

**BURKINA FASO
UNITE-PROGRES-JUSTICE**

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION: AGRONOMIE

THEME: Contribution à l'évaluation des performances agro-pédologiques de formules de fumures organo-phosphatées dans la zone Est du Burkina Faso: Cas de trois villages de la province de la Tapoa (Kotchari, Peninga et Fantou).

Présenté par : POUYA Bouinzemwendé Mathias

Maîtres de stage : Pr. Michel P. SEDOGO

Dr. Moussa BONZI

Directeurs de mémoire : Pr. Antoine N SOME

Dr. Bernard BACYE

N°: -2008/AGRO

JUIN 2008

Dédicace

Je dédie le présent travail à:

- La mémoire de mon père, **POUYA Joseph**,
rappelé à Dieu, le 01 Octobre 1996,
Que son âme repose en paix;

- Ma mère **YAMEOGO Marie-Béatrice**,
pour ses multiples sacrifices, sa patience et,
son sens élevé de compréhension;

- Mes frères et sœurs, pour leur soutien.

Table des matières

Table des matières	ii
Avant propos	v
Liste des abréviations	vii
Liste des tableaux	viii
Liste des figures	ix
Résumé	x
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique : Fertilisation organique, minérale, phosphatée au Burkina Faso	3
I.1. Fumure organique	3
I.2. La fumure minérale.....	4
I. 3. Fumure organo-minérale.....	4
I.4. Impact du phosphate naturel du Burkina Faso (BP)	5
Chapitre II: Sites d'étude	6
II.1. La situation géographique et climatique.....	6
II.2. Situation agro-pédologique.....	8
II.2.1. <i>Le relief</i>	8
II.2.2. <i>Les sols</i>	8
II.2.3. <i>Végétation</i>	8
II.3. Système de production.....	9
Chapitre III: Méthodologie	10
III.1.1. Matériel végétal.....	10
III.1.2. <i>Fertilisants minéraux</i>	10
III.1.3. <i>Types de sols utilisés</i>	10
III.2. Méthodes	11
III.2.1. <i>Les enquêtes</i>	11
III.2.1.1. Objectifs des enquêtes.....	11
III.2.1.2. Principe de l'évaluation des formules de fumures	11
III.2.1.3. Déroulement des enquêtes.....	12
III.2.2. <i>Tests agronomiques</i>	13
III.2.2.1. Dispositif expérimental	13
III.2.2.2. Méthodologie et conduite des essais	14
III.2.3. <i>Approche approximative de la rentabilité économique</i>	15
III.2.4. <i>Analyses chimiques de sol</i>	16
III.2.4.1. Mesure du pH.....	16
III.2.4.2. Dosage du carbone	16
III.2.4.3. Dosage de l'azote total, du phosphore total et du potassium total	17
III.2.4.4. Analyses statistiques des données	17
Chapitre IV: Investigations sur la matière organique et le phosphate naturel (BP)	18
IV.1. Utilisation de phosphate naturel (BP)	18
IV.1.1. <i>La pratique de la fertilisation phosphatée à base de BP</i>	18

IV.1.2. Contraintes liées à l'usage du phosphate naturel.....	18
IV.1.3. Perception paysanne de la fertilisation phosphatée à base de BP.....	19
IV.1.4. Discussion.....	19
IV.1.5. Conclusion.....	20
IV.2. La production de la matière organique	20
IV.2.1. Potentiels de production de la matière organique	20
IV.2.2. Mode de gestion des résidus culturaux	22
IV.2.3. Connaissance paysanne en matière de production et d'utilisation des fumures organiques.....	23
IV.2.4. Discussion.....	23
IV.2.5. Conclusion.....	24
Chapitre V : Evaluation de la performance agro-pédologique des formules de fumures....	25
V.1. Effets agronomiques des formules de fumures sur la production des cultures.	25
V.1.1. Résultats.....	25
V.1.1.1. Effets des formules de fumures sur la production des céréales.....	25
V.1.1.2. Effets des formules de fumures sur la production des protéagineuses.....	29
V.1.1.3. Conclusion:.....	31
V.1.2. Discussions	32
V.1.3. Conclusion :	35
V.2. Effets des formules de fumures sur les caractéristiques chimiques des sols.....	37
V.2.1. Résultats.....	37
V.2.1.1. Effets des formules de fumures sur le pH/acidité.....	37
V.2.1.2. Effets des formules de fumures sur la matière organique et l'azote	37
V.2.1.3. Effets des formules de fumures sur le phosphore total (Pt)	37
V.2.1.4. Effets des formules de fumures sur le potassium total (Kt).....	38
V.2.1.5. Conclusion.....	38
V.2.2. Discussion.....	38
V.2.3. Conclusion.....	39
V.3. Perceptions des formules de fumures expérimentées.....	42
V.3.1. Résultats.....	42
V.3.1.1. Perceptions des producteurs des formules de fumures sur la culture du sorgho.	42
V.3.1.2. Perceptions des producteurs des formules de fumures sur la culture du mil.	43
V.3.1.3. Perceptions des producteurs des formules de fumures sur la culture du maïs ...	44
V.3.1.4. Perceptions des producteurs des formules de fumures sur la culture du niébé. ...	45
V.3.1.5. Perceptions des producteurs des systèmes de cultures sur les deux légumineuses.	46
V.3.1.6. Conclusion.....	47
V.3.2. Discussion.....	47
V.3.3. Conclusion.....	49
V.4. Evaluation agro-économique.....	50
V.4.1. Résultats.....	50
V.4.1.1. Evaluation de la performance des formules de fumures et de la productivité de la main d'œuvre sur le sorgho.	50
V.4.1.2. Evaluation de la performance des formules de fumures et de la productivité de la main d'œuvre sur le niébé.	51
V.4.1.3. Evaluation parcellaire de la performance des formules de fumures	51
V.4.1.4. Conclusion.....	52
V.4.2. Discussion.....	52

<i>V.4.3. Conclusion</i>	53
Conclusion générale	54
Références bibliographiques	57
ANNEXES	I

Avant propos

Ce mémoire est l'aboutissement de dix mois de recherche dans le domaine du phosphore et spécifiquement, des formules de fumures organo-phosphatées dans une perspective d'intensification durable des sols.

Il a fallu la disponibilité et la patience de :

- Pr. SOME Antoine, et Dr. BACYE Bernard, nos directeurs de mémoire pour leur esprit critique qui a jalonné les grandes parties de ce mémoire. Ils ont consacré leur temps pour ce travail malgré leurs multiples occupations ;
- tout le corps enseignant de l'IDR pour nous avoir assuré une formation de qualité,
- Pr. SEDOGO P Michel, chercheur à l'INERA/Kamboinsé, notre maître de stage pour l'encadrement qu'il nous a assuré et aussi pour son soutien matériel et financier ;
- Dr. BONZI Moussa, chercheur à l'INERA/Saria, notre co-maître de stage, pour nous avoir assuré un encadrement scientifique efficace. Il a su par ses qualités humaines et son amour pour le travail, nous guider vers la recherche agronomique;

Nous adressons nos sincères remerciements:

- à Dr. OUEDRAOGO Souleymane, chercheur à l'INERA/Kamboinsé pour nous avoir accepté dans ce Département;
- Aux Drs: LOMPO François, SEGDA Zacharie, SAVADOGO W. Paul, ZOUGMORE Robert, et GNANKAMBARY Zakaria, pour leurs conseils et suggestions;
- Aux Mrs: OUANDAOGO Noufou, ZOUGRANA Appolinaire, RAMDE Martin, KABORE Jean-Paul, MOYENGA Momini, OUEDRAOGO Alain, Mme OUEDRAOGO Antoinette et, DOUMBA Gérard qui nous ont assisté pendant les différentes manipulations au laboratoire et YONLI Eugène avec qui nous avons fait le terrain ;
- Aux camarades stagiaires de Kamboinsé (YOUGBARE Hadaogo, et SOMA Dohan Mariam) pour la bonne collaboration ; et SEMPORE Aristide notre collègue stagiaire pour son rôle de pont avec notre directeur de mémoire ;
- A madame TRAORE née Minoungou Assétou, pour son sens élevé des relations humaines et son hospitalité durant notre formation à Bobo ;

- A tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à notre formation et dont les noms ne figurent pas dans ce document, qu'ils sachent qu'ils occupent une place importante dans ce mémoire et dans notre mémoire.

Liste des abréviations

BUNASOLS	: Bureau National des Sols
GRN/SP	: Gestion des Ressources Naturelles/Système de Production
IDR	: Institut du Développement Rural
INERA	: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
BP	: Burkina phosphate (phosphates naturels de Kotchari)
UPB	: Université Polytechnique de Bobo Dioulasso
PICOFA	: Programme d'Investissement Communautaire en Fertilité Agricole
MO	Matière Organique

Liste des tableaux

TABLEAU I : DOSE DES FERTILISANTS PAR SITES ET PAR CULTURES.....	10
TABLEAU II : TRAITEMENTS TESTES SUR LES TROIS SITES.....	14
TABLEAU III : PROPORTIONS D'UTILISATION DES PHOSPHATES NATURELS SUR LES SITES	18
TABLEAU IV: PRODUCTIONS POTENTIELLES EN RESIDUS DE CULTURES ET EN FECES ET BESOINS EN FERTILISANTS ORGANIQUES DE LA CAMPAGNE 2007-2008.....	21
TABLEAU V: EFFET DES FORMULES DE FUMURES SUR LES PARAMETRES DE RENDEMENT DU SORGHO.....	25
TABLEAU VI: EFFET DES FORMULES DE FUMURES SUR LES PARAMETRES DE RENDEMENT DU MIL.....	27
TABLEAU VII: EFFET DES FORMULES DE FUMURES SUR LES PARAMETRES DE RENDEMENT DU MAÏS	28
TABLEAU VIII : EFFET DES FORMULES DE FUMURES SUR LES PARAMETRES DE RENDEMENT DU NIEBE	29
TABLEAU IX : EFFET DES FORMULES DE FUMURES SUR LES COMPOSANTES DE RENDEMENT DU NIEBE.....	30
TABLEAU X: EFFET DES FORMULES DE FUMURES SUR LE RENDEMENT COQUE DE L'ARACHIDE	30
TABLEAU XI : EFFET DES FORMULES DE FUMURES SUR LES CARACTERISTIQUES DE SOL DE FANTOU.....	40
TABLEAU XII : EFFET DES FORMULES DE FUMURES SUR LES CARACTERISTIQUES DE SOL DE KOTCHARI	40
TABLEAU XIII : EFFET DES FORMULES DE FUMURES SUR LES CARACTERISTIQUES DE SOL DE PENTINGA	41
TABLEAU XIV : PERFORMANCE PARCELLAIRES DES FORMULES DE FUMURES.....	51

Liste des figures

FIGURE 1: VARIATIONS INTRA-ANNUELLES DES PRECIPITATIONS DE LA PROVINCE DE LA TAPOA EN FONCTION DE NOMBRE DE JOURS (SOURCE DPAHRH/TAPOA, 2007).....	7
FIGURE 2: VARIATIONS INTERANNUELLES DE LA PLUVIOMETRIE DES DIX DERNIERES ANNEES DE LA PROVINCE DE LA TAPOA (SOURCE DPAHRH/TAPOA, 2007).	7
FIGURE 3 : MODE D'UTILISATION DES RESIDUS DE CULTURES SUR LES TROIS SITES	22
FIGURE4: PROBABILITES CUMULEES D'ACCEPTATIONS DES OPTIONS DE FORMULES DE FUMURES SUR LE SORGHO.....	42
FIGURE 5 : PROBABILITES CUMULEES D'ACCEPTATIONS DES OPTIONS DE FORMULES DE FORMULES POUR LE MIL	43
FIGURE 6 : PROBABILITES CUMULEES D'ACCEPTATIONS DES OPTIONS DE FORMULES DE FUMURES POUR LE MAÏS.....	44
FIGURE 7: PROBABILITES CUMULEES D'ACCEPTATIONS DES OPTIONS DE FUMURES SUR LE NIEBE.....	45
FIGURE 8: PROBABILITES CUMULEES D'ACCEPTATIONS DES OPTIONS DE FORMULES DE FUMURES SUR LEGUMINEUSES AVEC LES SYSTEMES DE CULTURES	46

Résumé

Les systèmes agricoles du Burkina Faso sont consommateurs d'espace et sont caractérisés par leur faible productivité. En effet dans le passé, un système de culture itinérante avec jachère était pratiqué par les agriculteurs. Avec la pression démographique et au phénomène migratoire, ce système traditionnel de régénération et de gestion de la fertilité des sols a quasiment disparu. Le constat clé dans la région de l'Est est le risque d'une dégradation de plus en plus croissante des sols et la baisse de leur fertilité (agriculture minière et itinérante). La problématique majeure se pose dans cette zone, en terme de gestion durable et productive des ressources naturelles et, de gestion de la fertilité des sols basée sur la valorisation des ressources locales (substrats organiques et phosphates naturels). La recherche de formules de fumures adaptées aux principales cultures de l'Est constitue l'objet de notre étude. Plus spécifiquement, l'étude cherche à évaluer l'impact agro-pédologique des formules de fumures organo-phosphatées sur trois sites de la Tapoa (Fantou, Kotchari, Peninga). Des dispositifs en milieu réel ont permis d'établir l'intérêt de ces combinaisons de fumures. L'étude a porté sur trente (30) champs en sols ferrugineux tropicaux lessivés et à texture sablo-argileux (Fantou, Kotchari) à argileux (Peninga). Deux approches ont été adoptées : les enquêtes et les tests agronomiques par site. Cinq cultures ont été utilisées pour ces tests : l'arachide, le maïs, le mil, le niébé et le sorgho. Les investigations sur les substrats organiques et le BP montrent que les producteurs sont capables de produire une fumure organique de qualité moyennant une réorganisation de leur mode de gestion des résidus cultureux dans l'exploitation et si la vulgarisation des phosphates naturels est effective (excédants des résidus cultureux : 65% à Peninga, 74% à Kotchari, 75% à Fantou et 84% dans le cas de la Tapoa). L'importance agro-pédologique de la fumure organo-minérale (5t/ha fo +50Kg/ha Urée sur sorgho ; 5t/ha fo+100kg/ha NPK sur niébé) est ressortie dans cette étude de même que celle des cultures de rentes (légumineuses) pour rentabiliser l'investissement du producteur. La pertinence des formules de fumures organo-phosphatées (5t/ha fo+200Kg/ha BP+ 50Kg/ha Urée et 5t/ha fo+200Kg/ha BP+ 50Kg/ha Urée+150Kg/ha NPK sur sorgho et mil et ; 6t/ha fo200Kg/ha BP+ 100Kg/ha Urée et 6t/ha fo+200Kg/ha BP+ 100Kg/ha Urée+150Kg/ha NPK sur maïs) à accroître les rendements et à améliorer la minéralisation et/ou la solubilisation voire la disponibilité de certains éléments chimiques (N, P, K) est démontrée à travers ces tests.

La combinaison (BP+NPK) améliore l'efficacité agronomique du BP et peut faire l'objet d'une transformation industrielle. Ce thème devrait faire l'objet d'une attention particulière de la part des structures de développement agricole pour mieux valoriser les ressources locales (agro-

minéraux et les substrats organiques) dans une perspective de gestion intégrée et durable des ressources des sols.

Mots clés: Formules de fumures, organo-phosphatées, agro-pédologiques, Tapoa.

Introduction

Le Burkina Faso, à l'instar de la plupart des pays du sahel est confronté depuis de nombreuses années à un problème de sécurité alimentaire. Ce problème est lié aux effets de la pression démographique, et aux multiples phases de sécheresse (mauvaise pluviométrie), mais aussi à la dégradation des principales ressources naturelles, en particulier des sols (Sedogo, 1993; Bado *et al.* 1997a et 2000). En effet, face à des impératifs de développement liés à la nécessité d'accroître la production agricole, les sols accusent une baisse du niveau de leur fertilité en raison de leur dégradation rapide après leur mise en culture et, la pratique des méthodes culturales actuelles (Pichot *et al.*, 1981, Bacyé, 1993; Sedogo, 1993; Kambiré, 1994).

De même de nombreux sujets de recherche ont mis en relief le faible potentiel de production de ces sols dû essentiellement à leurs propriétés physico-chimiques et biologiques défavorables: une faible richesse minérale, une carence quasi généralisée en phosphore (P), de faibles teneurs en matière organique.

En considérant ce fait, le maintien ou l'accroissement de la production agricole implique donc une gestion rationnelle de la fertilité des sols. Cette gestion de la fertilité était jadis possible par la jachère ; aujourd'hui, on assiste de plus en plus à une rupture de l'équilibre écologique à cause des changements des systèmes de productions et la disparition de la jachère, même de courte durée.

Dans ces conditions, la fertilisation (minérale et organique) des sols devient un facteur important de production. Cependant, les travaux de Hien (1990) ont révélé une exportation des résidus culturaux se traduisant par un appauvrissement du statut organique et azoté du sol. A cela s'ajoute des contraintes majeures notamment le coût de plus en plus élevé des engrais depuis la dévaluation du franc CFA en 1994 et la suppression de la subvention des intrants en 1988 qui limitent leur utilisation (N'Diaye *et al.*, 1999). En outre, l'usage inapproprié des engrais peut entraîner à long terme une acidification et une baisse des teneurs en carbone et en azote des sols (SEDOGO, 1981).

