFA

L'exploitation et le gardiennage du terminal pourrait être sous-traitée à une société de service du port. Cette dépense pourrait être à notre avis largement couverte par la vente d'acide en petit conditionnement.

On pourrait se poser la question du dimensionnement du terminal, (2000 M3). Cette taille nous permettra de profiter de prix spot particulièrement intéressants et est adaptée à un nombre important de bateaux spécialisés dans ce genre de transport.

Transport Acide Sulfurique.

Le transport se fera au moyen d'une citerne routière adaptée qui sera achetée par le projet. La traction sera sous traitée à une entreprise de transport.

Nous n'étudierons que le cas de transport par route de LOME.

Matériel.

Une citerne semi-remorque spécialement conçue pour le transport d'acide sulfurique et répondant aux normes de sécurité françaises.

Qualité Acier Inoxydable.

Capacité 25 Tonnes.

Triple essieu avec renforcement suspension.

Équipement déchargement à l'air comprimé.

Prix estimé rendu LOME = 18500000 FCFA

Etude transport.

Tonnage annuel à transporter :

Solubilisation Phosphate 1700 Tonnes

Vente locale 150 Tonnes

Total 1850 Tonnes

Trajet KOUPELA-LOME Aller et retour = $2 \times 863 = 1726$ Km

2 Rotations par semaine, soit 50 Tonnes transportées.
(Équipage double et 8 heures de conduite / Jour.)

Temps de transport = $1850 / 50 = 37$ semaines.

Capacité potentielle maxi = $50 \times 48 = 2400$ Tonnes / an

Etude des couts.

Amortissement en 4 ans ----> $18500000 / 4 = 4625000$ FCFA

Entretien (Pneumatiques essentiellement.) = 1500000 FCFA

Total = 6125000 FCFA

Amortissements + entretien = 3311 FCFA / Tonne.

Tonne * Kilomètre = $3311 / 863 = 3.84$ FCFA.

Rentabilité du terminal :

Le prix de revient rendu Koupela s'établit comme suit :

CAF Lomé	20 000 F/t
Stockage Lomé	8 919 F/t
Transport Lomé-Koupela	3 311 F/t
	<hr/>
Total	32 230 F CFA/t

Ce prix concerne uniquement le projet engrais au Burkina, il serait de l'ordre de 25 000 F/t si d'autres projets se montent dans la région.

Mais le marché au détail existe déjà, dans la région (Togo, Benin, Niger, Burkina), environ 500 t/an. Avec le terminal à Lomé et le transport par camion-citerne spécial on peut offrir le produit à 35 000 F/t soit un bénéfice annuel de 82 millions, ce qui représente 5 fois le montant annuel de l'amortissement du terminal.

Il est donc envisageable de créer une société à part (une filiale) pour s'occuper de l'approvisionnement et de la distribution de l'acide sulfurique.

TABLEAU 23 COUTS MATIERES PREMIERES

ORIGINE	PRODUIT	CONDITIO.	FOB US\$*	FRET US\$	CIF US\$	CIF FCFA	OPERATIONS PORTUAIRES	MAGASIN	TOTAL
EUROPE DE L'EST	UREE	VRAC	87	30	117	35 900	5 000	1 800	42 700
NORD EUROPE	KCl COMPACTE	VRAC	90	30	120	36 900	5 000	1 800	43 700
MAROC	M.A.P	VRAC	185	30	215	66 112	5 000	300	71 412
SUD ESPAGNE	SO ₄ H ₂	VRAC	35	30	65	20 000	2 500	9 000	31 500
FRANCE **	SOUFRE	BIG BAG	292	50	342	105 165	7 000	300	112 465
KODJARI	PHOSPHATE	VRAC	17						5 242
FRANCE	PRODUIT BORATE 2	BIG BAG	265	50	315	96 863	7 000	300	104 163

* ou départ mine dans le cas du Phosphate

** Du Soufre de 2ème qualité pourra être aussi trouvé à moindre prix en Pologne, en Italie et en Espagne.

6 - IMPLANTATIONS DES ATELIERS

6.1. Problème de transports

Le transport est un des problèmes essentiels à résoudre. L'implantation de l'usine devra donc se faire avec pour souci une économie maximum du coût logistique.

Afin d'établir des comparaisons, nous avons calculé les barycentres correspondants

- aux consommations actuelles (1986-1987) GØ
 - à des consommations simulées (développement de l'Est) G1
- GØ = Région de BEKUY sur la route BOBO - DEBOUGOU (N10)
- G1 = Région de BAGASSI sur piste (R22)

La distance entre ces deux points étant relativement faible, nous ferons l'ensemble des calculs sur BEKUY.

HYPOTHESES DE CALCUL

Nous retenons les tarifs suivants pour la tonne-kilomètre :

- Transport acide par route 26,5 CFA
- Transport solide par route 22,5 CFA
- Transport solide par fer 16,8 CFA (ex-Abidjan)

En fait, il semblerait que ces prix puissent être améliorés (contrat de transport).

SIMULATIONS

3 simulations seront effectuées :

- A. Approvisionnement actuel (Fer ex-Abidjan)
- B. Implantation d'une usine à BOBO-DIOULASSO
- C. Implantation d'une usine à KOUPELA et d'un atelier de bulk-blending dans la région de BEKUY.

TONNAGES A TRANSPORTER

1. Matières premières pour fabriquer le NSPP :

- | | |
|----------------------------------|----------|
| - Phosphate | 16 031 t |
| - SO ₄ H ₂ | 1 691 t |
| - MAP | 2 669 t |
| - Produit boraté | 353 t |
| - Soufre | 788 t |

2. NSPP final = 20 973 t

3. Matières premières complémentaires (Urée + KCl compacté pour le bulk)

- Urée	12 822	} 19 446 t
- KCl	6 624	

4. Engrais transportés actuellement = 32 924 t.

* Certaines différences liées à des problèmes d'arrondi dans les calculs peuvent apparaître dans les chiffres, mais elles restent de second ordre.

A. APPROVISIONNEMENTS ACTUELS

On choisit le système le plus économique : Train + Route.

ABIDJAN - BOBO par fer $795 \times 32\,924 = 26\,174\,580$ TKm

BOBO - BEKUY par route $73 \times 32\,924 = 2\,403\,452$ TKm

Coût de transport : $26\,174\,580 \times 16,8 + 2\,403\,452 \times 22,5 = 493.810.614$ CFA

B. USINE A BOBO - DIOULASSO (Zone d'influence = Abidjan)

1. Matières premières pour l'usine

• Phosphate ex-KODJARI	par route	$16\,031 \times 843 = 13\,514\,133$	TKm
• Acide Sulfurique ex-ABIDJAN	par route	$1\,691 \times 795 = 1\,344\,345$	TKm
• MAP		$2\,669 \times 795 = 2\,121\,855$	TKm
• Produit boraté		$353 \times 795 = 280\,635$	TKm
• Soufre		$788 \times 795 = 626\,460$	TKm

TOTAL 17 887 428 TKm

2. Transport NSPP (Usine - BEKUY) $20\,973 \times 73 = 1\,531\,029$ TKm

3. Transport direct Urée + KCl (ABIDJAN - BEKUY)

- ABIDJAN - BOBO	$19\,446 \times 795 = 15\,459\,570$	TKm
- BOBO - BEKUY	$19\,446 \times 73 = 1\,419\,558$	TKm

TOTAL 16 879 128 TKm

TOTAL TKM 36 297 585 TKm

Coûts de transport

. Phosphate	13 514 133 x 22,5	= 304.067.992 CFA (KODJARI - BOBO)
. MAP Produit boraté Soufre	} 3 028 950 x 16,8	= 50.886.360 CFA (ABIDJAN- BOBO)
. Acide Sulfurique	1 344 345 x 26,5	= 35.625.142 CFA (ABIDJAN - BOBO)
. KCl + Urée	15 459 570 x 16,8	= 259.720.776 CFA (ABIDJAN - BOBO)
	1 419 558 x 22,5	= 31.940.055 CFA (BOBO - BEKUY)
. Produit fini	1 531 029 x 22,5	= 34.448.152 CFA
		<hr/>
		716.688.477 CFA

C. USINE A KOUPELA ET BULK A BEKUY

Nous sommes dans la zone d'influence de LOME pour l'approvisionnement en matières premières de l'usine et dans la zone d'influence d'Abidjan pour l'approvisionnement du bulk.

1. Matières premières pour l'usine

. Phosphate (KODJARI - KOUPELA)	16 031 x 347 =	5 562 757 TKm
. Acide Sulfurique (LOME)	1 691 x 863 =	1 459 333 TKm
. MAP (LOME)	2 669 x 863 =	2 303 347 TKm
. Produit boraté	353 x 863 =	304 639 TKm
. Soufre	788 x 863 =	680 044 TKm
		<hr/>
	TOTAL	10.310.120 TKm

2. <u>Transport NSPP (Usine - BEKUY)</u>	20 973 x 389	8 158 497 TKm
3. <u>Transport direct Urée + KCl (ABIDJAN - BEKUY)</u>		16 879 128 TKm
		<hr/>
	TOTAL TKM	35 347 745 TKm

Coût de transport

• Phosphate	5 562 757 x 22,5 =	125.162.032 CFA (KODJARI - KOUPELA)		
• MAP • Produit boraté • Soufre	} 3 288 030 x 22,5 =	73.980.675 CFA (LOME -KOUPELA)		
• Acide Sulfurique			1 459 333 x 26,5 =	38.672.324 CFA (LOME - KOUPELA)
• KCL + UREE				291.660.831 CFA
• Produit fini	8 158 497 x 22,5 =	183.566.182 CFA		
		<hr/>		
		713.042.044 CFA		

RECAPITULATION DES COUTS DE TRANSPORTS

Simulation A	493.810.614 CFA
Simulation B	716.688.477 CFA
Simulation C	713.042.044 CFA
	<hr/>
ECART B et C	3.646.433 CFA

On constate que :

1. L'écart entre B et C n'est pas un élément déterminant dans le choix entre les deux sites qui sont pratiquement équivalents.

L'analyse devra être beaucoup plus fine, et la fiabilité des transports deviendra un facteur important.

2. L'option de fabrication d'engrais au BURKINA-FASO utilisant les ressources locales en Phosphate entraîne un coût de transport relativement important dans les deux simulations :

- Ecart simulation B par rapport à A = 222.877.863 CFA

- Ecart simulation C par rapport à A = 219.231.430 CFA

Cette différence devra être compensée par :

- un moindre coût matière pour l'engrais
- des économies réalisées par rapport à la situation actuelle sur les éléments apportés aux cultures :

- le B_2O_3 utilisé inutilement sur les céréales et autres cultures, soit une économie de 178 t de produit boraté ;
- la complémentation en Soufre des produits, soit une économie d'environ 400 t de Soufre ;
- l'apport par l'engrais d'environ 5 600 t de CaO correspondant à environ 10 000 t de CO_3Ca qu'il aurait fallut acheter et transporter.

Soit une économie d'environ 150 millions CFA.

Le surcoût est donc ramené par tonne de NSPP :

- Simulation B $222.877.863 - 150.000.000 = 72.877.863 ; 20\ 973 = 3.475$ CFA

- Simulation C $219.231.430 - 150.000.000 = 69.231.430 ; 20\ 973 = 3.301$ CFA

Tableau 24

CALCULS DES FLUX MATIERES POUR LE PRODUIT DE BASE

NSPP = Produit de base N=1,5 P₂O₅=26,5 S=3,2

	COTON	CEREALES PLUVIALES	CANNE A SUCRE	AUTRES CULTURES	TOTAL	CATEGORIE
NSPP	12 109	4 989	1 162	1 362	19 622	PF
UREE	7 130	3 318	1 162	1 212	12 822	PF
KCL	4 002	1 575	602	445	6 624	PF
BORACINE	353	0	0	0	353	MP
SOUFRE	571*	0	217*	0	788	MP
TOTAL	24 165	9 882	3 143	3 019	40 209	

* A noter que les quantités de Soufre pourront être réduites, le soufre pur étant moins lessivable.

MATIERES PREMIERES ENTRANT DANS L'USINE DE BASE

	K		CaO
Phosphate	0.817	16.031	5 691*
SO ₄ H ₂ 96%	0.086	1.691	
MAP	0.136	2.669	
BORACINE		353	
S		788	
TOTAL		21 532	

* Le produit de base fera un apport de CaO qui économisera les amendements.