Au regard des coûts élevés des engrais minéraux et considérant que leur utilisation exclusive a des conséquences sur les cultures et les sols, l'utilisation des matières organiques associées aux engrais minéraux s'avère nécessaire (Kabrah *et al.*, 1996; Sedogo *et al.*, 1997). En effet, la fumure organique est un facteur important de transfert de la fertilité et, l'efficacité des engrais minéraux est liée à la quantité de matières organiques présente dans le sol (Sedogo *et al.*, 1997). Ainsi, l'association convenable des engrais minéraux et organiques peut être une

solution idoine de réduction des quantités d'engrais minéraux et de ce fait minimiser le coût d'investissement en fertilisation. Il se pose alors chaque jour un problème de maintien et d'amélioration de la capacité de production des sols. Le constat clé dans le cas particulier de la région de l'Est est le risque d'une dégradation de plus en plus croissante des sols conduisant à la baisse de leur fertilité. La problématique majeure se pose dans cette zone, en terme de gestion durable et productive des ressources naturelles en général, et surtout de la fertilité des sols. L'objectif de notre investigation dans ce contexte est d'expérimenter et de proposer aux producteurs et aux structures de développement de l'Est, des solutions palliatives pour la gestion durable des sols et l'accroissement de la productivité de ces sols. Notre travail est conduit dans trois villages de la province de la Tapoa: Fantou, Peninga et Kotchari. Il porte globalement sur la mise au point d'une recommandation technique de fertilisation permettant une efficacité des fumures pour les principales cultures de l'Est (sorgho, mil, maïs, arachide et niébé). De façon spécifique, l'étude s'intéresse à:

- 1 l'évaluation de l'impact agronomique des formules de fumures à base de fumier et de BP sur les rendements des principales cultures sus-cités;
- 2 l'évaluation de l'impact pédologique (caractéristiques chimiques) des formules de fumure à base de fumier et de BP sur la recapitalisation du P des sols (P capital et du P agricole) ;
- 3 l'appréciation de la capacité des producteurs à produire la fumure organique de qualité ;
- 4 l'évaluation participative des différentes formules utilisées afin d'appuyer les recommandations techniques.

Elle s'est fondée sur les hypothèses suivantes: (1) les formules de fumures à base de fumier et BP ont un impact agronomique (2) les formules de fumures à base de fumier et de BP ont un impact pédologique en terme de recapitalisation du P du sol et , est une alternative moins onéreuse aux engrais minéraux du BP; (3) les producteurs peuvent adopter la combinaison BP+fumier pour une meilleure productivité des terres ; (4) les producteurs sont capables avec leurs propres critères socio-économiques de faire un choix des meilleures formules de fumures de fertilisation selon le type de culture.

Cinq chapitres composent ce mémoire: le premier est consacré à la synthèse bibliographique; le second chapitre situe le cadre de l'étude; le troisième aborde la méthodologie de l'étude, et les deux derniers traitent des résultats et discussions.

Chapitre I : Synthèse bibliographique : Fertilisation organique, minérale, phosphatée au Burkina Faso.

I.1. Fumure organique

Les matières organiques utilisées dans la fertilisation des sols sont de nature et de forme variées (Diallo, 2002). Elles sont composées du compost, de fumier, de résidus de cultures, de déchets et d'engrais vert etc. Suivant leur stade d'évolution, on distingue: les matières organiques libres fraîches, les produits transitoires et l'humus (Delville, 1996; Pousset, 2000). Les matières organiques améliorent le milieu racinaire (physique et chimique), influencent la nutrition des plantes en leur offrant la possibilité de mieux profiter à la fois de la fertilité naturelle du sol et des apports d'engrais. Les matières organiques contribuent aussi à l'amélioration des propriétés biologiques, physiques, chimiques et hydriques du sol. Elles se caractérisent par leur rapport C/N qui traduit le degré de richesse ou de disponibilité azotée et la teneur en lignine (Bado, 1994; Falisse *et al.*, 1994; Pousset, 2000). En outre au niveau des végétaux, l'humus ou plus largement la matière organique du sol favorise la croissance et la résistance des plantes par une bonne alimentation en éléments majeurs (N, P, K) et par une disponibilité suffisante en éléments secondaires et oligo-éléments ainsi qu'en divers activateurs (Soltner, 2003). Tout comme les engrais minéraux, les matières organiques fournissent beaucoup d'éléments nutritifs à la plante (Pieri, 1989; FAO, 1997). Les matières organiques en particulier l'humus augmentent la capacité du sol à fixer les éléments minéraux, ils améliorent la capacité de rétention de l'eau (hydrophile) et accroissent la capacité d'échange cationique.

Des expérimentations de longue durée ont montré que des apports de fumier bien décomposé (C/N voisin de 10) permettent d'éviter, ou au moins de limiter l'acidification des sols, d'augmenter le niveau de rendements et de retrouver l'efficacité des engrais (Delville, 1996; Pousset, 2000). De même des études portant sur des doses de matières organiques montrent que des doses de 7,3t ha⁻¹ et fortes à 12,5t ha⁻¹ peuvent être appliquées en apport unique tous les quatre (4) ans (Hien, 1990). La disponibilité et la restitution des matières organiques constituent un problème chez la majorité des producteurs (Sedogo, 1983; Ouattara, 1991; Lompo *et al.*, 1993). En conclusion, les matières organiques sont la base de la fertilité, de la conservation des sols et de la qualité des productions végétales.

I.2. La fumure minérale

Au Burkina Faso, de nombreuses études ont été menées depuis l'introduction des engrais chimiques, dans le but d'adapter l'utilisation des engrais aux exigences des cultures en éléments nutritifs au regard de la valeur nutritive des sols. Les travaux de Pichot *et al.*(1981) ; Bado *et al.*(1991) sur l'efficacité des engrais minéraux ont montré que l'azote et le phosphore sont les deux premiers facteurs limitants les rendements, mais pour une courte période de trois(3) ans maximum. En effet, l'engrais minéral est indisponible mais n'est pas recommandé pour une production à long terme. Il peut à long terme entraîner une acidification des sols d'où des risques de toxicité aluminique (Sedogo, 1993; Bado *et al.*, 1994; Soltner, 2003). Un chaulage ou un complément de fumure organique corrige la baisse du pH, du carbone et de la CEC du sol (Sedogo, 1981 et 1993; Bado, 1994). Il atténue les effets acidifiants de l'engrais. La vulgarisation propose pour le sorgho et le mil de 37 Kg N/ha à 60 Kg N/ha en fonction du niveau d'intensification. Pour le maïs elles vont de 60 Kg à 120 Kg N/ha (Sedogo *et al.*, 1991).

I. 3. Fumure organo-minérale.

La nécessité d'utiliser à la fois les fertilisants organiques et minéraux pour assurer la durabilité de la fertilité des sols et de la production agricole a été reconnue. Cela est dû à des interactions positives et complémentaires entre ces deux types de fertilisants (Vanlauwe *et al.*, 2001). L'une des bases de cette complémentarité est que les fertilisants organiques améliorent les teneurs du sol en matières organiques et des aspects associés à la fertilité des sols, tandis que les fertilisants minéraux fournissent les nutriments limitants. Sedogo (1981) résume: «le maintien ou l'augmentation des rendements à un niveau élevé et à moindre coût dans une agriculture intensive, passe par l'adjonction de la fumure organique à la fumure minérale». Ce mélange permet d'améliorer en effet les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol. Ainsi, la fumure organo-minérale pourra augmenter les rendements (Bado *et al.*, 1991) et par conséquent réduire le coût de la fertilisation. Les fumures organo-minérales permettent l'obtention du meilleur bilan azoté, un bilan positif en calcium et une stabilité ou une augmentation du taux de matière organique et de la CEC (Kambiré, 1994). La fumure organo-minérale est celle qui donne un bilan positif, avec un excédant d'azote de 5,76 kg/ha/an restant théoriquement dans le sol (Sedogo, 1993). Selon le même auteur l'apport du fumier permet de compenser le déséquilibre constaté avec l'engrais. En effet, Bado *et al.* (1991) étudiant les effets des fumures à long terme sur le sol et les rendements du maïs ont montré qu'après neuf années d'utilisation de l'engrais minéral seul la teneur en carbone organique a baissé de 50%. Par contre, l'engrais minéral

combiné avec le fumier n'entraîne qu'une perte de 25% du stock organique du sol. L'apport de fumier à doses moyennes (7,3 t/ha) et fortes (12,8t) en apport unique pour quatre(4) ans limite les baisses du niveau de carbone, atténue l'acidité et diminue les teneurs en aluminium échangeable (INERA/GRN/SP,1999). Ces doses augmentent les teneurs en azote total hydrolysable du sol notamment la fraction non distillable d'origine microbienne (GRN/SP, 1999).

I.4. Impact du phosphate naturel du Burkina Faso (BP)

La récapitulation du P des sols peut se faire au moyen de l'application de d'importe quel type d'engrais phosphatés (TSP, SSP, PN, autres etc.) Toutefois les Phosphates naturels ont des avantages bien spécifiques. En effet le phosphate de fond s'est montré efficace sur la productivité d'un sol ferrallitique et a augmenté les rendements durant huit (8) années de culture de maïs quelle que soit la formule fumure annuelle utilisée. Pour l'usage d'une fertilisation minérale annuelle, le Kg de phosphore (P) investi dans le phosphatage de fond sous forme de BP rapporte en moyenne 6 Kg ha⁻¹ de maïs grain chaque année pendant huit (8) ans (Lompo *et al.*,1994). Le phosphate naturel améliore les propriétés chimiques du sol, augmente le P disponible et le Calcium échangeable du sol. Il diminue par contre l'aluminium échangeable du sol en augmentant le pH du sol (Bado *et al.*, 1997). Le phosphatage de fond améliore l'efficacité de la fumure minérale. En effet les rendements sont significativement élevés avec la fumure minérale associée au phosphatage qu'avec la fumure minérale seule. Il est nécessaire pour corriger la carence en P et relever le niveau de productivité des sols (Mokwunge, 1996). Le faible niveau de P et l'acidité du sol et son caractère acide expliquent probablement l'efficacité du phosphatage naturel sur les rendements (Sedogo *et al.*, 1986). Pour Sedogo *et al.*(1991)), la dose optimale du phosphore pour le sorgho et le mil est d'environ 13,2 Kg P/ha.. Pour le maïs la dose optimale se situe à 26,4 Kg P, pour les variétés à haut potentiel de rendements.

Chapitre II: Sites d'étude

II.1. La situation géographique et climatique

La province de la Tapoa, d'une superficie de 14594 Km², soit 32% de la superficie totale de l'est et 5,4% de celle du Burkina Faso, est la plus vaste Province de la région de l'est. Elle s'étend entre 11°22' et 12°50' de latitude nord et 1°10' et 2°25' de longitude Ouest. La Province est limitée au nord et à l'est par la république du Niger, au sud par le Bénin, à l'ouest par les provinces du Gourma, de la Kompienga et de la Komondjari. Diapaga le chef lieu est situé à 216 Km de Fada. Le village de Kotchari est quant à lui localisé par les coordonnées 11°50'22'' de latitude Nord, et 1°54'59'' de longitude Est. Il est situé à 18 km environ de son chef lieu de département, Tansarga, dans la province de la Tapoa (INERA, 2006). Pentinga fait partie intégrante de la commune rurale de Tambaga (partie sud de la dite province) qui est 34 Km de Diapaga. Fantou quant à lui est situé à 20 km de Botou, chef du département dans la Province de la Tapoa (Voir annexe 9).

Dans la classification phytogéographique réalisée par Fontès J. et Guinko S. (1995), la zone Est du Burkina appartient au climat de type nord-soudanienne. Située dans la zone agro-climatique sud-soudanienne (>900mm), les pluviométries moyennes atteignent 880 mm en une cinquantaine de jours/an. Les variations interannuelles et intra-annuelles des pluies sont consignées dans les figures 1 et 2, respectivement. Deux saisons rythment cette zone dont, la plus longue est la saison sèche d'octobre à mai et la plus courte, la saison pluvieuse qui s'étend de Juin à Septembre. La campagne agricole 2007-2008 a été marquée par des phases d'inondations alternées à des poches de sécheresse et surtout par l'arrêt brutal des pluies. Les températures varient de 16° à 40°C avec les minima oscillant entre 16° et 26°C et les maxima de 32° à 40°C. L'insolation moyenne est de 7 à 8,2 h/jour qui influence l'évaporation voire l'humidité de l'air.

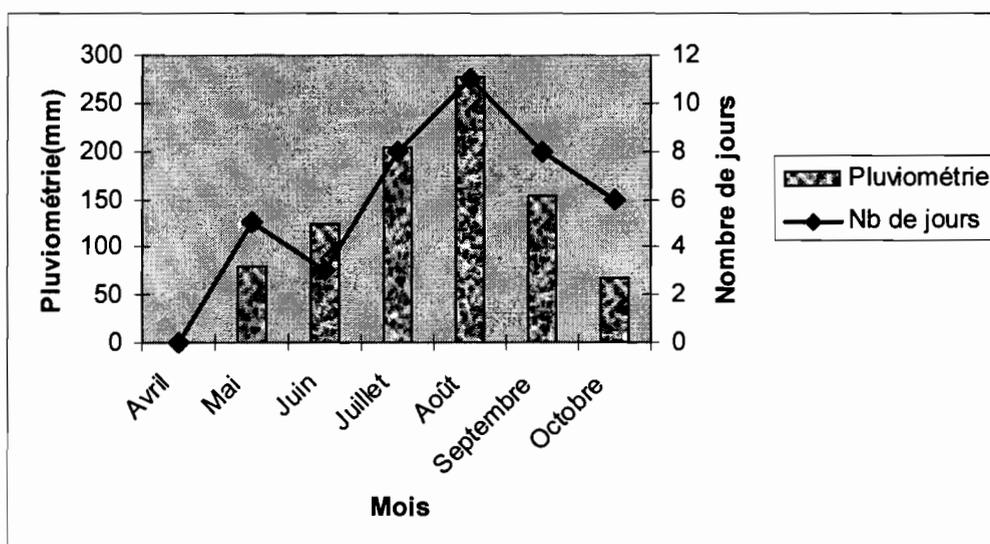


Figure 1: Variations intra-annuelles des précipitations de la province de la Tapoa en fonction de nombre de jours (Source DPAHRH/Tapoa, 2007).

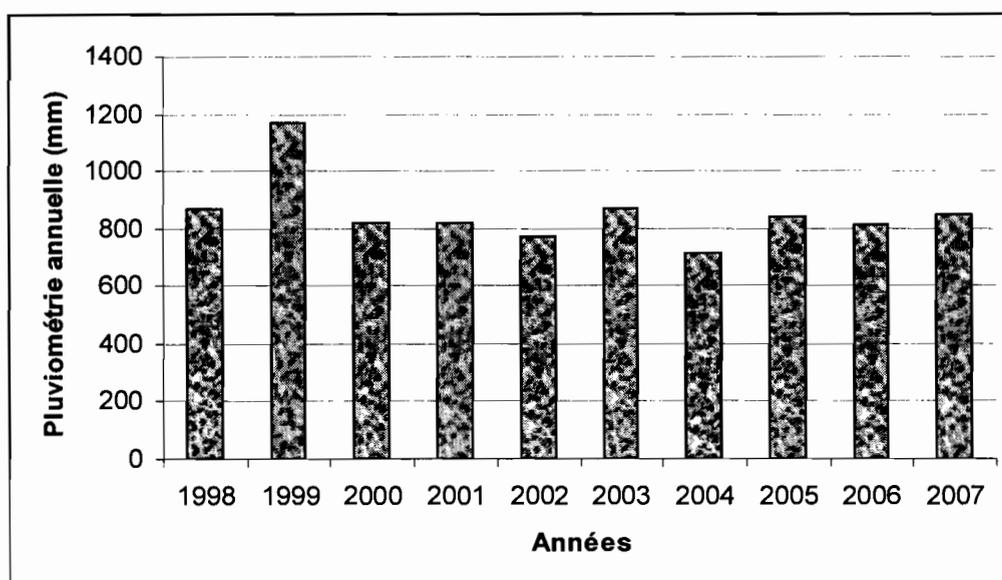


Figure 2: Variations interannuelles de la pluviométrie des dix dernières années de la province de la Tapoa (Source DPAHRH/Tapoa, 2007).

II.2. Situation agro-pédologique

II.2.1. Le relief

La Tapoa fait partie de l'immense pénéplaine dont les roches datent du précambrien. Le relief est faiblement ondulé (sauf sa partie sud) et dominé par des glacis, des buttes cuirassées, des collines de grès. Gobnangou, le prolongement de l'Atakora culmine, à 351m, constitue une frontière naturelle entre Burkina Faso et le Bénin, et traverse le département de Tambaga et de Logobou.

La province se subdivise en deux zones caractéristiques:

- La moitié sud présente de nombreuses collines gréseuses, de buttes et des falaises (Gobnangou);
- La moitié nord est quasiment plane avec seulement quelques buttes cuirassées très isolées.

II.2.2. Les sols

La province de la Tapoa se caractérise par une juxtaposition de roches sédimentaires et de roches cristallines, ce qui confère à la Tapoa plusieurs types de sols. On rencontre ainsi :

- Des sols peu évolués, des sols minéraux bruts, des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse formés sur les roches cristallines de l'antébirrimien.
- Les sols brunifiés sur les méats volcanites ayant subi la pédogenèse.
- Les sols hydromorphes sur le continental terminal et les grès.

Suivant leur nature, les sols de la Tapoa peuvent être classés et localisés de la manière suivante :

- Les sols sablo-argileux et argilo-sableux, très étendus aux abords de la Pendjari (de Logobou à Kompongo) et occupent aussi le lit du Diamangou au nord- Est. Ils concernent les sites de Fantou et de Kotchari.
- Les sols argileux occupent les lits du Boukougou et du Doubodo, ainsi que l'axe Partiaga-Tambaga(Pentinga). Ce sont les types de sols que ceux de Pentinga.

Mis à part les sols ferrugineux et à minéraux bruts tous les sols présentent des aptitudes plus ou moins favorables aux cultures pluviales.

II.2.3. Végétation

Les trois sites d'études comme leur province d'origine appartiennent au domaine phytogéographique nord-soudanien qui se subdivise en secteurs septentrional et soudanien

méridional.

Dans l'ensemble, la végétation est formée par une savane arborée qui se dégrade par endroit en savane arbustive et même en savane herbeuse. Le long des cours d'eau s'étirent des forêts de galeries (le long de Pendjari). On peut distinguer (i) la savane arbustive à *Pterocarpus erinaceus*, *Combretum nigricans*, *Combretum glutinosum*, *Combretum Micrantum*, *Piliostigma reticulatum*, *Diospyros mespiliformis*, (ii) la savane arborée à *Anogeissus leiocarpus*, *Vitellaria paradoxa*, *Khaya senegalensis*, *Sterculia setigera* et *Pterocarpus erinaceus*, (iii) les formations ripicoles à *Anogeissus leiocarpus*, *Piliostigma reticulatum* et *Combretum sp.*, et (iv) les fourrés à *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum* et *Combretum sp.* Cette végétation variée confère à la province de vastes aires fauniques composées de réserves (totales et partielles) et de parcs, potentielles génératrices de revenus pour les populations.

II.3. Système de production

La province de la Tapoa dispose d'importantes ressources naturelles notamment en terres cultivables, en formations végétales et en zone de pâturages (partie sud). Ces ressources sont encore à ce jour bien préservées du fait d'une densité faible de la population estimée à trois (3) habitants/km².

Les systèmes de productions sur les trois sites peuvent être qualifiés d'agro-pastoraux. Hommes, femmes et jeunes, autochtones émigrés (peuls) pratiquent l'agriculture et l'élevage (INERA, 2006). Le système de culture est extensif à itinérante et repose sur la culture des céréales (sorgho, mil) et à visées commerciales (arachides, niébé, manioc, sésame, coton). Il est à prédominance vivrier avec le sorgho en première place. La superficie moyenne totale cultivée par unité de production familiale varie assez peu (environ 4 ha) par ménage constitué de sept (7) personnes en moyenne (INERA, 2006). L'exploitation familiale est constituée de: parcelles collectives (destinés à la famille) et individuelles qui se répartissent en "champ de case" (0,1-2 ha) en "champ de villages" (individuels) et en champs de brousse (superficie de 3 ha).

La fertilité des terres et une pluviométrie favorable permettent à la province d'être régulièrement autosuffisante (INERA, 2006) avec une production céréalière excédentaire à 6-7 années sur 10 ans. En terme de stratégie de gestion de sols, la pratique de la fertilisation minérale est embryonnaire et connaît son début avec la culture du coton. De même concernant l'occupation des terres, les différentes spéculations sont cultivées en fonction de la toposéquence.

Chapitre III: Méthodologie

III.1. Matériel

III.1.1. Matériel végétal

Les cultures utilisées sont: le mil (IKMV8201) et l'arachide (Te3) à Fantou; le sorgho (Kapelga) et le niébé (KVX61-1) à Pentinga; le maïs (espoir) et le niébé (KVX61-1) à Kotchari.

Les semences sont fournies aux producteurs expérimentateurs par l'INERA pour des raisons de maîtrise de leur qualité.

III.1.2. Fertilisants minéraux et organiques

Les engrais minéraux utilisés sont:

- 1) le NPK: 14-23-14-6S-1B
- 2) le BP: 25,3% P₂O₅
- 3) l'urée 46%N

Tableau I: Dose des fertilisants par sites et par cultures

Villages	Cultures	fo (t/ha)	BP (Kg/ha)	NPK (Kg/ha)	Urée (Kg/ha)
Kotchari	Maïs	6	200	150	100
	Niébé	5	200	100	50
Pentinga	Sorgho	5	200	100	50
	Niébé	0	150	50	0
Fantou	Mil	5	200	100	50
	Arachide	0	150	50	0

Les fertilisants organiques sont constitués de fumier ou de compost.

III.1.3. Types de sols utilisés

L'étude a été conduite sur deux types de sols ferrugineux:

- les sols sablo-argileux et argilo-sableux (Fantou, Kotchari)
- les sols argileux (Pentinga)

III.2. Méthodes

Notre étude s'est basée sur deux approches pour atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés et pour vérifier nos hypothèses. Elle a consisté en une évaluation participative à travers des enquêtes et en des tests agronomiques.

III.2.1. Les enquêtes

Les enquêtes ont porté sur:

- 1 l'utilisation du BP en milieu paysan et les contraintes majeures à son utilisation;
- 2 les connaissances paysannes en matière de production et d'utilisation des fumures organiques.
- 3 la perception et le choix par les paysans des options de formules de fumures.

III.2.1.1. Objectifs des enquêtes

Elles ont visé deux objectifs spécifiques:

- évaluer la capacité des producteurs à produire la fumure organique de qualité.
- identifier de façon participative par les paysans les différentes formules testées afin d'appuyer les recommandations techniques.

III.2.1.2. Principe de l'évaluation participative des formules de fumures

Pour mieux cerner les objectifs de l'étude, deux fiches de collecte de données ont été utilisées: l'une a porté sur la problématique du Burkina phosphate et de la matière organique et l'autre fiche, sur l'évaluation participative des formules de fumures en test. Cette dernière a utilisé la méthode de la notation matricielle élaborée par Lompo (2004) et a consisté à une discussion avec le producteur sur les formules de fumures qu'il a pratiqué. Elle exige l'habileté de l'enquêteur d'une façon générale dans la formulation de ses questions.

La méthode de la notation matricielle est indiquée pour les producteurs individuels et lorsqu'on a pas plus de six (6) formules de fumures à évaluer. Il s'agit pour le producteur ou le groupe de producteurs de donner des notes aux différents attributs ou caractéristiques des formules de fumures (les rendements grains ont été pris en compte dans notre étude). Les attributs ou caractéristiques doivent être choisis par le ou les producteurs.

Ces cotations ou notes permettent ensuite de calculer la probabilité d'acceptation d'une ou de plusieurs formules de fumures par les producteurs expérimentateurs. Ce qui traduit la

performance et la préférence portées sur les formules de fumures en test. Elle passe par trois étapes :

- ⇒ le classement empirique des formules de fumures selon la préférence des producteurs (1= formule de fumure la plus préférée à 5= formule de fumure la moins préférée). A partir de la liste des cotations recueillies auprès des producteurs expérimentateurs, nous avons dressé un tableau de classement empirique des formules de fumures.
- ⇒ la distribution des fréquences d'acceptation des options technologiques. A l'issue des résultats du classement empirique, un tableau de fréquence du nombre de fois qu'une formule de fumure est classée dans un rang donné a été établi;

la distribution des probabilités cumulées d'acceptation des options technologiques ; du précédent tableau, nous avons calculée à partir de la formule ci-dessous la probabilité d'une formule de fumure d'être classée dans un certain rang. Nous avons par la suite calculée la probabilité cumulée d'acceptation d'une fumure donnée. C'est la somme de la probabilité pour ce rang et des probabilités pour tous les rangs (C'est la proportion d'acceptation d'une option technologique par les producteurs).

Probabilité= Fréquence / Nombre total des observations.

Nous avons enfin fait une figure de probabilités d'acceptation cumulées des options de fumures pour chaque culture.

III.2.1.3. Déroulement des enquêtes

L'enquête sur évaluation participative des formules de fumures a été conduite auprès des trente (30) producteurs concernés par les tests PICOFA. Elle a consisté à une présentation et une discussion des objectifs et attentes de l'évaluation, des observations pratiques dans les parcelles concernées par les formules de fumures pratiquées et à une vérification de l'exactitude des informations recueillies par une restitution de l'évaluation au producteur. Au total vingt-six (26) producteurs ont été concernés par l'évaluation participative.

Quant à l'investigation sur la matière organique et le BP, elle a concerné cent cinquante (150) producteurs soit cinquante (50) producteurs par site. Elle a consisté à une simple interview des points du questionnaire.

III.2.2. Tests agronomiques

Les tests agronomiques visent à évaluer :

- l'impact agronomique des formules de fumures à base de fumier et de BP sur les rendements des principales cultures (niébé, arachide, mil, maïs, sorgho) et;
- l'impact pédologique (sur le sol) des formules à base de fumier et de BP sur la recapitalisation du phosphore des sols (P capital et du P agricole).
- la capacité de production des sols par les nouvelles techniques culturales (rotation= culture pure pour cette première année du projet, association/ intercropping).

III.2.2.1 .Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est composé de six (6) parcelles à Pentinga. Quatre parcelles (P2, P3,P4,P6) ont été divisées chacune en parcelles secondaires en rotation (Tableau II). Chaque parcelle secondaire correspond à une formule de fumure à tester et qui est répétée 10 fois à Pentinga. Chaque répétition est abritée par un producteur. Ces formules ont été appliquées sur sorgho et niébé.

Le dispositif expérimental à Fantou est le même que celui de Pentinga à la différence des cultures. Les mêmes formules de fumures que celles de Pentinga y sont appliquées. Au total dix producteurs ont été concernées par les testés.

A Kotchari, le dispositif est composé de huit parcelles en perspective de rotation maïs et niébé. Chaque parcelle correspond une formule de fumure et qui est répétée neuf fois sur ce site.

Les traitements sont séparés par des allées de 1 m. Les dimensions des parcelles sont de 15 m × 15m à Pentinga et à Fantou et de 30m×15m à Kotchari.

Tableau II : Traitements testés sur les trois sites

Villages	Nombre de producteurs	Formules de fumures testées	Cultures	Dimensions des parcelles
Kotchari	9	TM1 : NPK+Urée TM2 :fo+Urée TM3:fo+Urée+BP TM4:fo+Urée+BP+NPK	Maïs	30m × 15m=450m ²
		TN1:BP TN2:BP+Urée TN3:BP+NPK TN4 :fo+NPK	Niébé	
Fantou/ Pentinga	10	T1 :mil+fo+Urée T2 :rot mil+NPK/arachide+BP+NPK T3:rot mil+fo+Urée+BP/arachide+BP+NPK T4:rot mil+fo+Urée+BP+NPK/arachide+BP+NPK T5: arachide+BP+NPK T6:association mil-arachide <ul style="list-style-type: none"> • 2 lignes mil:NPK+urée • 2 lignes arachide:NPK+BP 	Mil et Arachide/ Sorgho et niébé	15m × 15m=225m ²

III.2.2.2.Méthodologie et conduite des essais

Toutes les opérations culturales ont été faites par le producteur lui-même sous notre supervision et un technicien dans le souci du respect de l'itinéraire technique.

a) Semis

Toutes les parcelles ont été labourées à plat à la traction bovine. Les cultures ont été semées aux écartements suivant les recommandations techniques de l'INERA:

- le maïs, le sorgho et le niébé ont été semés sur 80 cm × 40cm et

- l'arachide sur 40cm×15cm

b) Apports d'engrais et la matière organique et entretien des parcelles

Les formules de fumure ont été calculées en tenant compte des besoins de chaque culture. L'urée a été apportée en deux fractions dont la première moitié 15 jours après semis (JAS) suivie d'un enfouissement par sarclage manuel. La deuxième moitié a été apportée 45 JAS suivie d'un buttage. Le BP, le NPK et la matière organique sont apportés en même temps que le premier apport de d'urée.

c) Récolte

La récolte s'est faite par parcelle élémentaire. Elle a consisté à récolter séparément les différentes cultures selon leur cycle. Les légumineuses ont été en général les premières à être récoltées suivies des céréales. Les récoltes ont été faites en séparant les gousses des fanes dans le cas des légumineuses, et des épis/panicules de la paille pour les céréales. Les épis et panicules ont été séchés au soleil et, conditionnées dans des sacs pour des pesées à la balance.

La paille et les fanes ont été l'objet de pesées. Le poids grain a été déterminé par pesée directe à l'aide d'une balance.

d) Echantillonnage des sols

Des échantillons composites ont été réalisés à partir de cinq (5) points de prélèvements faits suivant les deux diagonales de chaque parcelle avant semis et à la récolte. Les prélèvements ont concerné l'horizon 0-20 Cm. Au total 142 échantillons de sol ont été retenus, séchés et tamisés à l'aide d'un tamis de 2 mm et 0,5 mm pour les analyses de laboratoire.

III.2.3.Approche approximative de la rentabilité économique

Dans le cadre de cette étude l'évaluation de la performance des formules de fumures est basée sur le ratio (RV/C) de valeur/ coût et sur la productivité de la main d'œuvre. Cela nous permettra à l'issue de cette évaluation, de proposer la (s) formule de fumure (s) optimale (s). Pour Deville (1996) en effet, l'évaluation de l'efficacité d'un processus de production, passe par le calcul de la productivité de la terre (rapport entre la quantité produite et la quantité investie) et celle du travail (rémunération de la main d'œuvre).

La RV/C évalue en effet, la rentabilité économique des formules de fumures à travers les composantes de rendement (paille et grains).

C'est le rapport entre le gain monétaire brut et le coût des engrais utilisés par ces techniques. La formule est la suivante:

$$RV/C = \frac{\text{Valeur de la production}}{\text{Coût de la fertilisation}}$$

Selon Delville (1996) :

Si $RV/C < 1$, la technique n'est pas rentable, au contraire une perte d'argent est enregistrée.

Si $RV/C = 1$, la technique n'est pas rentable mais il n'y a pas de perte. Le gain de rendement permet de couvrir les dépenses effectuées pour l'achat de l'engrais. L'apport de fumure est sans intérêt économique.

Si $RV/C > 1$, la technique est considérée comme rentable. Elle permet de couvrir les dépenses et de dégager un bénéfice.

Le site de Pentinga a été retenu pour cette analyse en raison de la similitude des formules de fumures et surtout de la collecte quasi-exhaustive des paramètres d'analyses.

III.2.4. Analyses chimiques de sol

Les analyses ont porté sur l'azote total, le phosphore total, le potassium total, et le carbone organique et le pH (eau et KCl). Elles ont été réalisées au laboratoire « Sol-Eau-Plante » à Kamboinsé.

III.2.4.1. Mesure du pH

Les pH (eau et KCl) des sols ont été mesurés par la lecture directe sur pH-mètre (Tacussel) à électrode en verre. La solution utilisée pour la lecture se prépare dans le rapport sol/eau ou sol/KCl (1 M) égale 2/5 selon la méthode Afnor (1981).

III.2.4.2. Dosage du carbone

Le dosage du carbone organique s'est fait par la méthode de Walkley et Black (1934). Le principe de cette méthode repose sur la propriété du dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) 1N à oxyder le carbone de la matière organique en milieu acide sulfurique. La quantité de dichromate

réduite est proportionnelle à la teneur en carbone. Le dosage en retour de l'excès de dichromate de potassium se fait en solution 1 N par du sel de Mohr 0,5 N ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{NH})_2$) en présence d'un indicateur coloré à base de phénanthroline. Ce qui permet d'obtenir cette teneur. Le pourcentage de carbone dans le sol a été déterminé par la formule :

$$C\% = ((V_1 - V_2) \times N \times 0,3 \times 1,33) / P$$

V_1 et V_2 désignent les volumes de sel de Mohr utilisés respectivement pour le blanc (sans carbone) et pour l'échantillon ; N = normalité du sel de Mohr et P = prise d'essai

III.2.4.3. Dosage de l'azote total, du phosphore total et du potassium total

Pour déterminer les teneurs en azote (N), P et potassium (K) total, les échantillons de sol ont été d'abord minéralisés à chaud à l'aide d'une mixture H_2SO_4 -Se- H_2O_2 . L'azote total et le P total ont été déterminés à l'aide d'un colorimètre automatique (Skalar SANplus Segmented flow analyzer, Model 4000-02, Holland), tandis que le K total a été déterminé par photométrie de flamme.

III.2.4.4. Analyses statistiques des données

Les logiciels COPLOT-Anova et EXCEL ont été utilisés pour le traitement statistique des données recueillies. La séparation des moyennes a été effectuée par le test de Newman Keuls au seuil de 5 % de probabilité.

Chapitre IV: Investigations sur la matière organique et le phosphate naturel (BP)

IV.1.Utilisation de phosphate naturel (BP)

IV.1.1.La pratique de la fertilisation phosphatée à base de BP

Tableau III : Proportions d'utilisation des phosphates naturels sur les sites

Sites	Projet (%)	Usine (%)	Non usage (%)	Méconnaissance (%)
Pentinga	10,30	2,40	85,71	1,59
Kotchari	5,44	-	94,6	-
Fantou	1,81	-	-	98,2

Au regard du tableau III, à :

- **Pentinga** : Près de 10,30% des producteurs appliquent le BP par le truchement des projets qui développe le volet compostage. 2,40% l'achètent dans le commerce, ou à l'usine. Le reste, soit 87,3% des paysans, n'utilisent pas du BP.
- **Kotchari** : La pratique de la fumure phosphatée à base de BP est quasi inexistante. La majeure partie des producteurs soit 94,6% n'appliquent pas le BP, ni ne l'utilisent dans les fosses fumières. La minorité soit 5,4% qui ont accès au BP l'utilisent pour la production du compost.
- **Fantou** : Les phosphates naturels sont méconnus dans cette partie de la Tapoa pour la majorité des paysans. La non disponibilité voire l'inaccessibilité du produit sur le site explique la non utilisation de cet intrant. La quasi-totalité 98,2% des producteurs enquêtés ne font pas usage du BP ni dans leur champ ni dans les fosses fumières.