PRODUITS SORTIE USINE

NSPP de base pour Coton	13 033	(N - S ⁺ B ₂ O ₃)
NSPP de base pour Céréales et autres Cultures	6 351	(N - S ⁻)
NSPP de base pour Canne à sucre	1 362	(N - S ⁺)
	<hr/>	
Total	20 746	

Figure 5 **DIAGRAMME DES LIAISONS ROUTIERES**

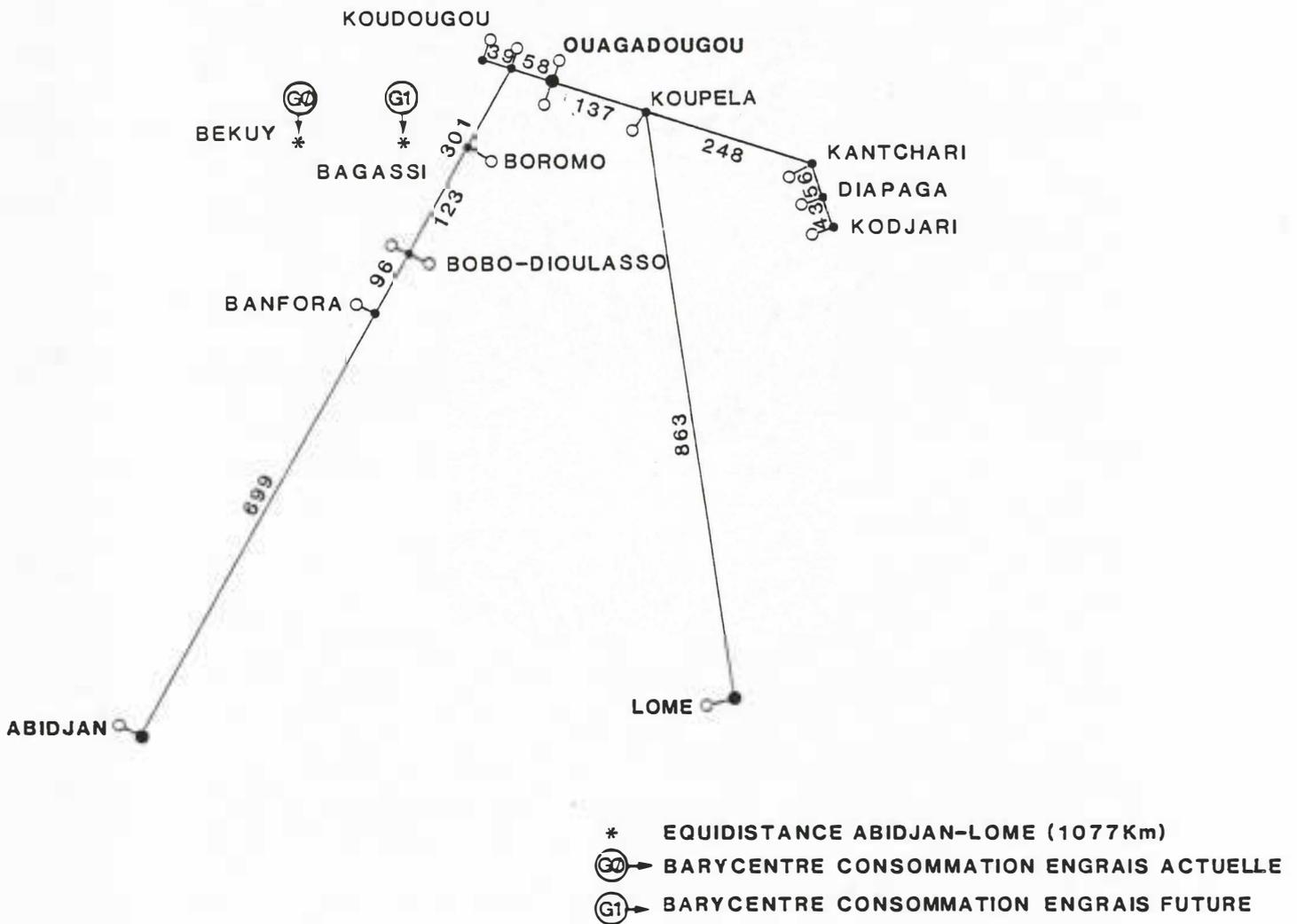
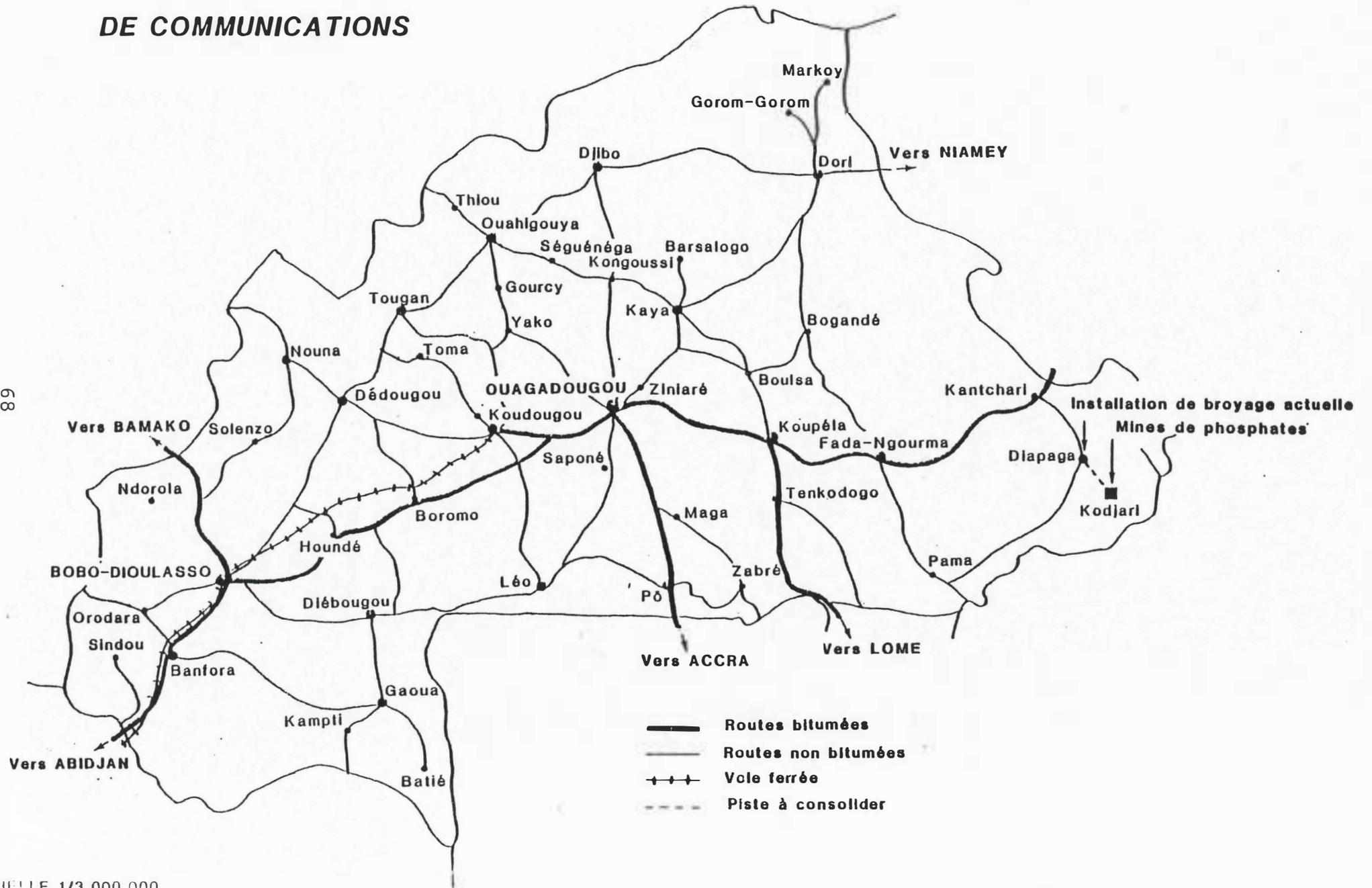


Figure 6 : **PRINCIPALES VOIES DE COMMUNICATIONS**



6.2. Zone d'action des bulks :

La répartition des engrais nouvelles formules (figure 7) reproduit l'image de la consommation actuelle (figure 2), avec une forte concentration à l'Ouest du pays.

Cependant pour l'implantation des bulks, nous essayons de prévoir des ateliers plus équilibrés : deux de 25 000 t/an et un de 15 000 t/an, pour répondre éventuellement aux développements de la consommation et aux rééquilibrages en faveur du Centre et de l'Est.

Deux solutions sont envisageables :

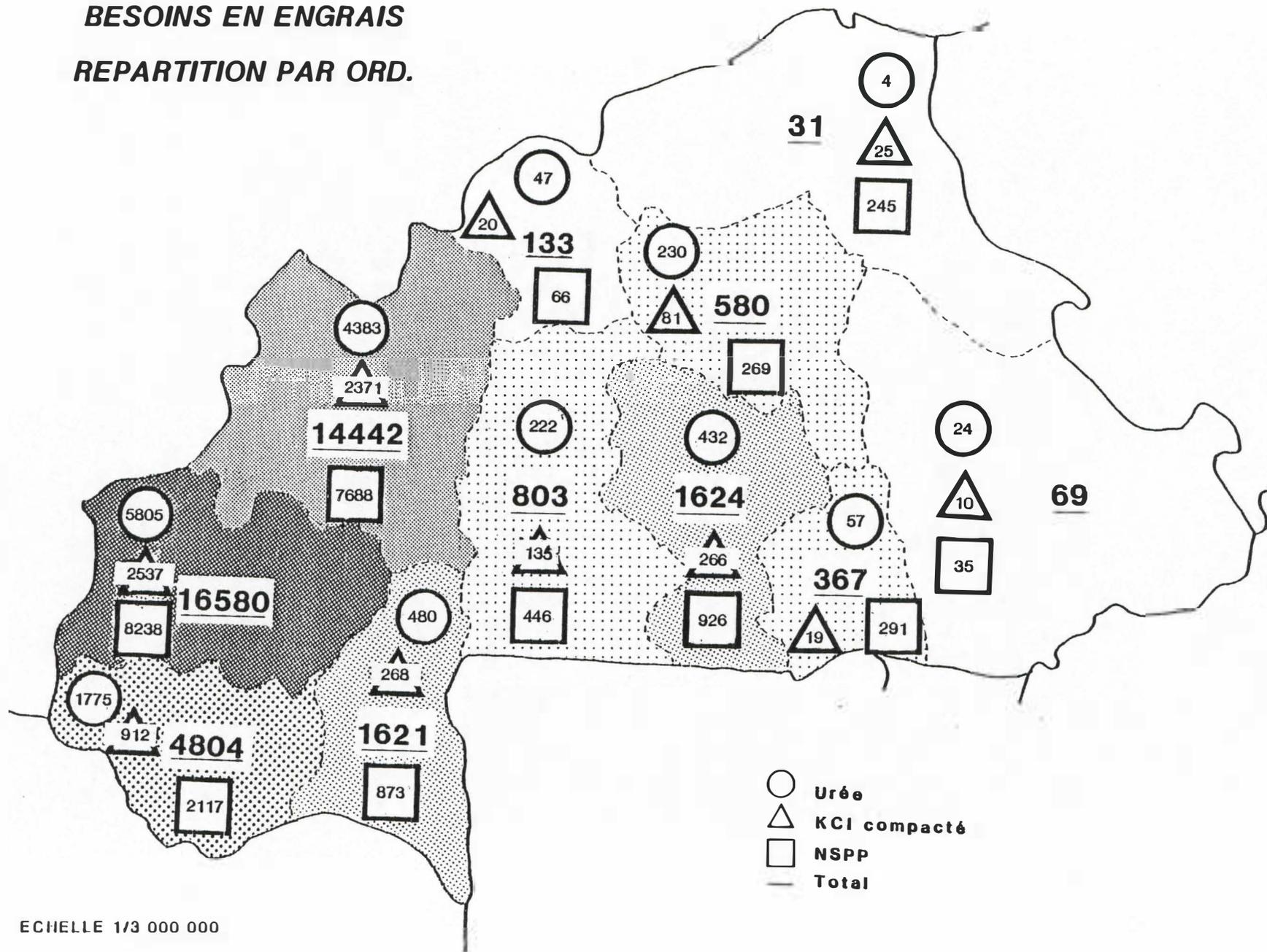
1 - Ateliers à Koupela, Koudougou, Bobo :

Elle parie sur le développement de l'Est et a l'avantage de coupler les ateliers de mélange avec l'usine de base de Koupela et les usines de la SOFITEX à Koudougou et à Bobo.

2 - Ateliers à Ouaga, Bagassi, Banfora :

Elle est plus équilibrée par rapport à la consommation actuelle, vise à décongestionner Bobo en faveur de Bagassi et surtout Banfora où la SOSUCO offre des facilités très appréciables : énergie, atelier de réparation, gestion commune,....

Figure 7 : **BURKINA FASO**
BESOINS EN ENGRAIS
REPARTITION PAR ORD.



ECHELLE 1/3 000 000

Tableau 25 :

TABLEAU DES BESOINS MATIERES POUR LE BULK BLENDING

Dans ce tableau, il n'est pas tenu compte des économies possibles en produit boraté.