IV.1.2. Contraintes liées à l'usage du phosphate naturel.

Les résultats de l'enquête réalisée sur les obstacles liés à la pratique du BP donnent des opinions convergentes. Au nombre des difficultés pratiques, les producteurs relèvent :

- la non disponibilité du BP (56,4% des interviewés)

- l'insuffisance des fosses fumières (13,5% des interviewés)
- les difficultés d'épandage (25,2% des interviewés)

L'insuffisance de la vulgarisation effective des phosphates naturels est surtout considérée par 69,05% des interviewés comme obstacle de base pour la promotion de la fertilisation phosphatée.

IV.1.3. Perception paysanne de la fertilisation phosphatée à base de BP

Les phosphates naturels sont diversement perçus et appréciés par les paysans. Le BP améliore vraisemblablement la fertilité (physique et chimique) des sols, et influence positivement sur les différents stades phénologiques de la plante (levée, croissance, floraison...). Une fertilisation phosphatée adéquate augmenterait selon les paysans la fertilité hydrique des sols (conservation de l'humidité). Il serait en outre à l'origine de l'accroissement des rendements.

Pour le compostage, le BP est un excellent ferment qui accélère le processus de dégradation des résidus de cultures. Enfin le BP est perçu par les paysans comme pouvant accroître la vigueur des plantes (résistance aux maladies). Du point de vue social, le BP est comme une solution pour pallier à la cherté des engrais importés si une effective politique de vulgarisation et de valorisation des ressources locales en faveur des populations du terroir est envisageable.

IV.1.4. Discussion

L'utilisation du BP sur ces trois sites est encore faible. Elle s'est faite à la faveur de projets développant le volet compostage. Pour la promotion de compostage, ces projets dotent les bénéficiaires d'une fosse compostière et du BP. Dans le cas de Kotchari, l'application du BP semblerait inappropriée voire inadéquate selon des producteurs compte tenu de la présence de la carrière sur ce site. En d'autres termes, les sols de ce terroir seraient riches en phosphore du fait de l'existence du gisement de BP. Le gisement affleure selon Lompo (1993) sur trois collines et sur une distance de 15km.

La faible pratique de cette fumure d'une manière générale semble liée à l'insuffisance de la vulgarisation voire à la méconnaissance du produit (cas de Fantou). L'impact agro-socio-économique du produit est méconnu par la majorité des paysans (92,73%). De même les autres résultats corroborent les résultats de l'enquête effectuée sur le BP par Dugué (1982), Lompo (1993) et Hien *et al.* (1992) dans le plateau central. Ces auteurs ont en outre mentionné parmi les obstacles pratiques, le transport pour les fortes doses de correction, le temps d'épandage

(irrégulier, problème du vent), l'insuffisance d'infrastructures (routière, d'entrepôt) pour l'approvisionnement en temps opportun. Le prix du BP n'est pas considéré comme un obstacle à son adoption. Seulement 13,50% des producteurs soulignent cet aspect. La construction d'entrepôts sur des sites stratégiques pour rendre accessible le produit est à intégrer dans les politiques de vulgarisation du projet phosphate naturel pour permettre un approvisionnement de l'intrant en temps indiqué.

L'incitation enfin, à l'utilisation du BP par l'État, en intervenant avec une politique de vulgarisation du BP permettrait une meilleure valorisation du BP pour pallier au coût élevé des engrais.

La perception paysanne du BP rejoint celles déjà observées par la recherche qui trouve dans le BP une source pour recapitaliser le phosphore du sol (P capital). Hormis sa faible efficacité par rapport aux sources solubles (solubilité progressive), le produit s'avère incontournable pour la correction ou la restauration des sols en P et partant l'amélioration des rendements. D'autres producteurs s'accordent sur les effets du produit sur la vigueur des plantes. Ces opinions sont vraisemblablement pertinentes et s'accordent avec les travaux de Morant (1986) et Lompo (1993) qui en plus préconisent le BP comme pouvant être une source de calcium et de magnésium à cause de sa teneur élevée en ses éléments.

IV.1.5. Conclusion

Nos résultats d'enquête infirment l'hypothèse de notre étude sur le BP à savoir celle sur l'accessibilité du BP en raison de la proximité du gisement de BP et de l'usine. La problématique du BP se pose surtout en terme de disponibilité d'où la justification de nos objections ci-dessus pour pallier à ce problème. L'adoption du BP par les paysans ne cause pas de doute puisque la perception paysanne du BP conçoit le BP comme indispensable pour la fertilisation phosphatée d'une manière générale et pour l'amélioration de la qualité du compost en particulier.

IV.2. La production de la matière organique

IV.2.1. Potentiels de production de la matière organique

Les matières organiques au niveau de ses trois sites se composent essentiellement des résidus cultureux (pailles), des déjections d'animaux, des déchets ménagers. Soixante dix neuf pourcent (79) % de la fertilisation organique se fait à base de déjections d'animaux et de déchets ménagers. Les résidus cultureux sont laissés généralement en mulch sur les parcelles dont une partie sert de fourrage pour les animaux.

L'utilisation du compost au niveau des parcelles est assez limitée et s'est faite en faveur de certains projets (PICOFA, PDAL, etc) qui ont vulgarisé la pratique du compostage par l'octroi de fosse fumièrre, d'intrants (phosphate naturel) et quelques équipements Le parcage des animaux dans les champs est une pratique pouvant être considérée comme source de matières organiques. Il contribue à environ 18 % de la fertilisation organique.

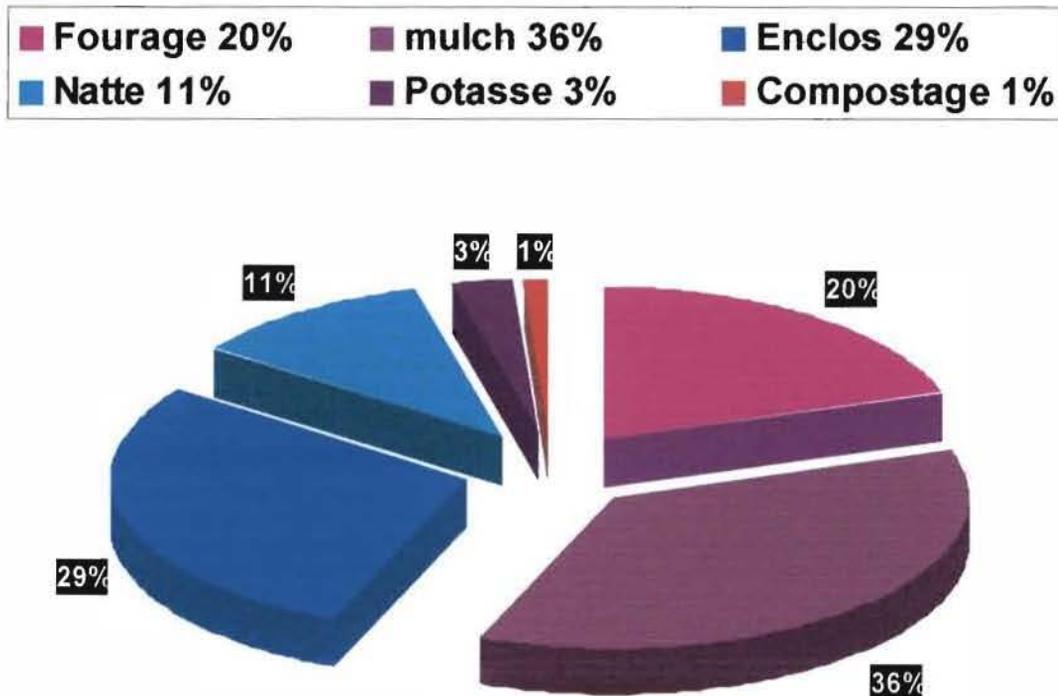
Les résultats d'enquête sur la matière organique (tableau IV) montrent les productions potentielles en résidus cultureux ainsi que les productions potentielles en déjections des animaux sur ces trois sites. Il ressort en général une production excédentaire en résidus de cultures comparée aux normes de fertilisation organique recommandée par la recherche. Les données du tableau II ont été obtenues par la méthode statistique. Connaissant en effet les indices de rendement moyen (I) Grain/Paille pour les céréales (I=0,33) et Grain / Fane pour les légumineuses (I=0,36), on déduit ainsi la production potentielle des résidus de cultures si la quantité totale de grains produits est connue. Quant à la production potentielle en fèces, elle a été calculée en tenant compte du nombre de têtes de bœufs par individu, de la production annuelle de fèces par tête et de l'effectif total d'individus.

Tableau IV: Productions potentielles en résidus de cultures et en fèces et besoins en fertilisants organiques de la campagne 2007-2008.

Localités	Production de pailles (t)	Production de fane (t)	Production de déjections d'animaux (t)	Besoins en fertilisants organiques (t)
Pentinga	97743	90407	91632	64405
Kotchari	92887	73980	147907	93490
Fantou	112223	105577	122497	54200
Tapoa	1309881	1373254	2357492	1421541

IV.2.2. Mode de gestion des résidus cultureux

Figure 3 : Mode d'utilisation des résidus de cultures sur les trois sites



La gestion paysanne des résidus cultureux sur ces trois sites est assez traditionnelle et varie très peu d'une exploitation à l'autre et d'un site à l'autre.

En effet les tiges de sorgho et de mil sont exportées pour différents usages (figure 3). Le fourrage absorbe 20% de cette exportation, le mulch 36 %, la confection de clôture et/ou d'enclos 29 %, la fabrication de natte 11 % et l'extraction de potasse 3 %. La proportion imputée pour le compostage est assez faible 1 %. Seulement 27% de paysans disposent de fosses fumières pour la valorisation de ces ressources disponibles. La pratique de compostage existante est celle en tas (fèces d'animaux surtout + la litière et/ou les déchets ménagers). Le problème d'eau est surtout évoqué comme l'une des contraintes majeures au compostage. A celui-ci s'ajoute le manque d'équipements adéquats pour les différentes opérations allant du transport des intrants-compost au traitement des composts (brassage et arrosage).

IV.2.3. Connaissance paysanne en matière de production et d'utilisation des fumures organiques.

Tout ce qui est matériel végétal et déjection d'animaux est utilisé pour le chargement des fosses. En réalité ce sont les ordures ménagères et le compost qui sont produits. Leur production se fait à proximité des habitations. Il s'agit de déposer les ordures ménagères ou tout autre matériel d'origine végétale dans les fosses. Les fosses bénéficient d'un arrosage des eaux de pluies et des eaux usées. Notons que les femmes participent pleinement dans la production des ordures ménagères et du compost au niveau des exploitations. Elles rassemblent les ordures ménagères, les arrosent à partir des eaux usées de cuisine et de vaisselles etc. Pour ce qui est de la production du compost, les cendres et très récemment les engrais minéraux (NPK ; BP ; Urée...) sont utilisés pour améliorer la qualité du compost.

Le parcage d'animaux au champ en saison sèche est une autre voie de production de fumure organique. Cependant la majorité des fumures organiques produites est appliquée sur le coton et le maïs.

Les effets des fumures organiques ne sont plus à démontrer chez les paysans. L'incorporation des fumures organiques ameublirait selon les paysans, la structure du sol. Les fumures organiques seraient en outre à l'origine de l'accroissement des rendements des cultures et des céréales en particulier. Elles permettraient de récupérer voire restaurer les sols dégradés et augmenteraient la résistance au striga.

IV.2.4. Discussion

Les modes de production des différents types de fumures organiques utilisés ont fait l'objet de beaucoup d'études tant au niveau des structures de recherche que celles de développement. Ces techniques de production de fumures bien que vulgarisées, la production de la fumure organique telle qu'elle se passe actuellement sur le terrain (Pentinga ; Fantou ; Kotchari) est loin d'atteindre celles recommandées par les structures de recherche. La production de la fumure organique est en effet fortement corrélée au mode de gestion des résidus cultureux et la compétition des résidus de cultures avec d'autres activités (alimentation du bétail, clôture, cuisine ...). Bonzi (1989) et Segda (1991) en évaluant le potentiel de production des résidus, ont relevé les problèmes liés à sa gestion de même que les contraintes liées à son recyclage. Leurs conclusions et celles de Lompo (1993) et Dembélé (1994) confirment bien les opinions relevées par les paysans de la Tapoa .

En considérant les résultats de l'enquête consignés dans le tableau II et, dans l'hypothèse d'un apport de 5 tonnes/ 2ans de matières organiques sur les céréales, les ressources locales sont excédentaires (rapport entre production potentielle diminuée des besoins en fertilisants organiques sur la production totale) : 65% à Peninga, 74% à Kotchari, 75% à Fantou et 84% dans le cas de la Tapoa. Les résidus de cultures sont donc disponibles moyennant une réorganisation de l'exploitation (Segda,1991). D'où la nécessité d'explorer le mode de gestion des résidus de cultures pour évaluer la contribution de ceux-ci dans la fertilisation organique.

L'exportation des résidus cultureux est assez notable et s'estime à près de 63,62%.La portion restante soit 36,38% pour le mulching est l'objet de compétition entre sles animaux en pâturage et utilisée comme bois de chauffe. Lompo (1993) montre que les ressources organiques sont constituées de résidus de récolte dont 90% servent de combustibles. La différence des résultats s'explique par la différence de site et par le fait que la région de la Tapoa est une zone de forêt. Il n'y a donc pas de problèmes de bois de chauffe d'où l'utilisation des résidus comme bois de chauffe est assez réduite.

IV.2.5. Conclusion

Nos résultats montrent que la pratique de la fumure organique demeure toujours traditionnelle. Malgré l'importante disponibilité des résidus cultureux et de fèces d'animaux, la production de la fumure organique de bonne qualité est à ses débuts. La faisabilité de la fumure organique de qualité et en quantité est cependant explorable voire possible sur ces sites vue la disponibilité abondante des ressources locales (Pailles, BP...).Les contraintes liées à sa production et à son utilisation sont à résoudre dans une perspective d'intensification durable et d'accroissement de la productivité.

Chapitre V : Evaluation de la performance agro-pédologique des formules de fumures.

Les résultats des parcelles en rotation sorgho-niébé à Pentinga ou mil-arachide à Fantou pour cette première année d'expérimentation ont été considérés comme des parcelles en culture pure pour les deux spéculations impliquées dans la rotation car l'effet des rotations n'est perceptible qu'à long terme.

V.1. Effets agronomiques des formules de fumures sur la production des cultures.

V.1.1. Résultats

V.1.1.1. Effets des formules de fumures sur la production des céréales

▪ Sur le sorgho

Les formules de fumures n'induisent pas de différences significatives au seuil de 5% sur le rendement grains avec le test de Newman Keuls. Sur le poids paille par contre, les formules de fumures sont significativement différentes entre elles et hautement significatives au seuil de 5% pour la biomasse aérienne totale (Tableau V).

Tableau V: Effet des formules de fumures sur les paramètres de rendement du Sorgho

Formules de fumures	Poids paille (Kg/ha)	Biomasse Aérienne (Kg/ha)	Rendement grains (Kg/ha)
T1 (fo+Urée)	1955 ^{ab}	2803 ^a	627 ^a
T2 (NPK+Urée)	1784 ^{ab}	2628 ^{ab}	606 ^a
T3 (fo+BP+Urée)	1846 ^{ab}	2626 ^{ab}	631 ^a
T4(fo+BP+NPK+Urée)	2363 ^a	3419 ^a	738 ^a
T6 (NPK+ Urée)	1092 ^b	1587 ^b	364 ^a
Test de Newman Keuls (5%)	S	HS	NS
Probabilité	0,014	0,0076	0,738

- S : Significatif - HS : hautement significatif - NS : non significatif

Les valeurs affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité.

Pour ce qui est du poids paille (tableau III) les formules de fumures T1 (fo+urée),

T2(NPK+urée) et T3(fo+BP+urée) et T6(NPK+Urée) ne sont pas significativement différentes. De même les fumures T1 (fo+urée), T2 (NPK+urée) et T3 (fo+BP+urée) et T4 (fo+BP+NPK+Urée) ne le sont. En comparant statistiquement les formules de fumures, deux à deux, le poids paille obtenu avec la T1 (fo+urée) et la T3 (fo+BP+urée) ne montre pas de différence statistique malgré le supplément de BP. De même, il n'existe pas de différence significative entre T1(fo+urée) et T2(NPK+urée). Les poids paille obtenus avec la T2(NPK+urée) et la T4(fo+BP+NPK+Urée) sont plus élevés que ceux obtenus respectivement avec la T6(NPK+Urée) et la T3(fo+BP+urée) mais la différence n'est pas statistiquement différente.

D'après le tableau III, les formules de fumures T1(fo+urée) , T2(NPK+urée) T3(fo+NPK+urée) ,T4(fo+BP+NPK+urée) et T6(NPK+Urée), ne sont pas statistiquement différentes entre elles, si l'on considère la biomasse aérienne. Par contre la différence est significative entre la formule de fumure T6(NPK+Urée) et le groupe homogène formé par les combinaisons de fumures T1(fo+urée) et T4(fo+BP+NPK+Urée). La comparaison des rendements montre que la production de la T2 (NPK+urée) est supérieure à celle de la T6 (NPK+Urée). De même la production moyenne de la fumure T1 (fo+urée).est plus élevée que celle obtenue avec la T3 (fo+BP+urée).

Lorsqu'on considère le rendement grain, T1 (fo+urée), T2 (NPK+urée), T3(fo+BP+urée) et la T4(fo+BP+Urée+NPK) enregistrent numériquement les productions moyennes les plus élevées par rapport à celle enregistrée avec la T6.

Pour ces trois paramètres, les formules de fumures T3 (fo+BP+Urée) et T4(fo+BP+urée+NPK) sont les plus efficaces et la moins efficace est celle de la T6(NPK+urée).

- **Sur le mil**

Tableau VI: Effet des formules de fumures sur les paramètres de rendement du Mil

Formules de fumures	Rendements grains (kg/ha)
T1 (fo+Urée)	463 ^a
T2 (NPK+urée)	574 ^{ab}
T3 (fo+BP+Urée)	390 ^b
T4(fo+BP+Urée+NPK)	641 ^a
T6 (NPK+ Urée)	498 ^{ab}
Test de Newman Keuls	
(5%)	S
Probabilité	0,047

- S : Significatif

Les valeurs affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité.

Au seuil de 5% les formules de fumures ont une réponse significative. D'après le tableau VI, il n'existe pas de différence significative entre les formules de fumures T1 (fo+urée), T2 (NPK+urée), T3(fo+BP+Urée), T4(fo+BP+NPK+urée) et T6(NPK+urée). La formule de fumure T3 (fo+BP+Urée) est différente statistiquement des combinaisons T1 (fo+urée) et T4(fo+BP+NPK+urée) qui sont pourtant homogènes. La moyenne numérique montre que: T4 (fo+BP+NPK+urée) > T2(NPK+urée) > T1(fo+urée) > T6(NPK+urée) > T3(fo+BP+urée).

▪ Sur le maïs,

Tableau VII: Effet des formules de fumures sur les paramètres de rendement du Maïs

Formules de fumures	Poids épis (Kg/ha)	Rendement Grains (Kg/ha)
TM1 (NPK+urée)	669 ^{ab}	282 ^b
TM2 (fo+urée)	538 ^b	188 ^b
TM3 (fo+BP+Urée)	563 ^b	197 ^b
TM4(fo+BP+NPK+urée)	850 ^a	385 ^a
Test de Newman Keuls		
(5%)	HS	THS
Probabilité	0,009	0,004

- THS : très hautement significatif - HS : hautement significatif

Les valeurs affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité.

Au regard du tableau VII aussi bien sur le poids épis que sur le rendement grain, les formules de fumures TM1 (NPK+Urée) et TM2 (fo+Urée), TM3 (fo+Urée+ BP) n'induisent pas de différences significatives. Ce groupe homogène est cependant différent de la formule de fumure (fo+BP+NPK+urée). Cette dernière est statistiquement et numériquement différente de chacune d'elles prise individuellement.

V.1.1.2. Effets des formules de fumures sur la production des protéagineuses

▪ Sur le niébé

Tableau VIII : Effet des formules de fumures sur les paramètres de rendement du Niébé

Formules de fumures	Poids fane (Kg/ha)	Biomasse Aérienne (Kg/ha)	Rendement Grains (Kg/ha)
TN1 (BP)	459 ^b	939 ^a	280 ^a
TN2 (BP+Urée)	617 ^b	1076 ^a	240 ^a
TN3 (BP+NPK)	586 ^b	1078 ^a	310 ^a
TN4 (fo+NPK)	748 ^a	1239 ^a	311 ^a
Test de Newman			
Keuls (5%)	HS	NS	NS
Probabilité	0,004	0,167	0,152

- HS : hautement significatif - NS : non significatif

Les valeurs affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité.

Nos résultats ne montrent aucune différence significative au seuil de 5% sur la biomasse aérienne totale et le rendement grain. Sur le poids fane, on note une différence hautement significative entre les formules de fumures avec le test de Newman Keuls au seuil de 5%. En effet la Formule de fumure TN4 (fo+NPK) est différente du groupe formé par TN1 (BP), TN2 (BP+Urée) et TN3 (BP+NPK) qui est homogène. La production la plus élevée est obtenue avec la formule de fumure TN4 (748kg/ha) et la plus faible avec la TN1 (459kg/ha). On enregistre par contre les rendements les plus élevés mais non statistiquement différents avec la formule de fumure TN4 (fo+NPK) sur la biomasse aérienne (1239kg/ha) et le rendement grain (311kg/ha).

- **Effet comparé des systèmes de cultures sur le niébé**

Tableau IX : Effet des formules de fumures sur les composantes de rendement du niébé

Formules de fumures	Poids Fane (Kg/ha)	Biomasse Aérienne (Kg/ha)	Poids grains (Kg/ha)
CP (NPK+BP)	2174	3275	775
I (NPK+BP)	1913	3010	770

CP : moyenne des résultats des traitements T2, T3, T4, T5 en culture pure.

I : association culturale ou intercropping.

Il ressort en général du tableau IX , une supériorité de la culture pure avec cette fumure. Sur ces trois composantes de rendement du niébé, les rendements sont plus élevés avec la culture pure comparativement à l'intercropping.

- **Effet comparé des systèmes de cultures sur l'arachide**

Tableau X: Effet des formules de fumures sur le rendement coque de l'arachide

Formules de fumures	Poids coques (kg/ha)
CP (NPK+BP)	683
I (NPK+BP)	283

CP : moyenne des résultats des traitements T2, T3, T4, T5 en culture pure.

I : association culturale ou intercropping.

La culture pure de l'arachide (T2, T3, T4, T5) a eu un rendement plus élevé que celui de l'intercropping T6.

V.1.1.3. Conclusion:

De l'examen des rendements obtenus dans cette étude, il ressort pour cette campagne agricole :

1. Sur le sorgho

- Un effet direct de la fumure organique T1 (fo+Urée) qui induit une production équivalente à la fumure minérale T2 (NNPK+Urée).
- Quelle que soit la source de phosphore (T2 =NPK ; T3=BP) les rendements restent statistiquement similaires. Cependant la moyenne arithmétique montre une efficacité de la source minérale (NPK)
- L'association BP + fumier améliore l'efficience des engrais minéraux (Urée, NPK).

2. Sur mil

Les mêmes conclusions que celles sur sorgho sont observées. En effet les mêmes formules de fumures que celles sur sorgho y sont appliquées. Par contre on note sur le mil à Fantou, une réponse plus efficace de la fumure minérale par rapport à la fumure organo-minérale. En outre concernant les sources de phosphores les rendements sont significativement plus élevés avec NPK comparativement au BP.

3. Sur le maïs

- La fumure minérale a plus d'efficacité d'action que la fumure organo-minérale sur le maïs;
- La source de phosphore n'a pas d'effet significatif sur les composantes de rendement ;
- La performance des combinaisons de fumures à base de fumier+ BP est observée.

4. Sur le niébé

- Le BP appliqué seul enregistre la plus faible production.
- L'association fumier+NPK (T4) a la réponse élevée suivi de l'association BP+NPK et BP+Urée.
- Le NPK semble l'engrais minéral qui améliore le plus l'efficience du BP (solubilité).

5. Sur les systèmes de cultures

La culture pure des céréales ou des protéagineuses induit une réponse efficace par rapport à l'association/ intercropping pour respectivement les formules NPK+Urée (sur céréales) et BP+NPK (sur légumineuses).

V.1.2. Discussions

Effet des formules de fumures sur le sorgho

Nos résultats montrent que les formules de fumures n'ont pas un effet statistiquement significatif sur tous les paramètres de rendement. En effet le rendement grain ne répond pas aux formules de fumures testées. Kabrah et *al.*, (1996) et Yaro et *al.*, (1997) en appliquant pourtant des doses croissantes d'éléments fertilisants ont obtenu des augmentations des rendements grains. Cette différence entre nos résultats et ceux de ces auteurs pourrait s'expliquer par l'arrêt brutal des pluies qui a influencé la phase d'épiaison du sorgho, ce qui a entraîné l'échaudage des grains. En effet l'échaudage en fin de cycle peut survenir lorsque les pluies sont insuffisantes (Lamachère et Serpentié, 1996). Pieri (1984) ajoute que même si la fertilisation permet de tamponner les effets climatiques tels que le stress hydrique et les températures élevées, il existe des effets pervers des engrais en cas d'alimentation hydrique insuffisante des cultures. Cela compromettrait le développement normal de la culture et donc le rendement des cultures.

Sur le rendement paille, les formules de fumures ont eu un effet significatif. Par contre en première année de culture l'application de la fumure minérale seule (T2=NPK+Urée) n'a pas induit d'effet significatif quoique les rendements fussent plus élevés avec la fumure organo-minérale (T1=fo+Urée). Cela s'explique par l'effet direct de la fumure organo-minérale qui a induit une réponse équivalente à celle de la fumure minérale. L'apport de fumier a augmenté dès la première année de mise en culture l'efficacité de l'urée. Sedogo (1981 et 1993) et Uyoubisé et *al.*, (1999) ont conclu que l'apport combiné de la matière organique et des engrais minéraux permet de réduire le lessivage des engrais et d'augmenter l'efficacité des engrais azotés. En outre la minéralisation de la matière organique libère aussi bien des éléments nutritifs (Hien, 1987 ; et Sedogo, 1981) que des oligo-éléments (Pousset, 2000) qui contribuent à l'alimentation minérale des cultures.

L'application supplémentaire du BP à la fumure organo-minérale, c'est-à-dire T1(fo+urée) et T3(fo+Urée+BP), n'a pas augmenté significativement les rendements paille du sorgho. La réponse au BP n'est pas immédiate du fait de sa faible solubilité. Le BP, pour être

efficace (soluble et disponible), exige probablement des conditions pédo-climatiques (pH, humidité etc.) adéquates. Nos résultats sont conformes avec ceux de Lompo et *al.*, (1994) qui estiment que le phosphate naturel a une action croissante avec le temps. Bationo et *al.*, (1987) et Truong (1989) expliquent cette action lente et progressive par deux groupes de facteurs : ceux liés aux caractéristiques intrinsèques aux phosphates naturels (minéralogie et cristallogie, composition chimique, finesse du broyage) et ceux dépendant du milieu (type de sol, humidité, acidité, type de spéculation).

La formule de fumure T4 (BP+fo+Urée+ NPK) comparée aux formules de fumures T2(NPK+Urée) et la T6 (T2=T6=NPK+Urée) met en relief le rôle important de l'association fumier+BP (fumure organo-phosphatée) sur le poids paille. Le surplus de rendement serait imputable aux effets conjugués, voire synergiques du fumier et du BP. L'adjonction du NPK à T3 en T4 améliore significativement sa production. Ces résultats corroborent ceux de Morant (1986) qui obtint en première année de culture, un effet plus important du BP à forte dose (400kg/ha) en présence de la matière organique ; cet effet est davantage amélioré surtout lorsqu'on y adjoint la fumure minérale (efficacité du NPK dans notre cas) ,(Bado et *al.*,1997).

Les résultats enregistrés sur la biomasse aérienne totale sont similaires à ceux sur le poids paille à la différence que l'on observe une plus grande expressivité de la fumure minérale sur ce paramètre de rendement. Ces résultats vérifient les travaux antérieurs des auteurs ci-dessus mentionnés.

Effet des formules de fumures sur le mil

Comme indiqué antérieurement, ce sont les mêmes formules de fumures que celles appliquées sur sorgho :

- la fumure minérale T2 (NPK+Urée) induit un rendement grains relativement élevé par rapport à la fumure organo-minérale sur le mil. Les engrais minéraux apportent aux plantes des éléments (N, P, K) solubles et disponibles. Ce qui explique vraisemblablement leur efficacité et la bonne fourniture des éléments nutritifs aux plantes. Ces mêmes résultats ont été observés par Edzang (2000), Diallo (2002) et Lompo (2005). Sedogo (1993) souligne que la fumure minérale à faible ou forte dose augmente les rendements par rapport au témoin mais pendant des périodes de temps assez limitées ; seule la fumure organo-minérale permet une production continue et stable.
- Sur le rendement grains, la fumure T4 (fo+BP+Urée+NPK) qui est l'adjonction du NPK

à T3 (fo+BP+Urée) et de BP+NPK à la T1(fo+Urée) a significativement augmenté les rendements. Ces résultats sont similaires à ceux de Lompo *et al* (1994) qui ont montré que l'association BP+fumier améliore l'efficacité de la fumure minérale.

Effet des formules de fumures sur le maïs

Nos résultats montrent qu'en première année de culture la fumure minérale TM1 (NPK+Urée) apparaît être la meilleure formule de fumure par rapport à la TM2 (fo+Urée). Cela pourrait s'expliquer par le caractère très soluble des engrais minéraux et à la minéralisation lente et progressive de la matière organique. Ces résultats rejoignent les investigations de Sedogo (1981 et 1993) qui concluent que la fumure organo-minérale a une action lente et progressive et ce liée à la nature du substrat. Son efficacité est augmenté par l'adjonction du BP (comparaison de la TM2(fo+Urée) avec la TM3(fo+BP+urée). Ce résultat corrobore celui de Lompo *et al.* , (1994) qui attribue au phosphatage, le rôle améliorateur de la fumure minérale et plus spécifiquement de la fumure organo-minérale. Le BP semble accélérer le processus de minéralisation de la matière organique. En retour la fumure organique améliore la solubilité de celui-ci grâce à l'action des composés acides issus de sa minéralisation. Samaké (1987) cité par Lompo (1993) a mis en évidence différents acides organiques dont la production en cours de compostage est stimulée par le phosphate naturel qui en contre partie est solubilisé par ces derniers. La fumure TM4(fo+BP+NPK+urée) comparée à la TM3(fo+BP+urée) d'une part, et TM4(fo+BP+NPK+urée) comparée à la TM1(NPK+Urée) d'autre part, montrent l'efficacité de la fumure organo-phosphatée surtout si l'on y ajoute les engrais minéraux. Le NPK semble l'engrais minéral qui améliore l'efficacité de la fumure organo-phosphatée. La solubilisation du NPK libère les éléments majeurs N, P, K qui jouent spécifiquement chacun son rôle dans la minéralisation du fumier et dans la solubilisation du phosphate naturel.

Effet des formules de fumures sur le niébé

L'analyse statistique a montré que la formule de fumure n'a pas eu d'effet significatif sur la biomasse aérienne totale, et le rendement grain. Cela pourrait s'expliquer par la variation intra-annuelle des précipitations (périodes d'inondation alternée à des périodes sèches, puis l'arrêt brutal des pluies) qui a probablement joué en défaveur de ces paramètres. On note cependant sur ces paramètres de rendement, une performance de la combinaison BP+NPK qui s'explique probablement par la contribution du NPK en ses éléments disponibles et solubles N,

P et K et son action dans la solubilisation du BP.

Sur le rendement fane, on note une réponse élevée de la fumure organo-minérale TN4 (NPK+fo) par rapport aux différentes combinaisons de fumures avec le BP (TN1=BP ; TN2=BP+Urée ; TN3= BP+NPK). La meilleure combinaison est la TN3 (BP+NPK) qui montre encore l'association bénéfique du BP+NPK. Cela s'explique par la présence des éléments majeurs qui joue un rôle spécifique dans la solubilisation du phosphate naturel. La combinaison BP+Urée semble efficace. Lompo *et al.*,(1994) ont abouti au même résultat et souligne l'importance de l'urée dans la solubilisation du phosphate naturel. L'application du BP seul a moins d'effet qu'associé avec la fumure minérale.

Système de culture sur niébé et sur arachide

. Lorsqu'on considère les systèmes de cultures (culture pure, intercropping), il ressort une efficacité de la culture pure par rapport à l'intercropping en première année d'expérimentation.

Malgré l'homogénéité des traitements sur les cinq parcelles (T2=T3=T4=T5=T6=NPK+BP), l'analyse statistique révèle pour ces légumineuses, des différences entre la formule de fumure T6 et les autres formules de fumures qui sont statistiquement homogènes. Aucune différence significative d'une manière générale, n'est pourtant pas décelée sur les mêmes systèmes de culture. On pourrait expliquer ces résultats par « l'effet de masse » (culture pure) qui limite assez les compétitions intra-cultures. En effet deux cultures d'espèce différente expriment des besoins divers pour la lumière, les éléments nutritifs et l'eau etc. La culture pure réduit vraisemblablement les compétitions inter-cultures. Une autre explication est le fait que les producteurs n'ont pas une bonne maîtrise de l'intercropping ou que ce système de culture ne fait partir intégrante de leurs habitudes ou façons culturales.

V.1.3. Conclusion :

Ces tests agronomiques ont permis d'étudier l'impact agronomique des formules de fumures organo-phosphatées dans la recherche d'une (des) Formule de fumure(s) plus efficiente (s) pour une intensification durable. Le rôle de la fertilisation minérale et organo-minérale dans une perspective d'intensification agricole a aussi été évalué. Il en découle que :

- les formules de fumures organo-phosphatées T3(fo+BP+Urée) et

T4(fo+BP+Urée+NPK) sont les plus performantes ;

-la fumure minérale en première année de culture a une action immédiate comparativement à la fumure organo-minérale quelque soit la spéculatation ;

- l'engrais minéral NPK semble être l'engrais le plus indiqué pour améliorer l'efficience des fumures organo-phosphatées et le BP;

- l'engrais NPK semble favoriser la solubilisation du BP ;

- la culture pure enregistre la production la plus élevée en première année de culture ;

- la combinaison BP+NPK semble vraisemblablement la meilleure combinaison agronomique avec le BP sur les légumineuses.

V.2. Effets des formules de fumures sur les caractéristiques chimiques des sols

V.2.1. Résultats

V.2.1.1. Effets des formules de fumures sur le pH/acidité

L'application des fumures a modérément augmenté le pH eau des sols sous la culture des céréales (tableaux XI ;XII et XIII). Les moyennes les plus élevées sont obtenues avec les formules de fumure organo-phosphatées T4(fo+BP+Urée+NPK) sur le sorgho et T3(fo+BP+Urée) sur le maïs. Sur le mil l'action des fumures sur le pH n'est pas nette.