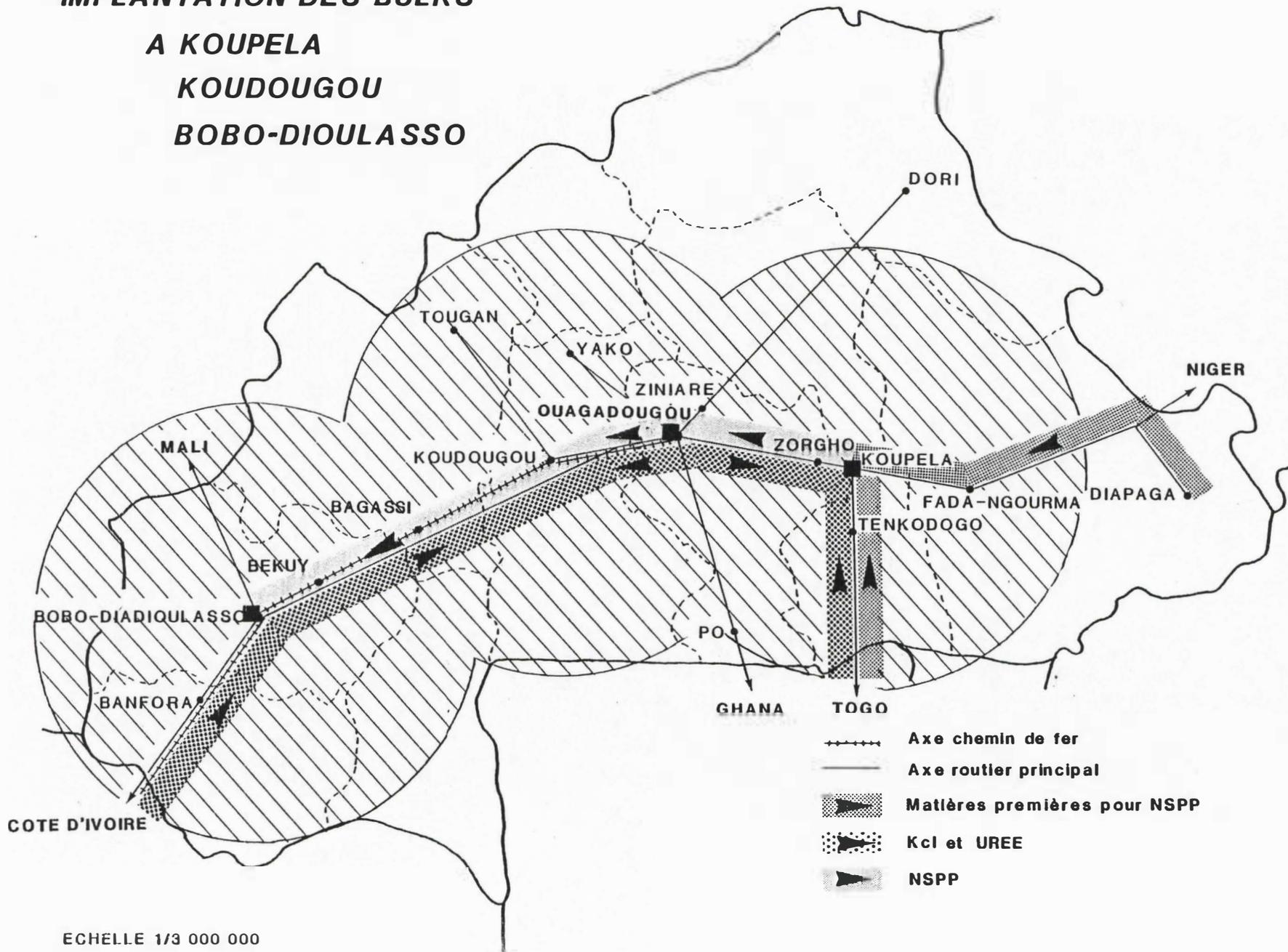
ORD	UREE	KC1	TOTAL(1)	NSPP	TOTAL(2)	TOTAL ACTUEL	ECART
MOUHOUN	4 383	2 371	6 754	7 688	14 442	11 176	3 266
BOUGOURIGA	481	268	749	873	1 622	1 251	371
CENTRE	432	266	698	927	1 625	1 263	362
CENTRE EST	57	19	76	287	363	354	9
CENTRE NORD	230	81	311	270	581	469	112
CENTRE OUEST	223	135	358	447	805	619	186
COMOE	1 775	912	2 687	2 117	4 804	4 492	312
EST	25	10	35	35	70	56	14
HAUTS BASSINS	5 805	2 537	8 342	8 238	16 580	13 120	3 460
SAHEL	4	3	7	25	32	29	3
YATENGA	47	20	67	66	133	105	28
TOTAL	13 462	6 622	20 084	20 973	41 057	32 934	8 123

REMARQUES : 1°- Un tonnage supplémentaire devra être transporté : 8 123 t.

2°- Le NSPP est sensiblement équivalent aux matières complémentaires :
20 084 pour 20 973

Figure 8 : **SOLUTION 1**
IMPLANTATION DES BULKS
A KOUPELA
KOUDOUGOU
BOBO-DIOULASSO

72



ECHELLE 1/3 000 000

Tableau 26 :

ANALYSE D'ACTIVITE AU NIVEAU DE L'IMPLANTATION DU BULK

SOLUTION 1 KOUPELA KOUDOUGOU BOBO-DIOULASSO

		ORD	UREE DIRECTE	UREE BULK	KC1	NSPP	TOTAL BULK	TOTAL GENERAL
1	KOUPELA	EST	13	12	10	35	57	70
		CENTRE EST	36	21	19	287	327	363
		SAHEL	1	3	3	25	31	32
		CENTRE NORD	138	92	81	270	443	581
		CENTRE	128	304	266	927	1 497	1 625
		TOTAL	316	432	379	1 544	2 355	2 671
	KOUDOUGOU	MOUHOUN	1 710	2 673	2 371	7 688	12 732	14 442
		CENTRE OUEST	70	153	135	447	735	805
		YATENGA	24	23	20	66	109	133
	TOTAL	1 804	2 849	2 526	8 201	13 576	15 380	
BOBO-DIOULASSO	COMOE	945	830	912	2 117	3 859	4 804	
	BOUGOURIBA	177	304	268	873	1 445	1 622	
	HAUTS BASSINS	2 968	2 837	2 537	8 238	13 612	16 580	
TOTAL	4 090	3 971	3 717	11 228	18 916	23 006		
	TOTAL BURKINA		6 210	7 252	6 622	20 973	34 847	41 057

Figure 9 : **SOLUTION 2**

IMPLANTATION DES BULKS

A BANFORA

BAGASSI

OUAGADOUGOU

74

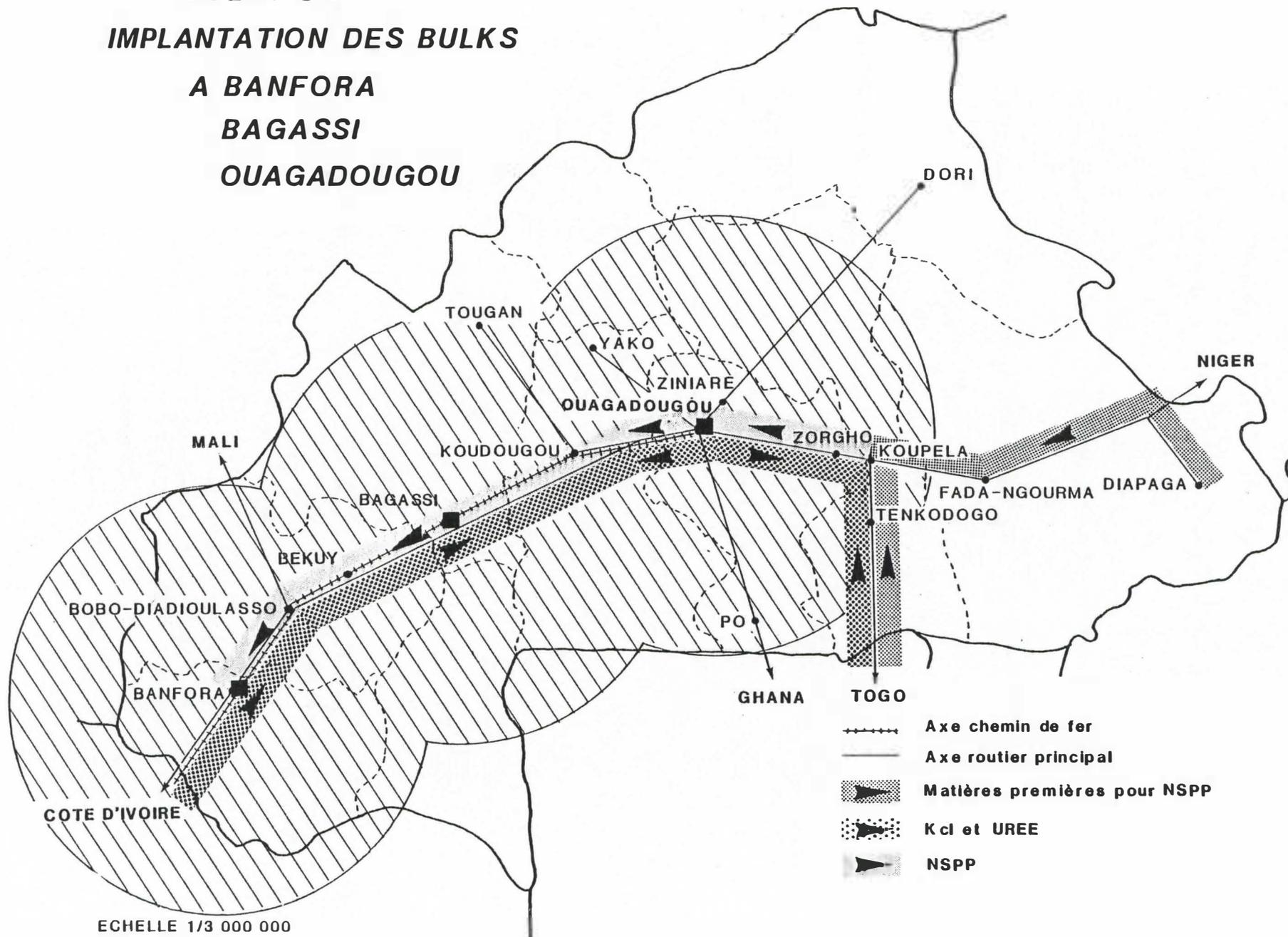


Tableau 27

ANALYSE D'ACTIVITE AU NIVEAU DE L'IMPLANTATION DU BULK

SOLUTION 2 BANFORA BAGASSI OUAGADOUGOU

		ORD	UREE DIRECTE	UREE BULK	KC1	NSPP	TOTAL BULK	TOTAL GENERAL
2	BANFORA	COMOE	945	830	912	2 117	3 859	4 804
		HAUTS-BASSINS (60%)	1 781	1 702	1 522	4 943	8 167	9 948
		BOUGOURIBA (50%)	89	152	134	437	723	812
		TOTAL	2 815	2 684	2 568	7 497	12 749	15 564
	BAGASSI	MOUHOUN (80%)	1 368	2 138	1 897	6 150	10 185	11 553
		HAUTS-BASSINS (40%)	1 187	1 135	1 015	3 295	5 445	6 632
		BOUGOURIBA (50%)	88	152	134	436	722	810
		TOTAL	2 643	3 425	3 046	9 881	16 352	18 995
	OUAGADOUGOU	CENTRE OUEST	70	153	135	447	735	805
		YATENGA	24	23	20	66	109	133
SAHEL		1	3	3	25	31	32	
CENTRE		128	304	266	927	1 497	1 625	
CENTRE EST		36	21	19	287	327	363	
EST		13	12	10	35	57	70	
CENTRE NORD		138	92	81	270	443	581	
MOUHOUN (20%)		342	535	474	1 538	2 547	2 889	
	TOTAL	752	1 143	1 008	3 595	5 746	6 498	
TOTAL BURKINA			6 210	7 252	6 622	20 973	34 847	41 057

IMPLANTATION DE BULK-BLENDINGS.

Etude des couts logistiques.

Approvisionnement Urée et KCl ex ABIDJAN.

..... NSPP ex KOUPELA

Solution 1 KOUPELA, KOUDOUGOU, BOBODIOULASSO.

Bulk	Urée	KCl	NSPP	Total
KOUPELA	748*1291	379*1291	1544*0	1454957
KOUDOUGOU	4653*1135	2526*1135	8201*234	10067199
BOBO	8061*795	3717*795	11228*496	14932590
Total	12655310	6311314	7488122	26454746

Total cout transport.....= 488.666.995 FCFA

Solution 2 BANFORA, BAGASSI, OUAGADOUGOU

Bulk	Urée	KCl	NSPP	Total
BANFORA	5499*699	2568*699	7497*592	10077057
BAGASSI	6068*934	3046*934	9881*381	12277137
OUAGADOUGOU	1895*1154	1008*1154	3595*137	3842576
	11698142	5803228	8695400	26196770

Total Cout transport.....= 489.669.516 FCFA

Conclusion.

Les deux solutions sont pratiquement équivalentes, le choix sera fait en fonction :

- des facilités de distribution.
- de la minimisation des investissements.
- des possibilités de coopération avec les industries existantes.

6.3. Stockage et distribution :

Les capacités de stockages existantes ou prévues dans le cadre du projet (tableau 28), des magasins centraux de la SOFITEX, Projet Phosphate, Direction des Intrants, Projet Engrais, ORD, Projets de Développement... sont importantes et permettraient d'éviter un encombrement des ateliers de fabrication mais le gros problèmes c'est la distribution à partir de ces magasins, les pistes sont souvent mauvaises et il y a peu de moyens de transport.

Il est nécessaire de prévoir un système de rémunération suffisante de la distribution pour que l'engrais soit ventilé dans les secteurs, sous-secteurs, unités villageoises.

Tableau 28 : Estimation des capacités de stockages.

STOCKAGES SACS EXISTANTS EXTERIEURS

ORGANISME	LOCALISATION	TONNES	RECAPITULATION
PROJET PHOSPHATE	DIAPAGA	600	
	OUAGA	600	
	BOBO	600	
	TOTAL	1 800	1 800
DIRECTION DES INTRANTS	OUAGA	600	
	TOTAL	600	600
SOFITEX	BANFORA	600	
	BOBO	600	
	HOUNDE	600	
	KOUDOUGOU	600	
	OUAGA	600	
	TOTAL	3 000	3 000
EST SAHEL CENTRE-EST CENTRE-NORD YATENGA MOUHOUN CENTRE-OUEST BOUGOURIBA COMOE HAUTS BASSINS CENTRE	FADA	400	
	DORI	400	
	TENKODOGO	400	
	KAYA	400	
	OUARIGOUYA	400	
	DEDOUGOU	400	
	KOUDOUGOU	400	
	DIEBOUGOU	400	
	BANFORA	400	
	BOBO	400	
	OUAGA	400	
		TOTAL	4 400
			9 800

STOCKAGES PRODUITS FINIS EN SACS DU PROJET

PROJET NPK	BULKS	2 x 3 000 1 x 1 000	7 000
------------	-------	------------------------	-------

Z DE LA CONSOMMATION DU PRODUIT FINI COUVERT PAR LES STOCKAGES

41,8 %

7 - CALCULS DES PRIX DE REVIENT

7.1. Hypothèses de calcul

Le but réel du projet étant de permettre à l'utilisateur final de fertiliser ses cultures au moindre coût, il nous est apparu intéressant de calculer l'intérêt économique du projet en le ramenant à l'évaluation du coût de la fertilisation par hectare pour des cultures données et de le comparer à celui existant actuellement.