Sur les légumineuses toutes les formules de fumures ont entraîné une hausse de pH. On constate que la combinaison (BP+NPK) relève le plus le pH du sol.

V.2.1.2. Effets des formules de fumures sur la matière organique et l'azote

A l'exception des formules de fumures organo-phosphatées TM3 (fo+BP+urée) et TM4 (fo+BP+urée+PK), les autres formules de fumures améliorent la teneur en azote des parcelles de maïs, de mil et de Sorgho par rapport au sol de départ. Les plus fortes teneurs d'azote sont obtenues avec le traitement appliquant le fumier+Urée sur le maïs, le mil et le sorgho et modérément avec la fumure organo-phosphatée T3(fo+BP+Urée).

D'une manière générale toutes les formules de fumures ont un effet positif sur le statut organique et par conséquent le carbone du sol. On note cependant une amélioration nette du statut organique avec les fumures organo-minérales et les combinaisons à base de fumier et de BP.

Les formules de fumures améliorent notablement sur les légumineuses la teneur de l'azote des sols à la lecture des trois tableaux (XI ; XII et XIII).

V.2.1.3 .Effets des formules de fumures sur le phosphore total (Pt)

On obtient avec toutes les formules de fumures,une amélioration du phosphore total du sol avec les céréales. Les teneurs de P total les plus élevées sont obtenues avec la formule organo-phosphatée (fo+BP+Urée) et la fumure organo-minérale (fo+urée). La combinaison de fumure TM4 (fo+BP+Urée+NPK) enregistre pour cet élément la plus faible valeur par rapport aux autres fumures. Notons l'application supplémentaire du NPK à la fumure T3 (fo+BP+Urée) en T4 (fo+BP+Urée+NPK) et de BP+NPK à la T1 (fo+Urée) en T4 (fo+Urée+BP+NPK).

Sur les légumineuses, les combinaisons de fumures à base de BP améliorent le stock de phosphore total par rapport au témoin. On note une baisse de cet élément avec la formule (BP+NPK) par rapport au témoin.

V.2.1.4 .Effets des formules de fumures sur le potassium total (Kt)

D'une manière générale, les formules de fumures sur les céréales améliorent sensiblement le stock du potassium total du sol. La formule de fumure organo-phosphatée T4 (fo+BP+Urée+NPK) accuse une baisse en cet élément chimique. Les formules les plus performantes sont :

- T1 (fo+urée), T2 (NPK+urée) et T3 (fo+urée+BP) sur sorgho ;
- TM1 (NPK+Urée) et TM2 (fo+Urée) sur maïs ;
- T1 (fo+urée), T2 (NPK + urée) et T3 (fo+urée+BP).

Sur les légumineuses (arachide, et niébé), toutes les formules de fumures ont un effet positif sur le potassium total.

V.2.1.5. Conclusion

Les caractéristiques chimiques (pH, C, N, P, K,) des sols de ces sites, d'une manière générale ont évolués positivement avec l'application des formules de fumures. On note cependant une amélioration modérée des effets des formules organo-phosphatées (T3, T4 surtout) sur les teneurs de l'azote et du potassium totaux. Elles sont par contre efficaces sur le pHeau, le statut organique et sur le stock du phosphore des sols de ce site. Les fumures organo-minérales T1 (fo+urée), TM2 (fo+urée) et TN4 (fo+NPK) semblent les plus efficaces sur la disponibilité de ces éléments. Les fumures à base de phosphates naturels améliorent le stock du phosphore et, modérément les teneurs de l'azote et du potassium totaux.

V.2.2. Discussion

Les analyses chimiques des sols, révèlent le rôle important de la fumure organo-minérale dans l'optique d'une intensification durable de la production. Par sa minéralisation, la matière organique contribue à la nutrition des cultures par l'apport aussi bien des éléments majeurs (N,P et K) que des oligo-éléments. Elle piègerait les éléments minéraux très solubles sous forme de réserve, réduisant ainsi leur perte par lixiviation ou par ruissellement.

La fumure organo-minérale permet un transfert véritable de la fertilité des sols (Pichot *et al.*,1981, Sedogo,1981 et 1993) , permet d'atténuer les phénomènes de dégradation du sol et

améliorer l'efficacité des engrais minéraux (Hien *et al.*,1987), et permet d'obtenir des rendements élevés plus ou moins stables (Lompo *et al.*, 1993).

Les formules de fumures à base de fumier/compost et de phosphate naturel (fo+BP+Urée ; fo+BP+Urée+NPK), n'ont pas eu d'impact pédologique net sur la capitalisation des éléments minéraux surtout le (N, et K). Cela s'explique si l'on admet l'hypothèse d'un intense processus de minéralisation du fumier et de solubilisation des phosphates naturels induites par l'adjonction des engrais minéraux (Urée et NPK surtout) et par conséquent la disponibilité améliorée des éléments nutritifs. Des résultats similaires ont été obtenus par Lompo(1993) et Bado *et al.*(1997).Cela explique évidemment les forts rendements obtenus avec ces fumures pour les tests agronomiques qui témoignent d'une grande exportation des éléments libérés par les cultures d'où l'apparente inaction de ces fumures sur les caractéristiques chimiques des sols.. Des mécanismes analogues à ceux au cours du compostage semblent influencer la dynamique de ces combinaisons et ainsi améliorer l'efficacité agronomique de celles-ci.

Sur le stock du phosphore et du carbone, ces fumures organo-phosphatées ont une efficacité pédologique nette. De nombreux travaux de recherche ont en effet mis en évidence le rôle incontestable des phosphates naturels sur la recapitalisation du phosphore total et du fumier sur l'amélioration du statut organique (Sedogo *et al.*,1994 ; Lompo *et al.*, 1995 ; Bationo *et al.*,1995).

Lorsqu'on considère les résultats obtenus sur le niébé avec les différentes combinaisons à base de phosphates, on constate une augmentation du stock des éléments majeurs (N, P, K). La combinaison (BP+NPK) semble efficiente sur la solubilisation des phosphates naturels. Lompo (1993) explique cela par une action synergique entre l'association (BP+engrais) favorisée par les conditions climatiques (humidité) et édaphiques (Troung et Fayard,1994 ;Kouma,2000) et par la nature de la culture (Bado, 2002).

V.2.3. Conclusion

Les résultats d'analyses chimiques, ont mis en évidence la pertinence des combinaisons organo-phosphatées d'une part, et d'autre part le rôle incontournable de la fumure organo-minérale dans l'amélioration de la fertilité chimique (pH,C, P, et modérément N,K) des sols. Les fumures à base de phosphate naturel permettent la recapitalisation du phosphore total du sol. La combinaison (BP+NPK) semble être une formule d'intérêt agronomique dont la faisabilité industrielle est à explorer.

Tableau XI : Effet des formules de fumures sur les caractéristiques de sol de Fantou

Technologies	pHeau	pHKCl	Carbone gkg ⁻¹	MO %	N-total gkg ⁻¹	P-total P-mgkg ⁻¹	K-total K-mgkg ⁻¹
Sur mil							
To	6,1±0,51	4,83±0,618	4,48±1,02	0,77±0,18	0,202±0,065	52,18±6,702	842,42±364,50
T1 (fo+Urée)	6,02±0,43	5,1±0,235	5,64±3,42	0,97±0,59	0,254±0,110	67,66±0,432	680,26±464,89
T2(NPK+urée)	5,95±0,71	4,79±0,4832	5,51±2,12	0,95±0,59	0,244±0,094	59,92±17,73	905,12±380,76
T3(fo+BP+Urée)	6,1±0,61	4,79±0,392	4,94±3,14	0,85±0,54	0,275±0,108	114,096±70,61	875,67±440,50
T4(fo+BP+Urée+NPK)	6,1±0,37	4,82±0,444	5,92±1,59	1,02±0,27	0,234±0,048	63,789±13,41	882,61±382,29
T6(NPK+ Urée)	6,27±0,33	4,8±0,750	4,92±1,55	0,85±0,27	0,234±0,048	56,1±20,11	1098,32±672,30
Sur arachide							
T2 (BP+NPK)	6,2±0,62	4,88±0,210	5,55±2,45	0,96±0,42	0,223±0,065	59,92±17,73	894,56±426,3
T3 (BP+NPK)	6,3±0,25	4,72±0,50	5,34±2,89	0,92±0,49	0,202±0,078	52,18±29,215	910,45±454,32
T4 (BP+NPK)	5,95±0,58	4,74±0,49	5,37±1,31	0,93±0,23	0,213±0,054	56,1±0,0	811,46±408,79
T5 (BP+NPK)	6,1±0,45	4,93±0,51	4,51±1,34	0,78±0,23	0,213±0,062	48,31±17,73	860,1±518,88
T6 (BP+NPK)	6,27±0,33	4,78±0,25	4,31±1,91	0,74±0,33	0,212±0,063	79,3±23,218	1030,83±611,51

Tableau XII : Effet des formules de fumures sur les caractéristiques de sol de Kotchari

Technologies	pHeau	pHKCl	Carbone gkg ⁻¹	MO %	N-total gkg ⁻¹	P-total P-mgkg ⁻¹	K-total K-mgkg ⁻¹
Sur maïs							
To	6,3±0,52	5,15±0,22	6,82±1,56	1,18±0,27	0,518±0,118	1409,92±2271,72	886,10±363,19
TM1 (NPK+urée)	6,3±0,18	5,18±0,19	7,48±1,89	1,29±0,33	0,521±0,144	1970,47±2939,58	958,26±294,1
TM2 (fo+urée)	6,28±0,21	5,03±0,26	7,51±1,83	1,3±0,32	0,526±0,146	2655,0±3939,253	969,52±446,83
TM3 (fo+BP+Urée)	6,39±0,24	5,21±0,28	7,92±1,73	1,36±0,30	0,663±0,489	2121,49±3361,98	864,60±373,35
TM4(fo+BP+NPK+urée)	6,25±0,24	5,12±0,28	7,87±1,12	1,37±0,19	0,777±0,542	1611,65±2463,62	862,30±351,66
Sur niébé							
TN1 (BP)	6,3±0,20	5,06±0,18	7,23±2,64	1,25±0,45	0,529±0,148	2248,71±3589,19	938,87±428,98
TN2 (BP+Urée)	6,4±0,22	5,11±0,22	7,23±1,44	1,27±0,25	0,551±0,140	2690,86±4263,02	993,79±428,98
TN3 (BP+NPK)	6,3±0,26	4,90±0,23	8,79±	1,52±0,55	0,519±0,115	1191,56±2801,61	894,10±352,95
TN4 (fo+NPK)	6,4±0,24	5,08±0,23	6,77±1,89	1,17±0,33	0,587±0,345	1826,232±2722,22	872,98±274,64

Tableau XIII : Effet des formules de fumures sur les caractéristiques de sol de Pentinga

Technologies	pHeau	pHKCl	Carbone gkg ⁻¹	MO %	N-total gkg ⁻¹	P-total P-mgkg ⁻¹	K-total K-mgkg ⁻¹
Sur Sorgho							
To	6,3±0,20	5,20±0,21	6,56±0,63	1,13±0,12	0,472±0,164	110,56±108,87	703,74±296,14
T1 (fo+Urée)	6,6±0,17	5,70±0,36	6,82±1,4	1,18±0,24	0,629±0,102	148,9±115,4	833,78±311,45
T2 (fo+Urée)	6,5±0,38	5,43±0,40	5,02±1,8	0,87±0,31	0,602±0,298	122,51±82,37	771,18±286,26
T3 (fo+BP+Urée)	6,4±0,32	5,34±0,21	6,16±1,47	1,10±0,25	0,465±0,188	117,74±97,75	722,18±286,26
T4(fo+BP+Urée+NPK)	6,6±0,30	5,53±0,29	5,42±2,17	0,93±0,37	0,422±0,163	110,55±95,70	625,60±171,90
T6 (NPK+ Urée)	6,4±0,34	5,27±0,28	6,37±2,70	1,10±0,47	0,547±0,252	129,77±170,04	631,18±163,65
Sur niébé							
T2 (BP+NPK)	6,6±0,20	5,30±0,29	7,10±2,34	1,22±0,40	0,595±0,241	117,1±86,21	695,36±350,83
T3 (BP+NPK)	6,3±0,29	5,33±0,11	5,97±1,34	1,03±0,23	0,464±0,145	114,73±124,99	645,78±205,46
T4 (BP+NPK)	6,6±0,17	5,5±0,35	6,92±2,18	1,19±0,38	0,687±0,274	105,11±78,96	682,82±252,432
T5 (BP+NPK)	6,5±0,20	5,5±0,58	6,30±1,97	1,09±0,38	0,58±0,116	126,67±112,16	770,91±436,44
T6 (BP+NPK)	6,4±0,34	5,22±0,23	6,77±1,89	0,79±0,40	0,471±0,242	133,92±153,92	667,28±278,10

To = sol de départ.

fo = fumure organique

V.3. Perceptions des formules de fumures expérimentées

Les résultats de cette évaluation participative par les producteurs expérimentateurs des formules de fumures se focaliseront sur le rendement grain. L'idéal serait d'exposer les résultats sur la production des résidus culturaux (pailles, fânes) compte tenu du système de cultures qualifiés d'agropastoraux de ces sites. Le critère paille ou fane pour toutes les formules de fumures, a une probabilité d'acceptation estimée à 1 par les paysans à l'ordre 1 de classement. Ce critère valorise en d'autres termes toutes les formules de fumures testées en ordre de classement 1.

V.3.1. Résultats

V.3.1.1. Perceptions des producteurs des formules de fumures sur la culture du sorgho.

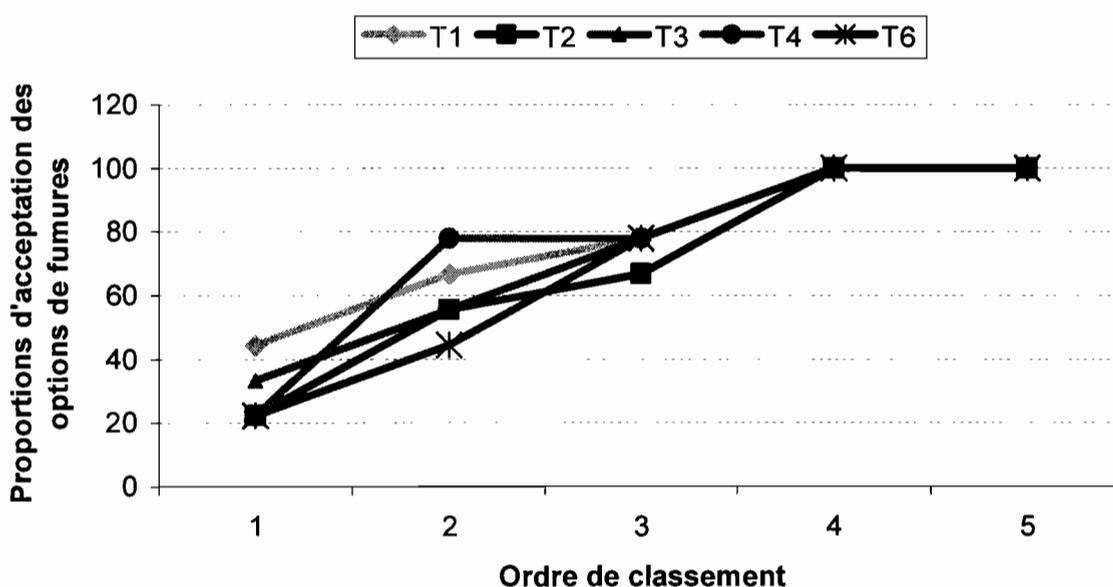


Figure4: Probabilités cumulées d'acceptations des options de formules de fumures sur le sorgho

Sur le sorgho, lorsqu'on considère le classement empirique des options (annexe1c) de formules de fumures, la formule de fumure T1 (fo+Urée) est la plus préférée. Les formules de fumures T4 (fo+BP+Urée+NPK) et T3 (fo+BP+Urée) occupent ensuite, respectivement le rang 2 et 3. Les combinaisons T2 et T6 sont ex aequo du rang 4 (annexe 1c). On a obtenu le classement : T1>T4>T3>T2=T6.

En ce qui concerne la distribution des probabilités cumulées des options de formules de fumures (figure 4 et annexe 1d), le plus fort taux d'acceptation est obtenu avec la T1=fo+Urée (44,44%) suivi de la T3=fo+BP+Urée (33,33%), (T1>T3>T2=T4=T6) en ordre de classement1. Des proportions croissantes d'acceptation des options de formules de fumures de 44,44% ; 55,55% ; 66,66% ; 77,77% sont respectivement observées sur les fumures T6 =NPK+Urée; T2=NPK+Urée et T3=fo+BP+Urée; T1(fo+Urée) et enfin T4(fo+BP+Urée+NPK) en ordre 2. En ordre de classement 3, les formules de fumures T1 (fo+Urée), T3 (fo+BP+Urée), T4(fo+BP+Urée+NPK) et T6(NPK+Urée) atteignent toutes 77,77% de taux d'acceptation. Elles sont toutes à 100% à partir de l'ordre de classement4.

V.3.1.2. Perceptions des producteurs des formules de fumures sur la culture du mil.