Nous avons découpé les coûts en opérations élémentaires délimitables facilement. (Voir diagramme des limites de valorisation des matières premières - Prix sortie usine fig. 10).

Soit :

- Phosphate de KODJARI. Prix Tonne en qualité 0-60, chargée camion.
- Acide sulfurique . Prix Tonne chargée camion LOME.
- MAP, Produit boraté, Soufre .Prix tonne chargée camion LOME.
- Urée, KCl compacté . Prix tonne chargée camion ABIDJAN
- Prix sortie usine KOUPELA qui comprend :
 - Prix matières premières rendues usine. (prix précédent + coût transport origine à usine).
 - Prix de production (Manutentions internes + broyage + attaque partielle + compactage + rechargement).
- Prix sortie Bulk qui comprend :
 - Prix matières premières rendues usine (NSPP ex KOUPELA avec transport, urée et KCl compacté ex ABIDJAN avec transport).
 - Prix de production (Manutentions internes + fabrication du mélange + stockages + ensachage + sacherie + rechargement).

La comparaison sera faite entre la fertilisation effectuée actuellement et celles qui pourraient être faites avec le NSPP + Urée + KCl compacté en supprimant les éléments inutiles (B₂O₃ par exemple).

Figure 10 : **DIAGRAMME DES LIMITES DE VALORISATION
DES MATIERES PREMIERES - PRIX SORTIE USINE.**

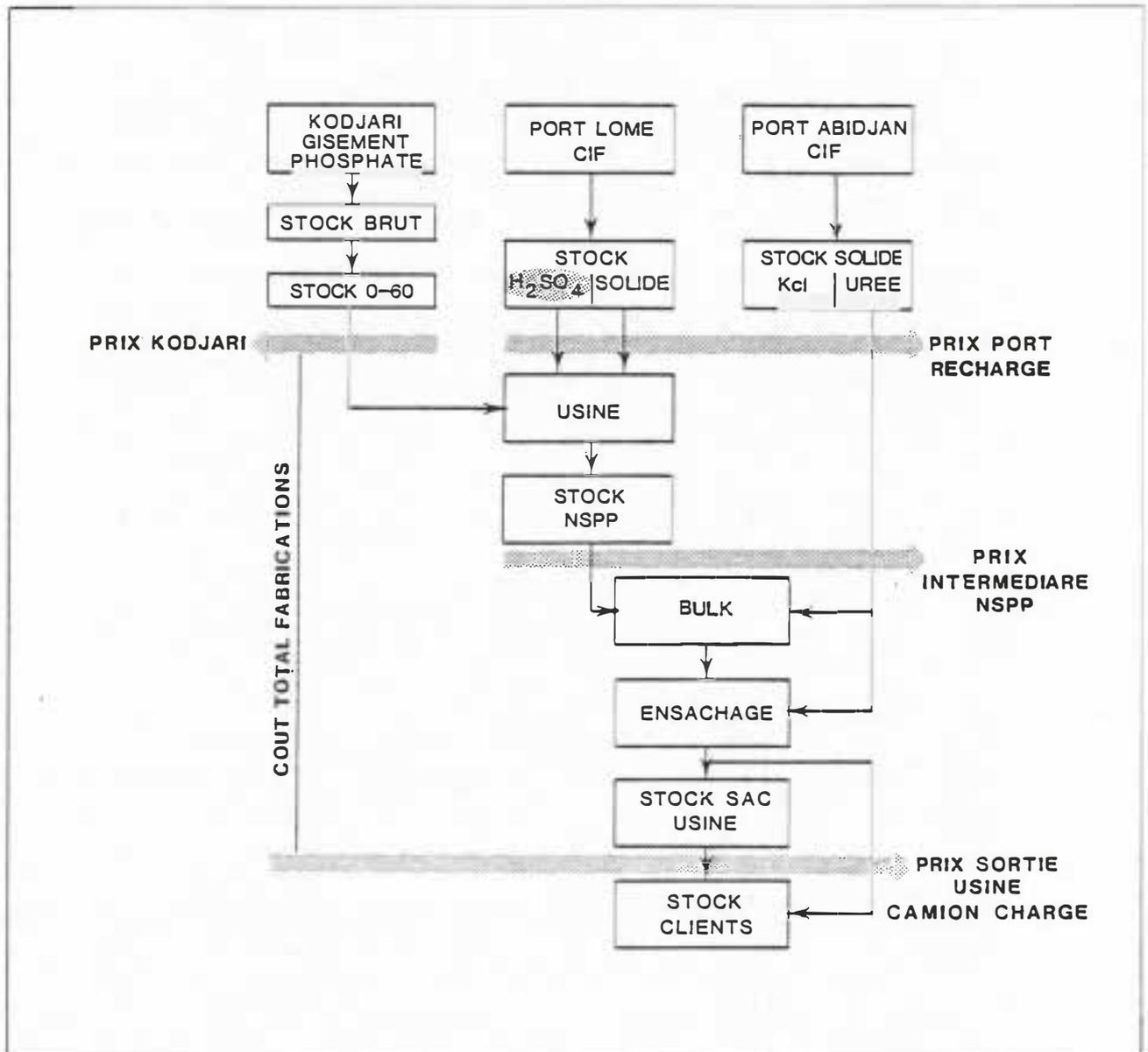


Tableau 29 : Fumures conseillées et fumures utilisées actuellement.

FUMURES CONSEILLEES : (APPORTS FERTILISANTS EN Kg/Ha)

CULTURES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B ₂ O ₃	REMARQUES
ARACHIDE	6	21		6-8		SO ₄ ⁼
	10	18		4-6		SO ₄ ⁼ + S
MIL - SORGHO	14	25-30	10-20	5-10		SO ₄ ⁼
	23			4-6		SO ₄ ⁼ + S
MAIS	14	25-30	10-20	5-10		SO ₄ ⁼
	23			4-6		SO ₄ ⁼ + S
	23					
RIZ IRRIGUE	30	60	40			
	30		40			
	30					
RIZ PLUVIAL	15	40	30			
	30					
MARAICHAGE	140	180	180			4 EPANDAGES
CANNE A SUCRE	140	120	140			3 A 6 EPANDAGES
REPOUSSE	140	80	140			ASSOCIE MELASSE-VINASSE

FUMURES UTILISEES: (APPORTS EN Kg/Ha)

	UREE	NPK	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B ₂ O ₃
COTON	50	150	42,5	30	22,5	9	1,5
CEREALES	50	100	36	20	15	6	1
ARACHIDE		100	13	20	15	6	1

- En respectant les quantités d'éléments majeurs apportés.
- En augmentant la quantité de P2O5 amenée par hectare, pour tenir compte d'une différence d'efficacité agronomique du NSPP fabriqué. (Ce qui nous paraît peu probable d'ailleurs et qui devra cependant être vérifié par expérimentation aux champs)

Parallèlement sera aussi calculé le coût de la fertilisation souhaitée par les agronomes pour les cultures principales. (Fertilisation qui devrait en plus permettre une augmentation de la production agricole)

Il n'a pas été pris en compte le surcoût de transport ex Bulks vers l'utilisateur final généré par la moindre concentration du nouvel engrais. Car la distribution est généralement effectuée simultanément au ramassage du coton, et le rapport entre les quantités transportées (COTON / ENGRAIS) reste encore élevé.

CALCULS.

La comparaison est donc faite entre le prix rendu magasin SOFITEX pour la situation actuelle, et le prix départ Bulks pour la situation future.

Prix rendu magasin SOFITEX.

	1985/1986	1986/1987
Prix/T NPK	135.300	81.400
Prix/T Urée	114.200	79.000

Fertilisation en Kgs/Ha et en FCFA/Ha. (sans surdosage P205)

Culture	Kg/Ha NPK	Kg/Ha Urée	Prix 85/86	Prix 86/87	Prix Projet	Ecart /85	Ecart /86
Coton	150	50	26.005	16.160	15.812	-10.193	- 348
Céréales	100	50	19.240	12.090	11.152	- 8.088	- 938
Arachide	100	0	13.530	8.140	5.979	- 7.551	- 2.161

Fertilisation en Kgs/Ha et en FCFA/Ha. (avec surdosage P205)

Culture	Kg/Ha NPK	Kg/Ha Urée	Prix 85/86	Prix 86/87	Prix Projet	Ecart /85	Ecart /86
Coton	150	50	26.005	16.160	16.779	- 9.226	+ 619
Céréales	100	50	19.240	12.090	11.796	- 7.150	- 294
Arachide	100	0	13.530	8.140	6.623	- 6.907	- 1.517

Conclusion

Le projet semble envisageable, les écarts constatés étant très certainement sous estimés pour les raisons suivantes :

- Prix des matières premières prises en compte dans les calculs supérieurs à ceux constatés en 1986/1987. (Tendance actuelle à la hausse)
- Prix des matières et couts logistiques non optimisés.

La conclusion définitive ne pouvant être donnée qu'après une étude beaucoup plus poussée et des réponses précises aux préalables posés.

Tableau 30 : Prix de revient de différentes formules de fumure

CULTURES	Unités fertilisantes par hectare						Coût total F CFA
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B ₂ O ₃	CaO	
Coton	42	30	22	6	1,5	34	15 812
Céréales en général	36	20	15	4		22	11 152
Mil-sorgho	37	25	10	4		27	11 848
" "	37	25	20	4		27	12 864
" "	37	30	10	4		32	12 922
" "	37	30	20	4		32	13 938
Mil-sorgho écon.	10	20		2,5		21	5 999
Maïs	60	25	10	4		27	14 846
"	60	25	20	4		27	15 862
"	60	30	10	4		32	15 920
"	60	30	20	4		32	16 936
Riz pluvial	45	40	30	5		43	18 305
Riz irrigué	90	60	40	7,5		64	29 882
Arachide	8	20		4		22	5 978
"	6	21		4		23	5 932
"	10	18		4		20	5 809
Maraîchage	140	180	180	22		191	78 720
Canne à sucre	140	120	140	15		133	60 647
" "	5	80	140	10		85	33 659
" " écon.	100	60		7,5		64	27 122

7.2. Etude de répartition des coûts :

Afin de bien montrer les grandes différences au point de vue management entre la situation actuelle et la situation future, nous avons calculé dans le cas de la fertilisation du COTON (Culture principale) la répartition des différents coûts et nous l'avons représentée sous forme de diagrammes circulaires, soit :

- Diagramme correspondant à la situation actuelle.
- Diagramme correspondant à la situation future.
(Diagramme simplifié)
- Diagramme correspondant à la situation future.
(Diagramme détaillé)

On remarquera l'importance du coût logistique, celle du coût matières, et la part relativement restreinte du coût de fabrication.

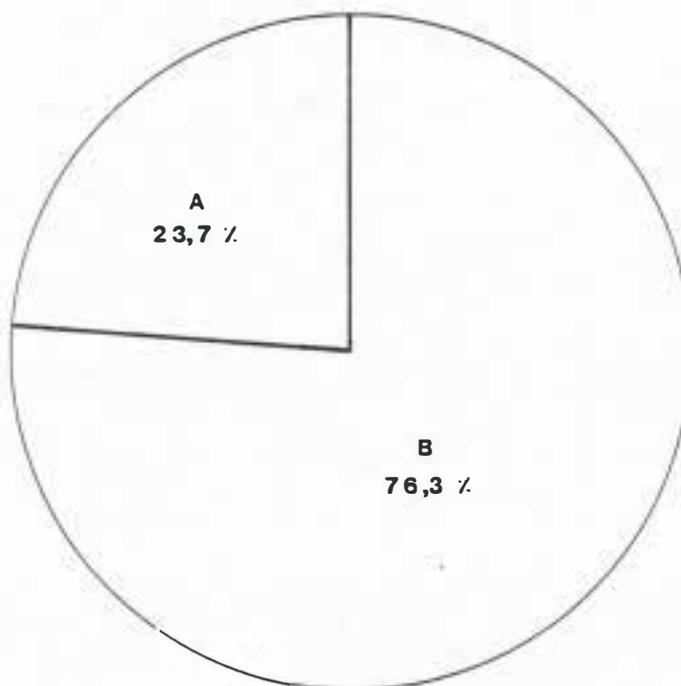
Et dans le cas de la situation future les pourcentages respectifs sont de :

- 34.1 % pour les coûts matières.
- 44.0 % pour les coûts logistiques.
- 14.0 % pour la fabrication du produit de base.
- 7.8 % pour le mélange et le conditionnement du produit final.

```
*****
*
* On jugera donc de la nécessité de ne pas négliger *
* dans la gestion du projet les postes : *
* achats matières, et logistique. *
* *
*****
```

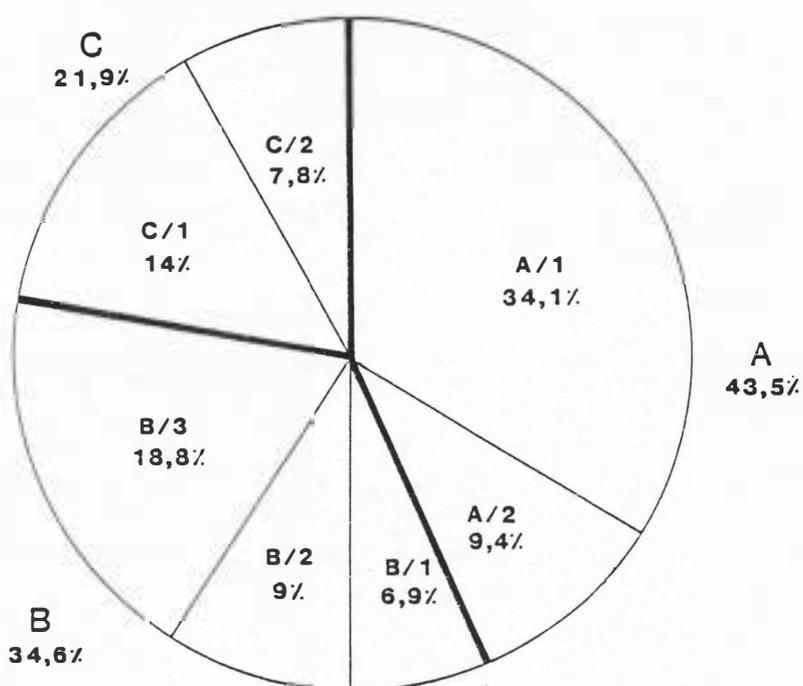
Figure 11 : **REPARTITION DES COUTS.**

Engrais coton 1986.