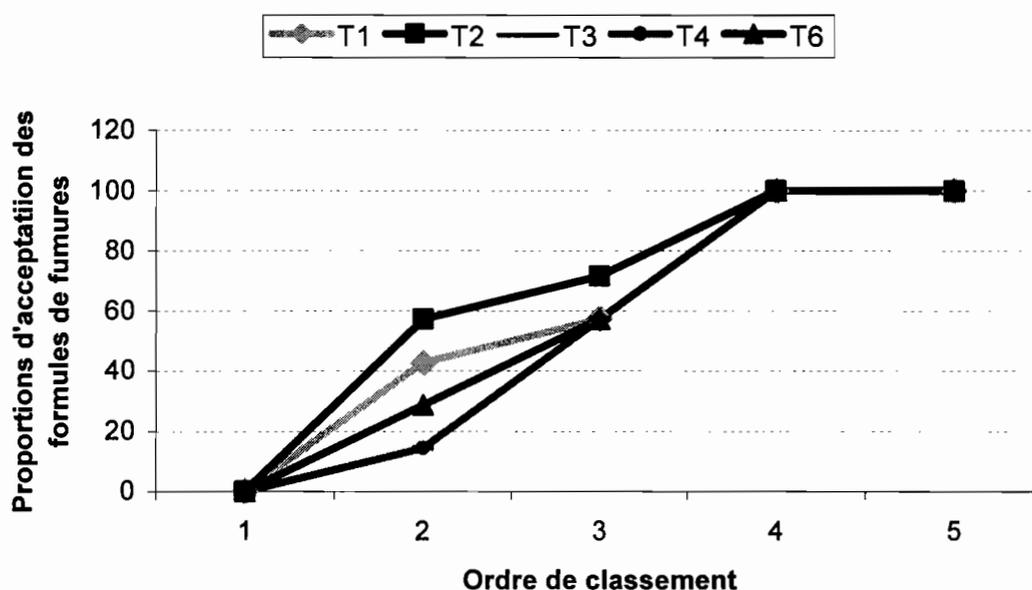


Figure 5 : Probabilités cumulées d'acceptations des options de formules de formules pour le mil (remarquez les courbes T3 et T4 sont confondues).

La formule de fumure T2 (NPK+Urée) est classée en premier choix par les producteurs selon le classement empirique sur la culture du mil à Fantou (Figure5 et annexe 2 a). Elle est suivie en deuxième position des formules de fumures (T3=fo+BP+Urée, T4=fo+BP+Urée+NPK et T6=NPK+urée) et en troisième position de la fumureT1

Suivant les probabilités cumulées d'acceptation des options (annexe2b) en ordre de classement1, toutes les combinaisons de fumures sont refusées par les producteurs.

En ordre de classement 2 la combinaison T2 (NPK+Urée) a la plus forte probabilité d'acceptation (57,14%). Elle est secondée par la T1 (42,85%). La fumure T6 (28,71%) occupe la troisième position de choix, les fumures T3 et T4 occupent la quatrième position avec une probabilité d'acceptation de 14,28%.

Les préférences des producteurs en ordre de classement 3 ont été : T2 (NPK+UR2E)>T1 (fo+Urée)=T3 (fo+BP+Urrée)=T4 (fo+BP+Urée+NPK)=T6 (NPK+Urée). Elles atteignent toutes 100% en ordre de classement 4.

V.3.1. 3. Perceptions des producteurs des formules de fumures sur la culture du maïs

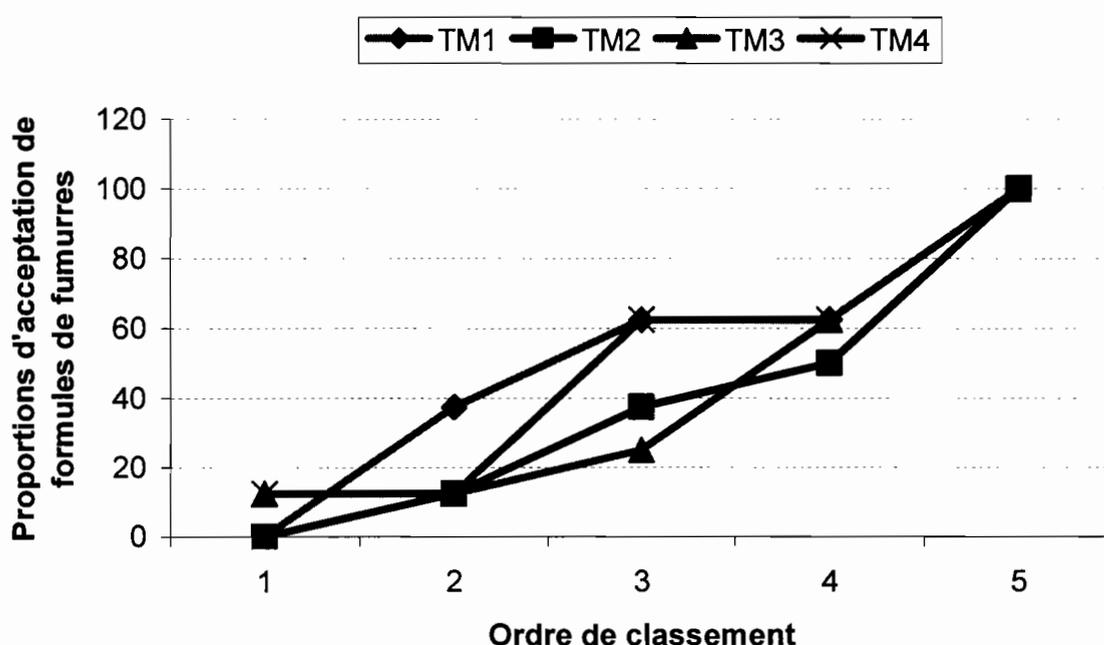


Figure 6 : Probabilités cumulées d'acceptations des options de formules de fumures pour le maïs.

Selon le classement empirique sur le maïs (annexe 3a), la formule de fumure TM1 (NPK+Urée) est la plus préférée performante des combinaisons. Elle est suivie par les formules de fumures TM4 (fo+BP+Urée+NPK), TM3 (fo+BP+Urée) et TM2 (fo+Urée) qui occupent respectivement les rangs 2, 3, 4. On a obtenu ainsi donc ce classement : TM1>TM4>TM3>TM2.

Les probabilités cumulées d'acceptation des options de formules de fumures présentée par la figure 6, confortent la place de préférence de la technologie TM1 (37,5%) en ordre de classement 2.

En ordre de classement 3, la formule de fumure TM1 est ex aequo avec la TM4 avec un pourcentage d'acceptation estimée à 62,5%.

En ordre 4, les formules de fumures TM1, TM3 et TM4 sont toutes à égalité (62,5%).

V.3.1.4. Perceptions des producteurs des formules de fumures sur la culture du niébé.

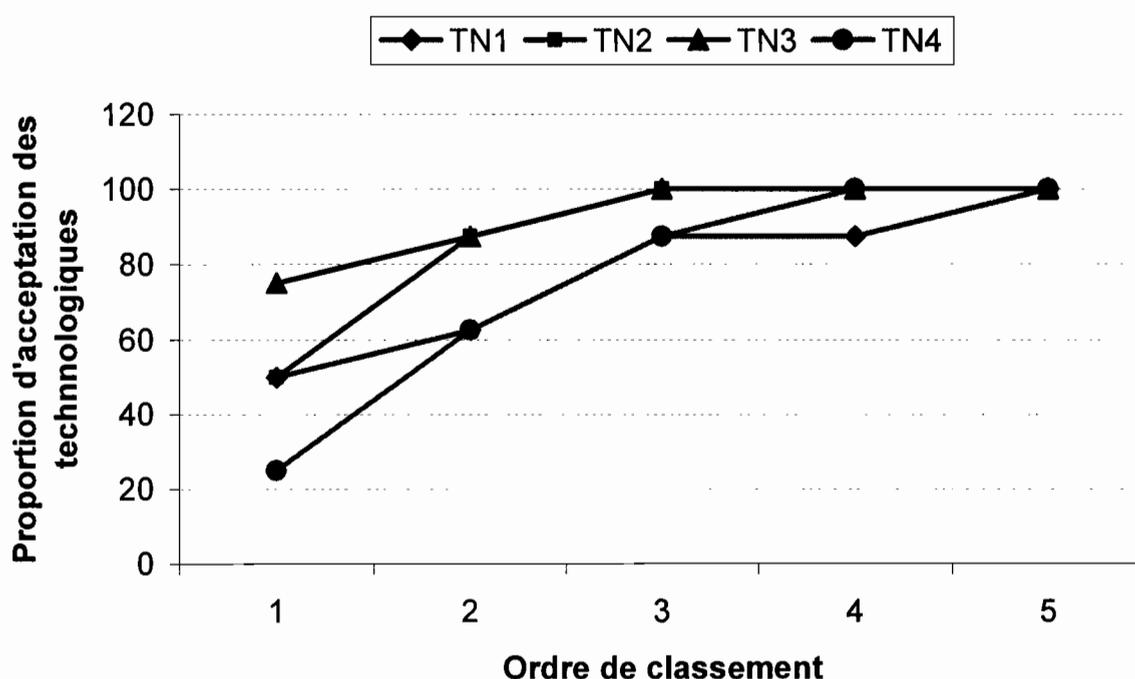


Figure 7: Probabilités cumulées d'acceptations des options de fumures sur le niébé.

Selon l'annexe 3 c, le classement empirique sur le niébé est fait par les paysans en faveur de la TN3 (rang 3). Les formules de fumures ont été classées par ordre croissant de préférence : TN4 < TN1 < TN2 < TN3.

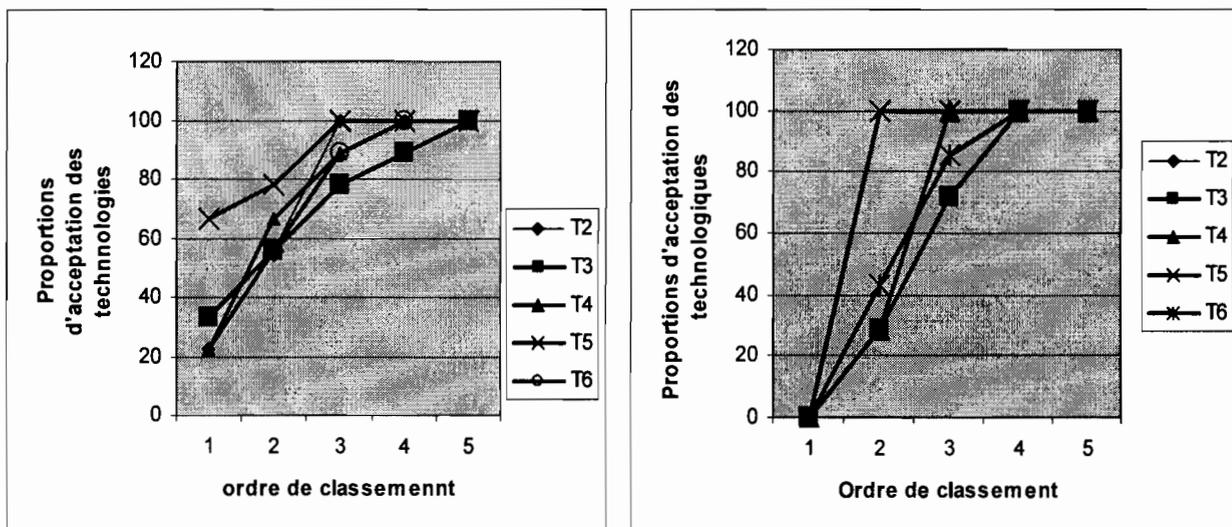
En ordre de classement 1, la TN3 est acceptée à 75% par les producteurs. Cinquante pour cent (50%) des producteurs préfèrent quant à eux les formules de fumures TN1 et la TN2.

En ordre de classement 2 ; les producteurs ont accepté à 87,5% les options TN2 et TN3. Les options TN1 et TN4 sont acceptées à 62,5% par les producteurs.

En ordre 3, les formules de fumures TN2 et TN3 ont 100% d'acceptation. Les producteurs ont accepté les formules TN1 et TN4 à 85%.

Les formules de fumures TN2, TN3, TN4 sont à 100% potentiellement adoptées par les producteurs en ordre 4.

V.3.1.5. Perceptions des producteurs des systèmes de cultures sur les deux légumineuses.



a) Probabilité d'acceptation sur le niébé b) Probabilité d'acceptation sur l'arachide

Figure 8: Probabilités cumulées d'acceptations des options de formules de fumures sur légumineuses avec les systèmes de cultures.

Au regard des tableaux (annexe1a et1b;annexe2c et 2d) respectivement sur le niébé et sur l'arachide, il ressort que le classement empirique des options de formules de fumures se fait en faveur de la T5(BP+NPK) pour le critère rendement grain. La formule de fumure T6(NPK+Urée) est la moins cotée par les producteurs.

La probabilité cumulée d'acceptation des options de formules de fumures T5 (NPK+Urée)(figure8 et annexe 1b) présente une forte proportion d'acceptation de cette fumure par les producteurs (66,66%) en ordre de classement 1; 77,77% en ordre de classement 2 et 100% en rang 3 pour le niébé.

Sur l'arachide, la fumure T5 est acceptée déjà à 100% par tous les producteurs en ordre de classement 2.

V.3.1.6. Conclusion

Des résultats issus de l'évaluation participative par les producteurs, on retient que :

a) Sur le sorgho

- La formule de fumure organo-minérale (T1) et les formules de fumures organo-phosphatées à base de BP+fumier sont les plus acceptées par les producteurs.
- La fumure minérale semble la moins acceptée.

b). Sur le mil

Sur le mil, on adopte d'après les annexes (2a et 2b), le classement suivant selon le degré d'acceptabilité des options de formules de fumures par les producteurs :

T2 (NPK+Urée)>T3 (fo+BP+Urée)=T4 (fo+BP+Urée+NPK)>T1 (fo+Urée)=T6 (NPK+Urée).

c). Sur le maïs, on classe par ordre de préférence ou d'acceptation décroissante:

TM1 (NPK+Urée)>TM3 (fo+BP+Urée)=TM4 (fo+BP+Urée+NPK)>TM2 (fo+Urée)

d) Sur le Niébé, les producteurs classent par préférence:

TN3 (BP+NPK)>TN2 (BP+Urée)>TN4 (fo+NPK)>TN1 (BP).

e) Avec les systèmes de cultures, la culture pure est toujours la plus cotée et l'intercropping la moins cotée quelque soit la spéculation

V.3.2. Discussion

Sur le sorgho, les résultats d'évaluation participative par les producteurs montrent une plus grande préférence des formules de fumures T1 (fo+Urée), T3 (fo+BP+Urée) et T4 (fo+BP+Urée+NPK). En ordre de classement 3 déjà elles ont une probabilité d'acceptation de 77,77%. Ces résultats confirment ceux des tests agronomiques. En effet la formule de fumure organo-phosphatée T4 (fo+BP+Urée+NPK) procurant le rendement moyen le plus élevé, serait la plus performante. Cela serait dû à la synergie d'action de l'association (fumier+BP) avec les engrais minéraux (NPK, Urée). Ces résultats rejoignent ceux de Lompo *et al*, (1997) et qui ont constaté une action complémentaire des formules de fumure à base de fumier et de phosphate naturel avec les engrais minéraux. La fumure organo-minérale T1 (fo+urée) est plus efficace que la fumure organo-minérale associant le BP (T3). Cela s'expliquerait probablement par la faible solubilité du BP qui pose le problème de sa disponibilité; (Bumb et Teboh, 1996; Lompo, 1995).

Sur la culture du mil, aucune probabilité d'adoption n'est constatée sur la culture du mil à l'ordre de classement 1. Toutes les formules de fumures ne satisfont pas le critère de choix ou de préférence d'une fumure donnée. On note comme sur le sorgho une plus grande préférence

des formules de fumure organo-phosphatées fo+BP+Urée (T3) et fo+BP+Urée+NPK (T4). Cependant on note sur cette culture que la fumure minérale (NPK+Urée) est très acceptée par rapport aux autres fumures testées. La rationalité du producteur est vraisemblablement corrélée à la réalisation de l'optimum économique que de la qualité des fertilisants à améliorer la productivité des sols. En termes clairs pour ainsi parodier Delville (1996), les producteurs n'adoptent une formule de fumure parce qu'elle améliore la fertilité de ses sols mais plutôt parce qu'elle est économiquement rentable.

Sur le maïs, il ressort de la classification empirique et de la distribution des probabilités cumulées d'acceptation des options formules de fumures, le classement par ordre de préférence croissante: TM1=TM4> TM3> TM2 par. La fumure minérale répond aux critères de choix des producteurs sur maïs. Ce classement traduit en même temps les réponses de la culture aux différentes formules de fumures testées.

Il ne s'écarte pas du classement obtenu à partir des tests agronomiques à la différence que la TM4 (fo+BP+Urée+NPK)> à la TM1 (NPK+Urée) dans le cas des tests. On pourrait expliquer cela soit par le fait que le paysan a une mensuration visuelle de ses produits soit par le temps d'épandage ou la complexité des traitements de la TM4 (fo+BP+Urée+NPK) exigeant en temps et en main d'œuvre. Delville (1996) est arrivé aux mêmes conclusions en mettant l'accent sur l'itinéraire technique qui peut amener à l'acceptation ou au refus d'une Formule de fumure. L'impact des fumures organo-phosphatées n'est pas bien perçu par les paysans ; ce qui rime à une action équivalente à celle de la fumure minérale TM1 (NPK+Urée).