A Coûts logistique à terre
B Cout engrais CIF

**Engrais coton futur
(Diagramme détaillé).**



A	Coûts Mat.Prem.CIF	B	Coûts logistiques à terre	C	Coûts de Production
A/1	Cout engrais FOB	B/1	Opérations portualres	C/1	Cout usine
A/2	Frets	B/2	Transport vers usine	C/2	Cout Bulks
		B/3	Transport vers Bulks		

Tableau 31 :

ANALYSE DES COUTS DE FERTILISATION A L'HECTARE - ENGRAIS POUR COTON

PRODUIT	KG/HA	COUT FOB	FRET	OPERATIONS PORTUAIRES	TRANSPORT VERS KOUPELA	TRANSPORT VERS BULK	COUT PRODUCTION KOUPELA	COUT PRODUCTION BULKS
UREE	87,62	2 425	808	596				
KCl	36,66	902	338	249				
PRODUIT BORATE	4,62	405	71	34				
SOUFRE	2,38	214	37	17				
PHOSPHATE	92,49	485	0	0				
SO ₄ H ₂	9,74	105	90	112				
M.A.P.	15,40	876	142	82				
TOTAL		5 412	1 486	1 090	1 433	2 979	2 229	1 239
COUT TOTAL		5 412	6 988				3 468	
POURCENTAGE		34,1	44,0				21,9	
		COUT MATIERES FOB	COUT LOGISTIQUE				COUT PRODUCTION	

CONCLUSION :

Malgré une surcharge en fer et silice du minerai de Kodjari, il est possible, par des procédés originaux, de fabriquer un phosphate partiellement solubilisé efficace et économique.

L'effet immédiat, trois mois en vases ou première campagne aux champs, est équivalent à 85-87 % par rapport à un phosphate soluble. Ces résultats prometteurs devraient être confirmés par d'autres essais répétés dans le temps. Il est important de mesurer l'effet résiduel d'un tel engrais.

Le prix de revient de la fertilisation à l'hectare avec le nouveau engrais serait inférieur de 35 % par rapport au coût de l'engrais importé en 1985-86, à efficacité équivalente bien entendu, et du même ordre de grandeur que celui importé en 1986-87, qui était exceptionnellement bas.

Le projet semble viable sur le plan technique et économique, il reste à lui assurer le maximum de chance de réussite sur le plan de l'organisation et de la gestion. Dans cet esprit nous nous permettons d'émettre quelques recommandations.

-1 Nécessité de la désignation d'un gestionnaire, animateur du projet possédant à un haut niveau des qualités d'ENTREPRENEUR.

-2 Nécessité de mener une campagne d'information et de formation des utilisateurs (Nouvelle présentation des produits, augmentation de la gamme des produits).

-3 Nécessité d'une coopération étroite avec le système de distribution actuellement en place.

-4 Définition claire des politiques qui seront menées en ce qui concerne :

- Taxes et droits douaniers. (Acide sulfurique et produits chimiques entrant dans les fabrications).
- Taxes et droits de transit dans les pays voisins (COTE D'IVOIRE et TOGO)
- Contrôles routiers intérieurs (Procédure de priorité pour éviter les pertes de temps).
- Redevances concernant l'exploitation de la mine de KODJARI.

- Stratégie nationale de fertilisation.
 - Organisation du crédit à l'achat des engrais.
 - Obligation d'utiliser l'engrais national en priorité (Bien entendu s'il est compétitif).
 - Contrôle des importations sauvages (GHANA et NIGERIA).
 - Dons d'engrais qui devront être faits en matières premières et non en produits finis , de manière à ne pas casser le marché du projet.
 - Relations RAN et état Burkinabé.
 - Coopération avec SONABEL.
- Remise en état sérieuse de la piste DIAPAGA-KODJARI qui ne doit pas être supportée par le projet lui-même.
- Nécessité d'une assistance extérieure :
 - au démarrage (Technique, achats matières, maîtrise de la logistique, formation des opérateurs, etc).
 - en cours d'exploitation (Maintenance, et approvisionnement des pièces de rechange, analyses des variations du marché des matières premières, définition avec les agronomes des produits adaptés, etc).

BIBLIOGRAPHIE

- Banque Mondiale - Projet engrais Burkina Faso, document de travail, avril 1985.
- BERGER (M.) - 1983 - Point de vue de l'IRCT Haute-Volta en ce qui concerne l'engrais céréales
Rapport IRCT Haute-Volta, 7 p.
- BIKIENGA (M.), SEDOGO (M.) - 1982 - Utilisation agricole des phosphates de Haute-Volta. Synthèse des travaux d'expérimentation agronomique sur le Volta-phosphate et les phosphates améliorés.
Rapport Projet Phosphate. IVRAZ-IRAT, 62 p.
- BIKIENGA (M.) - 1983 - La commercialisation des engrais en Haute Volta.
FAO/FIAC, Rome 1983, 40 p.
- CDF - Ingénierie-BUVOGMI - 1980 - Etude des gisements de phosphates du Sud-Est voltaïque.
Rapport de campagne 1978-79, Janvier 1980, 19 p.
- DELMAS (I.) - 1986 - Compte rendu des premiers résultats sur les modifications cristallographiques et chimiques provenant d'attaques acides ménagées sur le phosphate du Burkina.
Rapport IRAT, 11 p., Sept. 1986.
- FAUCONNIER (R.) - 1987 - Rapport de la mission de conseil agronomique effectuée auprès de la SOSUCO (Burkina Faso) du 23 février au 5 mars 1987.
Rapport IRAT, juin 1987, 43 p.
- IFDC - 1980 - Rock phosphate utilization in Upper Volta.
Final report for GTZ, August 1980, 83 p. + appendix.
- IRHO - 1982 - La nutrition minérale et la fumure de l'arachide en Haute Volta.
Rapport IRHO, Haute-Volta, 34 p.
- POULAIN (J-F) - 1980 - Fertilisation minérale. Propositions. Conditions d'application.
Rapport IRAT Haute-Volta, 19 p.
- Projets Engrais vivriers - Rapport préliminaire sur la campagne 1986.
Volet expérimentation INERA, 11 p., Février 1987.
- TRUONG Binh - 1984 - Etude des phosphates naturels partiellement attaqués.
Rapport IRAT, 20 p., Avril 1984

ANNEXES

TERMES DE REFERENCE POUR L'ETUDE D'UNE UNITE
DE FABRICATION D'ENGRAIS AU BURKINA-FASO

L'étude s'appuiera sur les éléments déjà disponibles au niveau des coûts de transports (travaux IFDC) des résultats de recherches agronomiques sur l'utilisation des phosphates naturels burkinabé. Elle essaiera autant que possible de permettre une comparaison facile de ses propositions avec celles de l'étude ATFER.

Elle comportera l'examen des points suivants :

- 1 - Analyse complémentaire de la situation présente portant sur :
 - le marché des engrais,
 - les principaux systèmes de productions agricoles,
 - les opérations de développement,
 - les caractéristiques des minerais phosphatés et des gisements.

- 2 - Problèmes d'approvisionnement
 - en matières premières
 - phosphates, acides, autres ressources locales : matière organique, dolomie, etc...
 - simulation des conditions d'approvisionnement d'autres matières premières
 - urée, sulfate d'ammoniaque,
 - MAP, DAP
 - chlorure de potassium, Kieserite,
 - soufre solide, dérivés boratés.

- 3 - Détermination des produits et du procédé
 - besoins en nutriments par culture,
 - détermination des formules souhaitées,
 - mise au point en station pilote des produits,
 - fabrication des composés phosphatés pour les tests et les essais agronomiques.

.../...

4 - Détermination des conditions de réalisation et d'exploitation industrielle

- dimensionnement des installations,
- lieu d'implantation de l'unité de fabrication,
- simulation des conditions d'exploitation.

5 - Conclusion sur la faisabilité du projet

Coûts, rentabilité financière et économique.

Pour répondre aux questions que se posent tout particulièrement les autorités burkinabé, les points suivants devront être spécialement étudiés.

1/ Un examen critique des résultats disponibles sur la valeur agronomique du produit phosphaté partiellement attaqué à base des phosphates de Kodjari et comparaison avec le produit proposé dans l'étude ATFER.

2/ Faire une recommandation sur le degré d'acidulation optimal compte tenu des résultats agronomiques obtenus et des diverses possibilités techniques de fabrication.

3/ Déterminer la meilleure solution technique et économique de fabrication du produit tenant compte de l'impératif d'une production à faible échelle et d'une installation mécanique aussi simple que possible à manipuler et comparer avec la technique proposée dans l'étude ATFER.

4/ En plus du produit phosphaté simple, proposer aussi différents procédés économiques de fabrication d'engrais binaires (N-P), ternaires (NKP) à base d'urée, de sulfate d'ammonium, de chlorure de potassium et d'oligo-éléments tels que le borax.

5/ Déterminer les possibilités de fabrication d'un engrais "coton" de formule 14-23-14-6S-1B (il ne sera pas possible de produire un tel engrais sur la base du phosphate partiellement acidulé de Kodjari, mais une formule basée sur la même relation entre les composants nutritifs peut être utilisée ; voir rapport de faisabilité de l'IFDC, 1984).

6/ L'unité d'acidulation/granulation ne devra pas produire de déchets liquides, et les émissions de poussières et de fluor ne devront pas dépasser les normes internationales. Les eaux de vidange doivent être entièrement recyclées dans le procédé.

.../...

7/ Déterminer les possibilités de transport et du stockage de toutes les matières premières et secondaires nécessaires pour les différentes opérations de fabrication. Dans l'investigation des alternatives de transport par route ou chemin de fer, tenir compte du fait que l'acide sulfurique est un produit dangereux, qui peut poser des problèmes en cas de transport routier.

8/ Déterminer le lieu possible d'implantation de l'usine à Diapaga, Fada N'Gourma, Ouagadougou, Koudougou, Bobo-Dioulasso ou ailleurs et vérifier la disponibilité en main d'oeuvre, électricité, eau et les facilités d'accès routiers ou ferroviaires.

9/ Préparer une liste du matériel d'équipement principal incluant toutes les alternatives électriques.

10/ Estimer les coûts du capital d'investissement pour l'usine elle-même et les autres éléments impliqués dans chacun des différents sites possibles d'implantation : équipement, construction, supervision, pièces détachées, licence, services consultatifs et d'ingénierie, droits de douane d'importation, transport, assurance et autres.

Inclure les imprévus liés aux contingences aussi bien physiques que financières.

11/ Déterminer le nombre d'employés et en proposer l'organisation (organigramme). Etudier les possibilités d'employer une main d'oeuvre semi-spécialisée et non spécialisée pour seulement une partie de l'année et sur une base contractuelle.

12/ Déterminer les coûts variables totaux d'opérations, les prix de revient ex-usine et les taux de rentabilité internes selon les différents lieux d'implantation possibles.

13/ Présenter une analyse de sensibilité du taux de rentabilité financier en tenant compte des différentes valeurs des variables-clé les plus importantes.

PERSONNES RENCONTREES

- Messieurs : J-M KAMBIRE, Secrétaire général du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
- G. SESSOUMA, Secrétaire Général du Ministère de la Promotion Economique,
- L. ZIEGLER, Mission de Coopération et d'Action culturelle,
- FELIX, Ministère de la Coopération,
- H. DIENDERE, Mme S. CHEVALET, M.E. KOFANDO, Projet Engrais Vivriers,
- G. KABORE, D. OUATTARA, O. KABORE, Projet Phosphate,
- F. KOALA, B. DIALLO, E. GAMSONRE, Bureau des Mines et de la Géologie (BUMIGEB),
- F. PEYRREDIEU du CHARLAT et MAUCOR, Caisse Centrale de Coopération Economique (CCCE),
- P. BEURTON, Adjoint à l'Attaché Commercial,
- M. BIKIENGA, D. COULIBALY, Société Sucrière de la Comoe (SOSUCO),
- L.H. SOME et TRAORE, Société Burkinabe des Fibres et Textiles (SOFITEX)
- I. ZOURE, Société de Production d'Alcools (SOPAL),
- B. BAMA et PAPEIX, Société des Huiles et Savons (CITEC)
- M. SEDOGO, V. HIEN, F. LUMPO et BADO, Institut National d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA)
- O.V. OUEDRAOGO, Office National des Eaux et Assainissements (ONEA)
- S. BARO, Société Nationale Burkinabe d'Electricité (SONABEL)
- R.M. BOUDA, D.R. TOE, S. SOME, Conseil Burkinabe des chargeurs (CBS)
- M. BEAUQUESNE, Brasseries du Burkina (BRAKINA)
- R. ZAN, SOCOPAO
- F. DEMBA, N. ISSARA, Réseau Abidjan - Niger (RAN)

D. BARRO, Société commerciale BARRO (SOBA)

B. OUEDRAOGO, Union des Coopératives Burkinabe
Agricoles et Maraichères (UCOBAM)

D. DYEMKOUA, Société de financement et de
vulgarisation de l'Arachide (SOFIVAR)

V. TRAORE, Organisme Régional de Développement du
Centre (ORD)

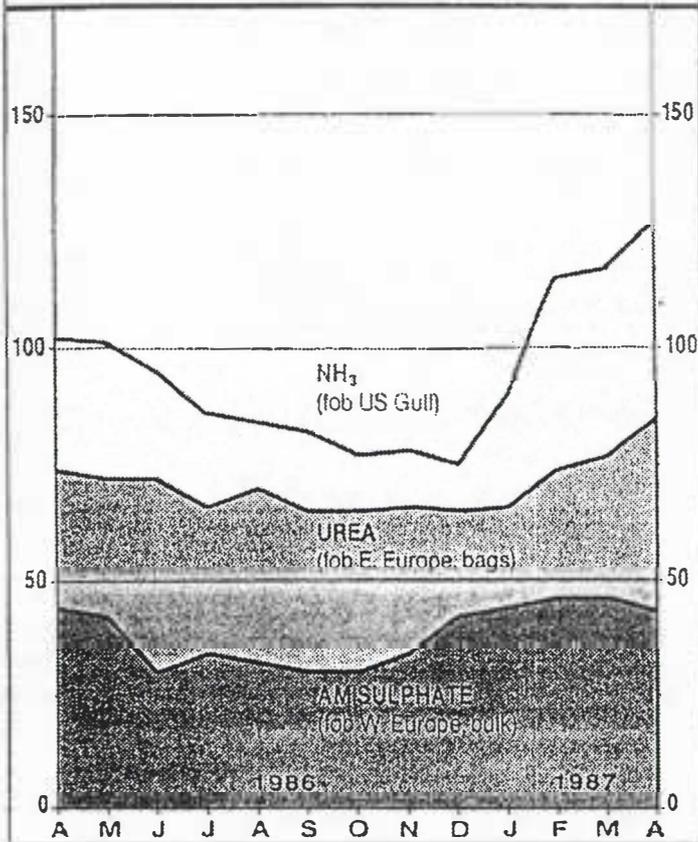
S.G. HASSANE, Banque Ouest Africaine de
Développement (BOAD)

R. NICOU, P. DUGUET, P. MORANT, CATTAN, Centre de
Coopération Internationale en Recherche Agronomique
pour le Développement (CIRAD).

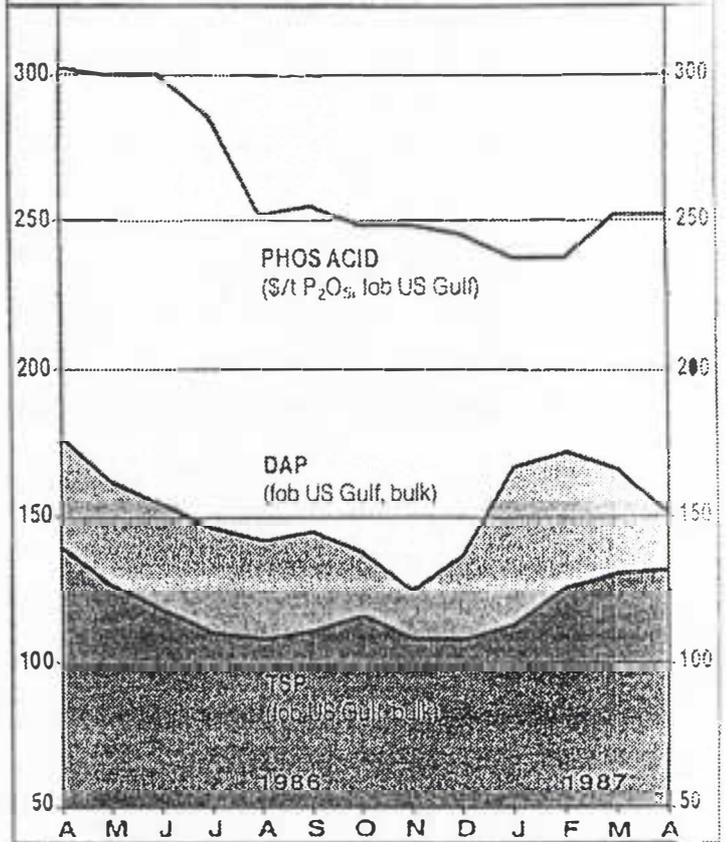
EXPORT PRICE TRENDS

All prices shown are on a \$/tonne end-of-month basis

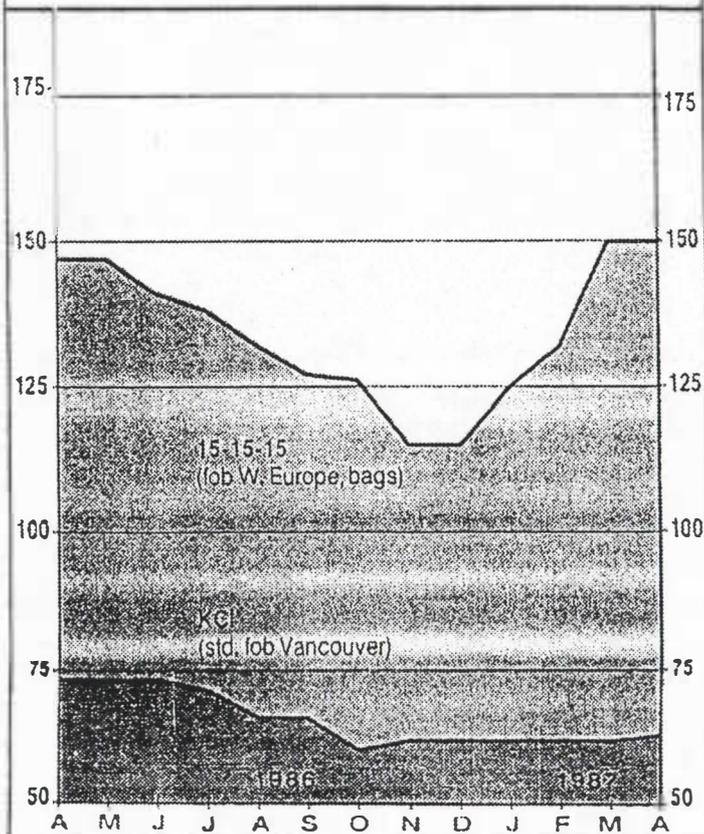
NITROGEN



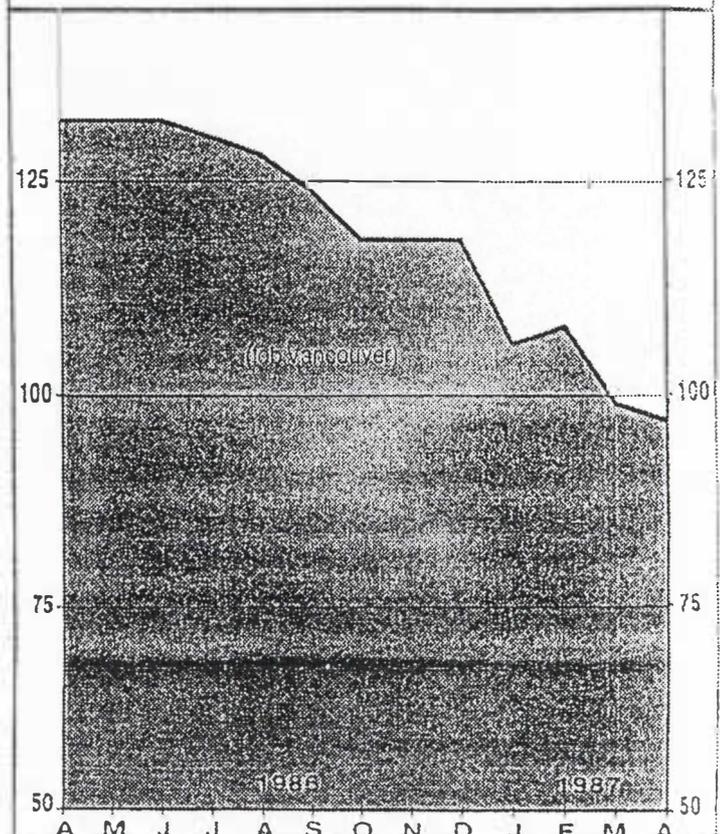
PHOSPHATES



POTASH & COMPOUNDS



SULPHUR



CALCULS DE PRIX DE REVIENT

ANNEXE

Carrière

	COUT UNITAIRE FCFA	QUANTITE	TOTAL MFCFA	PRIX/TONNE FCFA
A. EXTRACTION	2 500 F/T	16 031	40 085	2 500
B. CONSOMMABLES			13 000	811
C. ELECTRICITE		0		
D. PERSONNEL			4 000	250
E. COUTS PROPORTIONNELS / INVEST.				
FRAIS GENERAUX	0.02		1 400	
ENTRETIEN	0.15		10 500	
AMORTISSEMENT	0.20		14 000	
INTERETS D'EMPRUNT	0.01		700	
ASSURANCES	0.005		350	
			26 950	1 681
F. COUT TOTAL DE LA PRODUCTION				5 242
G. COUT TOTAL DU PRODUIT			84.035	5 242

INVESTISSEMENTS = 70 000 MFCFA

PRODUCTION = 16 031 TONNES

5 242 FCFA / TONNE = 17 US\$ / TONNE

H. REDEVANCES MINIERES			20 000	
G. COUT AVEC REDEVANCE			104 035	6 489
				21.6US\$

Usine de KOUPELA

ELECTRICITE FOURNITURE SONABEL

	COUT UNITAIRE FCFA	QUANTITE	TOTAL M. FCFA	PRIX/TONNE FCFA
A. MATIERES PREMIERES				
PHOSPHATE		16 031		
H ₂ SO ₄		1 691		
MAP		2 669		
SOUFRE		788		
PRODUIT BORATE		353		
TRANSPORTS			237.815	
TOTAL				
B. CONSOMMABLES			19.500	937
C. ELECTRICITE				
BROYAGE	65	593 147	38.555	
NSPP	65	208 030	13.522	
COMPACTAGE	65	624 090	40.566	
OFFSITES	65	62 409	4.057	
PRIME ANNUELLE			88.090	
TOTAL			184.700	8.879
D. PERSONNEL			36.000	1.730
E. COUTS PROPORTIONNELS / INVEST.				
FRAIS GENERAUX	0,02		35.000	
ENTRETIEN				
PARTIES COMMUNES	0,01		4.050	
BROYAGE	0,02		7.000	
NSPP	0,06		24.000	
COMPACTAGE	0,03		18.000	
AMORTISSEMENTS	0,05		87.750	
INTERETS D'EMPRUNTS	0,01		17.550	
ASSURANCES	0,005		8.775	
TOTAL			202.125	9.716
F. COUT TOTAL PRODUCTION			442.325	21.262
G. COUT TOTAL DU PRODUIT				

INVESTISSEMENTS	PARTIES COMMUNES	405.000
	BROYAGE	350.000
	ATTAQUE PARTIELLE	400.000
	COMPACTAGE	600.000
	TOTAL	1.755.000

Usine de KOUPELA

ELECTRICITE EX-CENTRALE USINE

	COUT UNITAIRE FCFA	QUANTITE	TOTAL M. FCFA	PRIX/TONNE FCFA
A. MATIERES PREMIERES				
PHOSPHATE		16 031		
H ₂ SO ₄		1 691		
MAP		2 669		
SOUFRE		788		
PRODUIT BORATE		353		
TRANSPORTS			237.815	
TOTAL				
B. CONSOMMABLES			19.500	937
C. ELECTRICITE				
BROYAGE	86,3	593 147	51.190	
NSPP	86,3	208 030	17.593	
COMPACTAGE	86,3	624 090	53.860	
OFFSITES	86,3	62 409	5.200	
PRIME ANNUELLE				
TOTAL			128.203	6.163
D. PERSONNEL			36.000	1.730
E. COUTS PROPORTIONNELS / INVEST.				
FRAIS GENERAUX	0,02		35.000	
ENTRETIEN				
PARTIES COMMUNES	0,01		4.050	
BROYAGE	0,02		7.000	
NSPP	0,06		24.000	
COMPACTAGE	0,03		18.000	
AMORTISSEMENTS	0,05		87.750	
INTERETS D'EMPRUNTS	0,01		17.550	
ASSURANCES	0,005		8.775	
TOTAL			202.125	9.716
F. COUT TOTAL PRODUCTION			385.828	18.546
G. COUT TOTAL DU PRODUIT				

INVESTISSEMENTS	PARTIES COMMUNES	405.000
	BROYAGE	350.000
	ATTAQUE PARTIELLE	400.000
	COMPACTAGE	600.000
	TOTAL	1.755.000

Bulk-Blendings

	COUT UNITAIRE FCFA	QUANTITE	TOTAL MFCFA	PRIX/TONNE FCFA
A. MATIERES PREMIERES				
NSPP		20 803		
UREE		12 822		
KCl		6 624		
TRANSPORT			490.000	
TOTAL				
B. CONSOMMABLES				
FIL, HUILES, GRAISSES, CARBURANT			16.000	
SACHERIE	90	804 180	72.376	
TOTAL			88.376	
C. ELECTRICITE				
CONSOMMATION	65	120 627	7.841	
PRIME ANNUELLE				
TOTAL			7.841	
D. PERSONNEL			4.800	
E. COUTS PROPORTIONNELS / INVEST.				
FRAIS GENERAUX	0,02		14.200	
ENTRETIEN	0,03		21.300	
AMORTISSEMENTS	0,08		56.800	
INTERETS D'EMPRUNTS	0,01		7.100	
ASSURANCES	0,05		3.550	
TOTAL			102.950	
F. COUT TOTAL PRODUCTION AVEC SACHERIE			203.967	5.068
F' COUT TOTAL PRODUCTION SANS SACHERIE			131.591	3.273
G. COUT MOYEN PRODUIT				

PRODUCTION 40 209 tonnes

INVESTISSEMENTS 710.000 MFCFA

AMORTISSEMENT MOYEN RAMENE A 12,5%/an (50% en 20 ans - 50% en 5 ans)

FERTILISATION PAR CULTURES

Fabrication

et coût fertilisation

par hectare

A N N E X E

CAFORAF

Programme de calcul de formules en fonction apport fertilisants/Ha

Donnees de base

Matières premières

Prix Tonne Soufre.....=112465
Prix Tonne Phosphate.....= 5242
Prix Tonne MAP.....= 71412
Prix Tonne produit borate.....=104163
Prix Tonne SO4H2..(96 %)...= 31500
Prix Tonne Uree.....= 42700
Prix Tonne KCl compacte.....= 43700

NSPP de base

Formule

% N dans NSPP.....= 1.5
% P2O5 dans NSPP.....= 26.5
% S dans NSPP.....= 3.2

Standart

% Phosphate.....= 31.7
% MAP.....= 13.6
% SO4H2 (96%).....= 8.60

Prix Matière Tonne NSPP.....= 16703.7

Produit Borate

% B2O3 dans produit Borate.....= 32.5

Produit soufre

% S dans produit soufre.....= 100

Cout Fabrication et transport Usine Principale 30044
Cout Fabrication et transport Bulks..... 17254

CALCUL SANS SURDOSAGE P₂O₅

Plante cultivée.....= COTON

Quantité totale d'éléments fertilisants à amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
42.00	30.00	22.00	6.00	1.50

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 45.24 *

Répartition quantité d'éléments fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
19.00	30.00	22.00	6.00	1.50	23.0

Caractéristiques NSPP adaptés

FORMULE.				Q/Ha
N *	P205	S	B203	
1.41	24.96	4.99	1.25	120.20

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
76.95	12.81	8.10	1.98	3.84	51999.96

Caractéristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N *	P205	K20	S	B203	
9.82	15.43	11.31	3.09	0.77	194.5
STANDARD				Prix	
NSPPS	UREE	KCL		Tonne	
61.81	19.34	16.85		65290.41	

Quantité Uree mise la deuxième fois= 50.00

Quantité totale épandue par Hectare.....=244.48

Coût Bulk épandu /Ha.....= 12814.5

Coût Uree mise la deuxième fois / Hectare....= 2997.6

Coût total fertilisation /Ha.....= 15812.1

CALCUL AVEC SURDOSAGE P₂O₅

Plante cultivée.....= COTON

Quantité totale d'éléments fertilisants à amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
42.00	34.50	22.00	6.00	1.50

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 45.24 *

Répartition quantité d'éléments fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
19.00	34.50	22.00	6.00	1.50	23.0

Caractéristiques NSPP adaptés

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.43	25.25	4.39	1.10	136.64

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
77.64	12.96	8.19	1.34	3.38	50967.28

Caractéristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
9.08	16.40	10.66	2.25	0.71	210.4
STANDARD				Prix	
NSPPS	UREE	KCL		Tonne	
64.95	17.62	17.43		65511.1	

Quantité Uree mise la deuxième fois= 50.00

Quantité totale épandue par Hectare.....=260.36

Coût Bulk épandu /Ha.....= 13781.3

Coût Uree mise la deuxième fois / Hectare....= 2997.6

Coût total fertilisation /Ha.....= 16778.9

CALCUL SANS SURDOSAGE P₂O₅

Plante cultivée.....= CÉREALES

Quantité totale d'éléments fertilisants à amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
36.00	20.00	15.00	4.00	0.00

 % de l'apport total de N fait par NPK = 36.11 %

Repartition quantité d'éléments fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
13.00	20.00	15.00	4.00	0.00	23.0

Caracteristiques NSPP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.47	25.95	5.19	0.00	77.06

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
80.02	13.32	8.42	2.06	0.00	48717.37

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
10.19	15.64	11.73	3.13	0.00	127.9
STANDARD				Prix	
NSPPS	UREE	KCL	Tonne		
60.27	20.12	19.55	63776.11		

Quantité Uree mise la deuxième fois= 50.00

Quantité totale épandue par Hectare.....=177.86

Coût Bulk épandu /Ha.....= 8154.1

Coût Uree mise la deuxième fois / Hectare....= 2997.8

Coût total fertilisation /Ha.....= 11151.9

CALCUL AVEC DOSAGE P₂O₅

Plante cultivée.....= CÉREALES

Quantité totale d'éléments fertilisants à amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
36.00	23.00	15.00	4.00	0.00

 % de l'apport total de N fait par NPK = 36.11 %

Repartition quantité d'éléments fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
13.00	23.00	15.00	4.00	0.00	23.0

Caracteristiques NSPP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.48	26.13	4.54	0.00	88.02

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
80.57	13.41	8.48	1.39	0.00	48077.99

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
9.40	16.61	10.53	2.59	0.00	138.4
STANDARD				Prix	
NSPPS	UREE	KCL	Tonne		
63.57	18.37	18.06	63553.59		

Quantité Uree mise la deuxième fois= 50.00

Quantité totale épandue par Hectare.....=138.45

Coût Bulk épandu /Ha.....= 8796.7

Coût Uree mise la deuxième fois / Hectare....= 2997.8

Coût total fertilisation /Ha.....= 11796.4

CALCUL SANS SURDOSAGE P₂O₅

Plante cultivee.....= ARACHIDE,

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
8.00	20.00	0.00	4.00	0.00

 % de l'apport total de N fait par NFK = 100.00 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NFK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
8.00	20.00	0.00	4.00	0.00	0.0

Caracteristiques NSPP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.47	25.95	5.19	0.00	77.06

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
30.02	13.32	3.42	2.06	0.00	48717.37

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
8.72	21.74	0.00	4.35	0.00	92.0
STANDARD				Prix	
NSPPS	UREE	KCL	Tonne		
33.77	16.23	0.00	64994.7		

Quantite Uree mise la deuxieme fois= 0.00

Quantite totale epandue par Hectare.....= 91.99

Cout Bulk epandu /Ha.....= 5978.7

Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 0.0

Cout total fertilisation /Ha.....= 5978.7

CALCUL AVEC DOSAGE P₂O₅

Plante cultivee.....= ARACHIDE

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
8.00	23.00	0.00	4.00	0.00

 % de l'apport total de N fait par NFK = 100.00 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NFK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
8.00	23.00	0.00	4.00	0.00	0.0

Caracteristiques NSPP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.48	26.13	4.54	0.00	33.02

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
30.57	13.41	3.48	1.39	0.00	48077.99

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
7.32	22.42	0.00	3.90	0.00	102.6
STANDARD				Prix	
NSPPS	UREE	KCL	Tonne		
35.80	14.20	0.00	64563.56		

Quantite Uree mise la deuxieme fois= 0.00

Quantite totale epandue par Hectare.....= 102.58

Cout Bulk epandu /Ha.....= 6623.2

Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 0.0

Cout total fertilisation /Ha.....= 6623.2

CALCUL SANS SURDOSAGE P₂O₅

Plante cultivee.....= ARACHIDE

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
6.00	21.00	0.00	4.00	0.00

* % de l'apport total de N fait par NPK = 100.00 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree	
N	P205	K20	S	B203	N	
6.00	21.00	0.00	4.00	0.00	0.00	

Caracteristiques NSFF adapte

FORMULE.				Q/Ha
N *	P205	S	B203	
1.47	26.02	4.96	0.00	80.71

STANDARD					Prix Tonne
Phosphate	MAP	S04H2	Prod.S	Prod.B	
80.22	13.35	5.44	1.31	0.00	43454.95

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N *	P205	K20	S	B203	
6.61	23.03	0.00	4.39	0.00	91.2
STANDARD				Prix Tonne	
NSPPS *	UREE	KCL			
83.53	11.47	0.00		65075.27	

Quantite Uree mise la deuxieme fois= 0.00

Quantite totale epandue par Hectare.....= 91.17

Cout Bulk epandu /Ha.....= 5932.1

Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 0.0

Cout total fertilisation /Ha.....= 5932.1

Plante cultivee.....= ARACHIDE

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
10.00	13.00	0.00	4.00	0.00

* % de l'apport total de N fait par NPK = 100.00 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree	
N	P205	K20	S	B203	N	
10.00	13.00	0.00	4.00	0.00	0.00	

Caracteristiques NSPP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N *	P205	S *	B203	
1.46	25.81	5.73	0.00	69.75

STANDARD					Prix Tonne
Phosphate	MAP	S04H2	Prod.S	Prod.B	
79.56	13.24	8.37	2.62	0.00	49255.24

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
11.23	20.16	0.00	4.43	0.00	39.3
STANDARD				Prix Tonne	
NSPPS *	UREE	KCL			
73.13	21.37	0.00		65075.63	

Quantite Uree mise la deuxieme fois= 0.00

Quantite totale epandue par Hectare.....= 39.28

Cout Bulk epandu /Ha.....= 5309.6

Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 0.0

Cout total fertilisation /Ha.....= 5309.6

CALCUL SANS SURDOSAGE P₂O₅

Plante cultivee.....= MIL-SORGHO

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
37.00	25.00	10.00	4.00	0.00

* % de l'apport total de N fait par NPK = 37.84 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
14.00	25.00	10.00	4.00	0.00	23.00

Caracteristiques NSPP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.42	26.23	4.20	0.00	95.32

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
30.86	13.46	3.51	1.03	0.00	47733.42

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
10.06	17.94	7.13	2.87	0.00	139.3
STANDARD				Prix	
NSPPS	UREE	KCL	Tonne		
65.40	19.63	11.96	63516.71		

Quantite Uree mise la deuxieme fois= 50.00

Quantite totale epandue par Hectare.....=159.35

Cout Bulk epandu /Ha.....= 8650.9

Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 2997.5

Cout total fertilisation /Ha.....= 11648.5

Plante cultivee.....= MIL-SORGHO

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
37.00	25.00	20.00	4.00	0.00

* % de l'apport total de N fait par NPK = 37.84 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
14.00	25.00	20.00	4.00	0.00	23.00

Caracteristiques NSFF adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.42	26.23	4.20	0.00	95.32

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
30.86	13.46	3.51	1.03	0.00	47733.42

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
3.96	16.02	12.32	2.56	0.00	156.0
STANDARD				Prix	
NSPPS	UREE	KCL	Tonne		
61.10	17.54	21.37	63242.94		

Quantite Uree mise la deuxieme fois= 50.00

Quantite totale epandue par Hectare.....=206.01

Cout Bulk epandu /Ha.....= 9866.3

Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 2997.6

Cout total fertilisation /Ha.....= 12864.4

CALCUL SANS SURDOSAGE P₂O₅

Plante cultivee.....= MIL-SORGHO

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
37.00	30.00	10.00	4.00	0.00

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 37.84 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
14.00	30.00	10.00	4.00	0.00	23.0

Caracteristiques NSFP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.50	26.41	3.52	0.00	113.58

STANDARD					Prix
*Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
81.43	13.55	8.57	0.33	0.00	47065.89

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
8.92	19.11	6.37	2.55	0.00	157.0
STANDARD:			Prix		
NSFPS	UREE	KCL	Tonne		
72.35	17.04	19.62	63218.82		

Quantite Uree mise la deuxieme fois= 50.00

Quantite totale epandue par Hectare.....=206.99

Cout Bulk epandu /Ha.....= 9925.1
 Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 2997.6
 Cout total fertilisation /Ha.....= 12922.7

Plante cultivee.....= MIL-SORGHO

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
37.00	30.00	20.00	4.00	0.00

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 37.84 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
14.00	30.00	20.00	4.00	0.00	23.0

Caracteristiques NSFP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.50	26.41	3.52	0.00	113.58

STANDARD					Prix
*Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
81.43	13.55	8.57	0.33	0.00	47065.89

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
8.92	17.27	11.52	2.30	0.00	173.7
STANDARD			Prix		
NSFPS	UREE	KCL	Tonne		
65.41	15.40	19.19	63001.47		

Quantite Uree mise la deuxieme fois= 50.00

Quantite totale epandue par Hectare.....=223.66

Cout Bulk epandu /Ha.....= 10941.0
 Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 2997.6
 Cout total fertilisation /Ha.....= 13938.6

Plante cultivee.....= MIL-SORGHO (Eco.)

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P2O5	K2O	S	B2O3
10.00	20.00	0.00	2.50	0.00

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 100.00 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P2O5	K2O	S	B2O3	N
10.00	20.00	0.00	2.50	0.00	0.0

Caracteristiques NSPP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P2O5	S	B2O3	
1.50	26.47	3.31	0.00	75.56

STANDARD					Prix
Phosphate	MAF	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
81.61	13.58	2.59	0.11	0.00	46855.36

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P2O5	K2O	S	B2O3	
10.55	21.09	0.00	2.64	0.00	94.8
STANDARD			Prix		
NSPPS	UREE	KCL	Tonne		
79.67	20.33	0.00	63264.65		

Quantite Uree mise la deuxieme fois= 0.00

Quantite totale epandue par Hectare.....= 94.83

Cout Bulk epandu /Ha.....= 5999.7

Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 0.0

Cout total fertilisation /Ha.....= 5999.7

Plante cultivee.....= MARAICHAGE

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P2O5	K2O	S	B2O3
140.00	180.00	180.00	22.00	0.00

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 100.00 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P2O5	K2O	S	B2O3	N
140.00	180.00	180.00	22.00	0.00	0.0

Caracteristiques NSPP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P2O5	S	B2O3	
1.50	26.49	3.24	0.00	679.51

STANDARD					Prix
Phosphate	MAF	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
81.67	13.59	8.60	0.04	0.00	46784.97

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P2O5	K2O	S	B2O3	
11.10	14.27	14.27	1.74	0.00	1261.7
STANDARD			Prix		
NSPPS	UREE	KCL	Tonne		
53.56	22.37	23.78	62391.79		

Quantite Uree mise la deuxieme fois= 0.00

Quantite totale epandue par Hectare.....= 1261.71

Cout Bulk epandu /Ha.....= 78720.2

Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 0.0

Cout total fertilisation /Ha.....= 78720.2

CALCUL SANS SURDOSAGE P₂O₅

Plante cultivée.....= MAIS

Plante cultivée.....= MAIS

Quantité totale d'éléments fertilisants à amener par Hectare

Quantité totale d'éléments fertilisants à amener par Hectare

N	P2O5	K2O	S	B2O3
60.00	25.00	10.00	4.00	0.00

N	P2O5	K2O	S	B2O3
60.00	25.00	20.00	4.00	0.00

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 23.33 *

 * % de l'apport total de N fait par NFK = 23.33 *

Repartition quantité d'éléments fertilisants en Kg/Ha

Repartition quantité d'éléments fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NFK					Apport 2 par Uree
N	P2O5	K2O	S	B2O3	N
14.00	25.00	10.00	4.00	0.00	46.0

Apport 1 par NFK					Apport 2 par Uree
N	P2O5	K2O	S	B2O3	N
14.00	25.00	20.00	4.00	0.00	46.0

Caractéristiques NSFP adapté

Caractéristiques NSFP adapté

FORMULE.				Q/Ha
N *	P2O5	S	B2O3	
1.43	26.23	4.20	0.00	95.32

FORMULE.				Q/Ha
N *	P2O5	S	B2O3	
1.43	26.23	4.20	0.00	95.32

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
80.86	13.46	8.51	1.03	0.00	47733.42

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
80.86	13.46	8.51	1.03	0.00	47733.42

Caractéristiques Produit Final (Bulk-Blending)

Caractéristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P2O5	K2O	S	B2O3	
10.06	17.94	7.11	2.87	0.00	139.3
STANDARD				Prix	
NSPFS *	UREE	KCL		Tonne	
61.41	19.63	11.96		63516.37	

FORMULE.					Q/Ha
N	P2O5	K2O	S	B2O3	
3.98	16.02	12.82	2.36	0.00	156.0
STANDARD				Prix	
NSPFS *	UREE	KCL		Tonne	
61.10	17.53	21.37		63243.07	

Quantité Uree mise la deuxième fois=100.00

Quantité Uree mise la deuxième fois=100.00

Quantité totale épandue par Hectare.....=239.35

Quantité totale épandue par Hectare.....=256.01

Coût Bulk épandu /Ha.....= 8850.3

Coût Bulk épandu /Ha.....= 8866.4

Coût Uree mise la deuxième fois / Hectare....= 5995.7

Coût Uree mise la deuxième fois / Hectare....= 5995.7

Coût total fertilisation /Ha.....= 14846.2

Coût total fertilisation /Ha.....= 15862.1

CALCUL SANS SURDOSAGE P₂O₅

Plante cultivee.....= MAIS

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P2O5	K2O	S	B2O3
60.00	30.00	10.00	4.00	0.00

* % de l'apport total de N fait par NPK = 23.33 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P2O5	K2O	S	B2O3	N
14.00	30.00	10.00	4.00	0.00	46.0

Caracteristiques NSPF adapte

FORMULE.				Q/Ha
N *	P2O5	S	B2O3	
1.50	26.41	3.52	0.00	113.58

STANDARD					Prix
*Phosphate	MAF	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
81.43	13.55	8.57	0.33	0.00	47065.39

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N *	P2O5	K2O	S	B2O3	
3.92	19.11	6.37	2.55	0.00	157.0
STANDARD				Prix	
NSPFS	UREE	KCL	Tonne		
72.35	17.03	10.62	63213.95		

Quantite Uree mise la deuxieme fois=100.00

Quantite totale epandue par Hectare.....=256.99

Cout Bulk epandu /Ha.....= 9924.5

Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 5995.7

Cout total fertilisation /Ha.....= 15920.4

Plante cultivee.....= MAIS

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P2O5	K2O	S	B2O3
60.00	30.00	20.00	4.00	0.00

* % de l'apport total de N fait par NPK = 23.33 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P2O5	K2O	S	B2O3	N
14.00	30.00	20.00	4.00	0.00	46.0

Caracteristiques NSPF adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P2O5	S	B2O3	
1.50	26.41	3.52	0.00	113.58

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
81.43	13.55	8.57	0.33	0.00	47065.39

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P2O5	K2O	S	B2O3	
3.06	17.28	11.52	2.30	0.00	173.7
STANDARD				Prix	
NSPFS	UREE	KCL	Tonne		
65.41	15.40	19.19	63001.57		

Quantite Uree mise la deuxieme fois=100.00

Quantite totale epandue par Hectare.....=273.66

Cout Bulk epandu /Ha.....= 10940.7

Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 5995.7

Cout total fertilisation /Ha.....= 16936.3

CALCUL SANS SURDOSAGE P₂O₅

Plante cultivee.....= RIZ IRRIGUE

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
90.00	60.00	40.00	7.50	0.00

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 33.33 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
30.00	60.00	40.00	7.50	0.00	60.0

Caracteristiques NSFP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N *	P205	S	B203	
1.50	26.47	3.31	0.00	226.67

STANDARD					Prix
Phosphate	MAF	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
81.61	13.58	8.59	0.11	0.00	46855.36

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N *	P205	K20	S	B203	
8.54	17.09	11.39	2.14	0.00	351.2
STANDARD				Prix	
NSFPS	UREE	KCL	Tonne		
64.55	16.47	18.95	62826.05		

Quantite Uree mise la deuxieme fois=130.44

Quantite totale epandue par Hectare.....=481.61

Cout Bulk epandu /ha.....= 22062.3
 Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 7820.5
 Cout total fertilisation /Ha.....= 29882.7

Plante cultivee.....= RIZ PLUVIAL

Quantite totale d'elements fertilisants a amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
45.00	40.00	30.00	5.00	0.00

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 33.33 *

Repartition quantite d'elements fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
15.00	40.00	30.00	5.00	0.00	30.0

Caracteristiques NSFP adapte

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.50	26.47	3.31	0.00	151.11

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
81.61	13.58	8.59	0.11	0.00	46355.36

Caracteristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
8.56	17.43	13.11	2.19	0.00	228.3
STANDARD				Prix	
NSFPS	UREE	KCL	Tonne		
66.05	12.10	21.35	62917.03		

Quantite Uree mise la deuxieme fois= 65.22

Quantite totale epandue par Hectare.....=294.02

Cout Bulk epandu /Ha.....= 14395.2
 Cout Uree mise la deuxieme fois / Hectare....= 3910.2
 Cout total fertilisation /Ha.....= 18305.4

CALCUL SANS SURDOSAGE P₂O₅

Plante cultivée.....= CANNE A SUCRE

Plante cultivée.....= CANNE A SUCRE

Quantité totale d'éléments fertilisants à amener par Hectare

Quantité totale d'éléments fertilisants à amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
140.00	120.00	140.00	15.00	0.00

N	P205	K20	S	B203
140.00	120.00	140.00	16.00	0.00

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 100.00 *

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 100.00 *

Repartition quantité d'éléments fertilisants en Kg/Ha

Repartition quantité d'éléments fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
140.00	120.00	140.00	15.00	0.00	0.00

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
140.00	120.00	140.00	16.00	0.00	0.00

Caractéristiques NSPF adaptés

Caractéristiques NSPF adaptés

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.50	26.47	3.31	0.00	453.34

FORMULE.				Q/Ha
N *	P205	S	B203	
1.50	26.41	3.52	0.00	454.34

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
31.61	13.58	8.59	0.11	0.00	46855.36

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
31.43	13.55	8.57	0.33	0.00	47065.89

Caractéristiques Produit Final (Bulk-Blending)

Caractéristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
14.34	12.29	14.34	1.54	0.00	976.3
STANDARD				Prix	
NSPFS	UREE	KCL	Tonne		
46.44	29.66	23.90	62122.62		

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
14.33	12.28	14.33	1.64	0.00	977.3
STANDARD				Prix	
NSPFS	UREE	KCL	Tonne		
46.49	29.63	23.88	62222.53		

Quantité Uree mise la deuxième fois= 0.00

Quantité Uree mise la deuxième fois= 0.00

Quantité totale épandue par Hectare.....=976.25

Quantité totale épandue par Hectare.....=977.25

Cout Bulk épandu /Ha.....= 60647.5

Cout Bulk épandu /Ha.....= 60807.3

Cout Uree mise la deuxième fois / Hectare....= 0.0

Cout Uree mise la deuxième fois / Hectare....= 0.0

Cout total fertilisation /Ha.....= 60647.5

Cout total fertilisation /Ha.....= 60807.3

Plante cultivée.....= CANNE A SUCRE (Eco.)

Quantité totale d'éléments fertilisants à amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
100.00	60.00	0.00	7.50	0.00

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 100.00 *

Repartition quantité d'éléments fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
100.00	60.00	0.00	7.50	0.00	0.0

Caractéristiques NSPP adaptée

FORMULE.				Q/Ha
N	P205	S	B203	
1.50	26.47	3.31	0.00	226.67

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
31.61	13.58	8.59	0.11	0.00	46855.36

Caractéristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N	P205	K20	S	B203	
22.90	13.74	0.00	1.72	0.00	436.7
STANDARD				Prix	
NSPPS	UREE	KCL	Tonne		
51.91	48.09	0.00	62110.95		

Quantité Uree mise la deuxième fois= 0.00

Quantité totale épandue par Hectare.....=436.64

Coût Bulk épandu /Ha.....= 27122.5

Coût Uree mise la deuxième fois / Hectare....= 0.0

Coût total fertilisation /Ha.....= 27122.5

Plante cultivée.....= CANNE A SUCRE (Repousse)

Quantité totale d'éléments fertilisants à amener par Hectare

N	P205	K20	S	B203
5.00	80.00	140.00	10.00	0.00

 * % de l'apport total de N fait par NPK = 100.00 *

Repartition quantité d'éléments fertilisants en Kg/Ha

Apport 1 par NPK					Apport 2 par Uree
N	P205	K20	S	B203	N
5.00	80.00	140.00	10.00	0.00	0.0

Caractéristiques NSPP adaptée

FORMULE.				Q/Ha
N *	P205	S	B203	
1.50	26.47	3.31	0.00	302.23

STANDARD					Prix
Phosphate	MAP	SO4H2	Prod.S	Prod.B	Tonne
31.61	13.58	8.59	0.11	0.00	46855.36

Caractéristiques Produit Final (Bulk-Blending)

FORMULE.					Q/Ha
N *	P205	K20	S	B203	
0.93	14.91	26.09	1.86	0.00	536.6
STANDARD:				Prix	
NSPPS	UREE	KCL	Tonne		
56.32	0.19	43.48	62729.31		

Quantité Uree mise la deuxième fois= 0.00

Quantité totale épandue par Hectare.....=536.59

Coût Bulk épandu /Ha.....= 33659.6

Coût Uree mise la deuxième fois / Hectare....= 0.0

Coût total fertilisation /Ha.....= 33659.6

Tableau 30 : Prix de revient de différentes formules de fumure

CULTURES	Unités fertilisantes par hectare						Coût total F CFA
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B ₂ O ₃	CaO	
Coton	42	30	22	6	1,5	34	15 812
Céréales en général	36	20	15	4		22	11 152
Mil-sorgho	37	25	10	4		27	11 848
" "	37	25	20	4		27	12 864
" "	37	30	10	4		32	12 922
" "	37	30	20	4		32	13 938
Mil-sorgho écon.	10	20		2,5		21	5 999
Maïs	60	25	10	4		27	14 846
"	60	25	20	4		27	15 862
"	60	30	10	4		32	15 920
"	60	30	20	4		32	16 936
Riz pluvial	45	40	30	5		43	18 305
Riz irrigué	90	60	40	7,5		64	29 882
Arachide	8	20		4		22	5 978
"	6	21		4		23	5 932
"	10	18		4		20	5 809
Maraîchage	140	180	180	22		191	78 720
Canne à sucre	140	120	140	15		133	60 647
" "	5	80	140	10		85	33 659
" " écon.	100	60		7,5		64	27 122