On a obtenu sur le niébé ce classement: TN3 (BP+NPK)> TN2 (BP+Urée)> TN1 (BP)> TN4 (fo+NPK). Cette classification tranche avec celle obtenue sur les tests agronomiques qui ne notent aucune différence significative entre les formules de fumures pour le critère rendement grain (les moyennes numériques de la production sont par contre différentes). Pour l'agriculteur, le principal instrument de mesure de la qualité des sols demeure les rendements. Ce facteur demeure le principal outil de diagnostic de la performance d'une formule de fumure donnée (Delville, 1996). Volume de production physique à l'unité de surface, le rendement est le résultat visible pour le producteur, l'unité de production mise en place (INRA, 1991). Le temps imparti à l'épandage des engrais explique aussi la divergence du classement entre celui issu de la méthode d'évaluation participative et celui obtenu avec les tests agronomiques. En effet les producteurs adoptent les formules de fumures qui demandent moins de temps pour leur épandage.

En ce qui concerne le système de culture, le choix du producteur est porté sur la culture pure quelle que soit la spéculation. La culture pure des céréales ou des légumineuses semble

être le système de culture qui serait adapté aux façons culturales de ces paysans ; à ce niveau aussi le choix des formules de fumures par les producteurs est guidé par le rendement de la culture. Ces résultats de l'évaluation participative sont en conformité avec les résultats des tests agronomiques. Trois facteurs guident de façon latente le choix voire l'acceptation d'une formule de fumure par les producteurs:

- L'itinéraire technique (le plus rentable, la formule de fumure qui offre la meilleure productivité à ces facteurs);
- Le coût à l'investissement pour les formules de fumures;
- La production potentielle de la formule de fumure

Le dernier facteur semble selon Delville (1996), la logique paysanne d'adoption d'une formule de fumure donnée.

V.3.3. Conclusion

L'évaluation participative par les producteurs permet d'évaluer la probabilité d'acceptation d'une ou de plusieurs formules de fumures par ces derniers. Cette probabilité d'acceptation des formules de fumures traduit en règle générale la performance d'une combinaison de fumures. Pour le producteur, le rendement, la reproductibilité économique et la valorisation de la main d'œuvre constituent des critères d'adoption ou de rejet d'une formule de fumure. Le poids culturel de la spéculation est aussi un critère d'adoption d'une formule de fumure. Il ressort de cette évaluation participative:

- La pertinence des formules de fumure organo-phosphatée $T3=fo+BP+NPK$; $T4=fo+BP+Urée+NPK$ surtout sur les céréales. Ainsi est-il recommandable la production des composts enrichis dans une perspective d'intensification
- Le rôle incontournable de la fumure organo-minérale dans une perspective d'intensification et dans les critères agro-socio-économiques des paysans.
- La culture pure de niébé et de l'arachide est plus préférée par les producteurs avec la combinaison BP+NPK.
- L'efficacité agronomique du phosphate naturel associé aux engrais minéraux (Urée, NPK surtout).

V.4. Evaluation agro-économique

L'hypothèse de l'impact agro-pédologique des formules de fumure organo-phosphatées (recapitalisation du P agricole et total) s'est vérifiée à travers les tests agronomiques et les analyses chimiques des sols. Elles se sont avérées efficaces d'un point de vue agronomique mais dont la rentabilité économique, et la valorisation de la productivité de la main d'œuvre reste à prouver.

Pour cette campagne agricole marquée par l'arrêt brutal des pluies et par l'attaque des animaux, nous focaliserons notre étude économique sur le site de Pentinga dont toutes les données sont exhaustives. En outre les formules de fumures testées sur les céréales sont identiques. L'analyse au niveau parcellaire concerne la totalité de la technologie. Les horaires sur l'itinéraire technique concernant chaque culture ont été évalués par les producteurs eux-mêmes. Ce sont les moyennes qui sont reportées au niveau des tableaux (annexe 4).

L'objectif de cette partie est d'étudier la rentabilité économique et la productivité de la main d'œuvre, à travers une analyse économique des résultats d'expérimentation au champ, afin de mieux appuyer nos recommandations techniques.

V.4.1. Résultats

V.4.1.1. Evaluation de la performance des formules de fumures et de la productivité de la main d'œuvre sur le sorgho.

Pour la culture du sorgho, toutes les formules de fumures ont un Ratio Valeur/Coût (RV/C) inférieur à 1 (annexe 2a). Lorsqu'on considère les valeurs additionnelles totales, la fumure $T4 = fo + BP + Urée + NPK$ enregistre la valeur additionnelle à l'hectare la plus élevée (23904 FCFA), et la plus faible est celle de la $T6 = NPK + Urée$ (-22664 FCFA). On obtient les valeurs intermédiaires par ordre croissant avec les combinaisons, $T3 = fo + BP + urée$ (1068 FCFA), $T2 = NPK + Urée$ (7072 FCFA), et la $T1 = fo + Urée$ (10540 FCFA). Les coûts engendrés par les formules de fumures sont en général supérieurs aux gains additionnels de la production. Ce qui explique que les revenus partiels soient négatifs.

Au regard du tableau (annexe 2d), les bénéfices bruts à l'hectare les plus élevés sont obtenus avec les formules de fumures $T1$ (48301 FCFA) et $T4$ (21124 FCFA). La formule $T6$ (NPK+Urée) enregistre une perte estimée à 20378 FCFA. Dans le même ordre de classement, on classe par ordre décroissant le bénéfice net hr^{-1} , $T1$ (207 Fhr^{-1}) > $T3$ (161 Fhr^{-1}) > $T4$ (66 Fhr^{-1}).

V.4.1.2. Evaluation de la performance des formules de fumures et de la productivité de la main d'œuvre sur le niébé.

Sur le niébé les RV/C de toutes les formules de fumures sont supérieures à 1(annexe2b). On note les RV/C les plus élevés 3,4 et 2,95 avec respectivement les combinaisons de fumures T4 et T5. Le revenu partiel le plus élevé est celui de la formule T4 (77600FCFA) et le faible est celui de la T3 (16685FCFA). Les bénéfices nets à l'hectare et ceux hr⁻¹ (annexe2e) obtenus sur le niébé, permettent de classer par ordre croissant: T3<T2<T4<T5=T6.

V.4.1.3. Evaluation parcellaire de la performance des formules de fumures

Tableau XIV : Performance parcellaires des formules de fumures

Technologies	Valeur additionnelle Totale	Coût additionnel	Revenu partiel	RVC
T0	0	0	0	0
T1	10540	19500	-8960	0,54
T2	65812	81250	-15438	0,81
T3	59503	60250	-747	1
T4	135254	103750	31504	1,30
T5	96825	32750	64075	2,96
T6	41536	81250	-39714	0,51

Lorsqu'on considère la performance des formules de fumures par parcelle élémentaire, la T4 et la T5 enregistrent des RV/C supérieurs à 1 respectivement 1,3 et 2,95(annexe2c). La T3 a un RV/C égale à 1. Quant au niveau des revenus partiels seuls les revenus des formules de fumures T4 et T5 sont positifs. On note une tendance à la baisse des pertes engendrées par ces formules de fumures au niveau parcellaire liée à la présence de la légumineuse (culture de rente).

L'analyse de l'intégralité de chaque technologie au niveau des parcelles (annexe 3f) aboutit à ce classement quant on considère les bénéfices bruts générés par chaque technologie (ha⁻¹) : T5>T4>T6>T2>T3>T1 (cf. Tableau XIV). Ce même classement est aussi constaté avec les bénéfices nets (hr⁻¹).

V.4.1.4. Conclusion

Des résultats d'analyse économique, il est à noter que:

- Sur le sorgho, pour cette campagne agricole marquée par l'arrêt brutal des pluies, toutes les formules de fumures induisent des pertes d'argent;
- La culture pure du niébé rentabilise plus l'investissement et l'effort du producteur ;
- Les associations céréales -légumineuses permettent d'absorber les pertes contractées par l'une des cultures;
- Les formules de fumures organo-phosphatées valorisent en général, l'investissement et la productivité de la main d'œuvre familiale (T3, T4,).

V.4.2. Discussion

Sur le sorgho, les résultats montrent que les formules de fumures présentent un rapport valeur/coût inférieur à 1 ($RV/C < 1$); Ce qui traduit une perte d'argent (Delville, 1996). En effet les revenus partiels sont tous négatifs. Les coûts additionnels engendrés par les formules de fumures dépassent donc les valeurs additionnelles dues par ces formules. La main d'œuvre est valorisée entre 45FCFA et 207FCFA. Seules les formules de fumures T1 et T3 atteignent le coût de la rémunération officielle de la main d'œuvre fixée selon Lompo (1993) à 130F/ha. La formule de fumure T6 est spoliatrice (-67 hr^{-1}).

Toutes les formules de fumures sur le niébé sont rentables du point de vue monétaire que de la valorisation de la main d'œuvre. Les RV/C de toutes les formules de fumures sont supérieurs à 1. Ce qui implique selon Delville (1996) un gain d'argent dû aux différentes formules. On gagne selon Delville (1996) 77600FCFA sur la T4; 64075 FCFA sur la T5; 31450 FCFA sur la T6; 25990 FCFA sur la T2 et 16685 FCFA sur la T3. Par ordre de valorisation croissante de la productivité de la main d'œuvre, on a: $T3 < T2 < T4 < T6 < T5$. La productivité de la main d'œuvre, la plus élevée est celle de la T5 (1518FCFA) et la plus faible est celle de la T3 (1308FCFA).

Quant on mène l'analyse économique au niveau de la parcelle, on réalise une absorption des pertes engendrées par les formules de fumures prises individuellement dans la rotation ou dans l'association. Au niveau des cultures en rotation, les formules de fumures à base de fumier et de phosphate naturel (T3 et T4) rentabilisent l'investissement du producteur. L'utilisation des légumineuses dans les systèmes de cultures comporte beaucoup davantage. L'arachide et le niébé sont des cultures de rentes pouvant rapporter des revenus financiers aux producteurs, leur

donnant ainsi les moyens d'acheter les engrais et des équipements agricoles (Bado, 2002). Les fanes des légumineuses constituent du fourrage pour les animaux, et un fertilisant biologique pour les champs par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. La différence dans la rentabilité de l'investissement et la productivité de la main d'œuvre en culture pure entre la légumineuse T5 et la céréale T1 s'explique soit par la nature de la culture (culture de rente ou vivrière), soit dans la fluctuation des produits au niveau du marché. En outre cette étude démontre l'avantage de l'association qui présente l'avantage d'avoir au moins l'une des deux cultures lorsque les conditions climatiques s'avèrent défavorables pour une des cultures données.

V.4.3. Conclusion

L'analyse économique des résultats des tests agronomiques vient une fois de plus confirmée la place incontournable des formules de fumures à base de fumier et de BP dans l'optique d'une recherche de formules de fumures performantes pour appuyer nos recommandations techniques. Elles permettent de réaliser non seulement des bénéfices mais aussi de valoriser la main d'œuvre familiale. La culture pure du niébé est aussi une alternative pour ceux qui veulent s'investir dans l'agrobusiness.

Conclusion générale

La recherche d'une (des) formule (s) de fumure (s) efficace pour les principales cultures de l'Est a été abordée à travers cette étude avec une visée spéciale sur les formules de fumures à base de fumier (compost) et de phosphate naturel. A cet effet des enquêtes et des dispositifs en milieu réel ont été la charpente de cette étude. Il en ressort des conclusions suivantes :

1. La production de la fumure organique telle quelle se passe sur le terrain est loin d'atteindre celle recommandée par les structures de recherche. Malgré la proximité de l'important gisement de Kotchari et de l'usine de transformation de Diapaga; la disponibilité des résidus culturaux et des fèces d'animaux, la production de la fumure organique améliorée (MO et BP) n'est pas assez répandue. Les producteurs peuvent cependant adopter la combinaison BP+fumier pour une meilleure productivité des terres vue l'abondance des ressources locales.

2. La fumure minérale (NPK + urée) a une efficacité immédiate quelle que soit la spéculon. Cette efficacité semble liée aux systèmes de culture (supériorité de la culture pure sur l'intercropping).

3. Les formules de fumures organo-phosphatées ont eu un impact agro-pédologique. L'association fumure organique et phosphate naturel améliore l'efficacité des engrais minéraux. Les meilleurs rendements avec cette association sont obtenus par adjonction conjointe de l'urée et du NPK qu'avec l'urée seule. Ces fumures ont en outre un effet sur la recapitalisation du phosphore et le stock du carbone (matière organique) du sol et modérément sur le potassium et l'azote.

4. Il a été constaté aussi que le NPK joue un rôle important dans l'efficacité agronomique du phosphate naturel (solubilité) en combinaison de fumure (BP+NPK).

5. La rationalité du producteur à l'acceptation d'une (ou plusieurs) formule de fumure (s) à travers la méthode de la notation matricielle, est plus corrélée par le poids culturel intrinsèque de la spéculon dans le terroir; la rentabilité économique et enfin la productivité de la main d'œuvre familiale. De ces critères de choix, les formules de fumures avec fumure organo-minérale (fo + urée), la culture pure du niébé (NPK +BP) et surtout les formules de fumures organo-phosphatées (fo+BP+Urée; fo+BP+Urée+NPK) ont été retenues comme meilleures formules de fumures par les producteurs.

6. L'analyse économique des résultats agronomiques confirme en outre la pertinence des fumures organo-phosphatées (fo+BP+Urée; et fo+BP+Urée+NPK), et la fumure organo-minérale (fo+NPK sur légumineuses) dans une perspective d'intensification durable. Le système de culture pure du niébé avec NPK+BP est aussi une combinaison de fumure économiquement rentable.

Cette étude ouvre de nouvelles perspectives de développement et de recherche afin de mieux accompagner les recommandations techniques et permettre une exploitation durable et intensive des ressources sols.

➤ Au niveau du développement, des actions de vulgarisation effective du compostage, avec l'usage du phosphate naturel pour améliorer la qualité du compost sont à renforcer. Cela présente les avantages:

- de résoudre la difficulté d'épandage des phosphates naturels;
- d'améliorer la solubilité et par conséquent la qualité du compost.

Une meilleure gestion des ressources organiques (résidus de culture) est à proposer au niveau des exploitations afin de réduire les compétitions aux résidus culturaux. Lompo (1993) propose outre l'adoption des foyers améliorés et des techniques agroforestières, l'introduction de sole fourragère dans les systèmes de culture et le bois villageois.

La construction en outre d'entrepôt sur les sites pour rendre accessibles les phosphates naturels est à intégrer dans le circuit de livraison efficace du phosphate naturel ; la création de crédit agricole pour le phosphate naturel (application du Warrantage par exemple) et l'incitation par l'Etat à l'utilisation du phosphate naturel sont à intégrer dans les différents projets de développement agricole.

➤ La recherche se doit de proposer des dispositifs de compostage accessibles et aisément manipulables pour les paysans. L'avantage d'une telle recommandation est la résolution du problème d'équipements qui se pose au cours des différentes opérations de compostage.

Des dispositifs permettant d'étudier en station, l'action des fumures (BP+urée) et (BP+NPK) (BP+NPK+Urée) avec différents substrats pour mieux appréhender et maîtriser au champ et en compostière, les différents mécanismes y afférents sont à envisager.

La combinaison (BP+NPK) semble agronomiquement efficace (solubilité), il serait intéressant d'envisager un partenariat entre le projet phosphates naturels avec les structures de recherche pour prospecter la voie industrielle de combinaison de cette formule de fumure.

Pour cette première campagne, les effets des formules de fumures sont modérément perceptibles. Il serait intéressant d'envisager une étude sur les arrières effets non seulement des formules de fumures mais aussi et surtout, de la contribution des rotations céréales-légumineuses, dans la nutrition azotée et la solubilisation des phosphates naturels.

Références bibliographiques

- Bacyé B., 1993.** Influence des systèmes de cultures sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (Province du Yatenga, Burkina-Faso). Thèse de doctorat en sciences, université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix Marseille III. 243 p.
- Bado B.V., Sedogo P.M., Hien V. et Lompo F., 1991.** Utilisation efficace des engrais azotés pour une augmentation de la production vivrière: 'expérience du Burkina. In A.U.MOKUWNYE (Ed.) Alleviating Soil Fertility Constraints to increased Crop Production in West Africa, 115-123. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Bado B.V., 1994.** Modification chimique d'un sol ferrallitique sous l'effet de fertilisants minéraux et organique : conséquences sur les rendements d'une culture continue de maïs, 57p+annexes
- Bado, B. V., Sedogo, M. P. et Lompo F., 1997a.** Efficacité d'un phosphatage de fond sur la productivité d'un sol ferrallitique. In : Gestion de la fertilité des sols dans les systèmes d'exploitation d'Afrique de l'Ouest. 4-8mars 1997; pp 85-88.
- Bado B.V., Sedogo M.P., Cescas M.P., Lompo F. et Bationo A.;1997b.** Effets à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina-Faso. *Agricultures*. Vol 6 n°6.
- Bado B. V.; Lompo, F.; Sedogo, M. P. et Hien, V., 2000.** Comment fertiliser les céréales à moindre coût: le Burkina phosphate comme alternative. 4è Ed. FIRSIT, p1-19.
- Bado B.V., 2002.** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne au Burkina- Faso. Thèse de doctorat de troisième cycle, université Laval Québec, 148p.
- Bationo A , Chien S H , Mokwunye A U , 1987.** Chemical characteristics and agronomic values of some phosphate rocks in west Africa n : Food grain production semi-arid Africa Meyonga J M Bezuneh T and Youndeowei A (eds) coordination office, OAU SAFGRAD, ESSEX, UK.
- Bationo, A et Mokwunye, A.U., 1991.** Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production with special reference to the Sahelian and Sudanian zones of west africa. Kluwer Academic Publishers: 217-225.
- Bationo A., Sedogo M.P.; Buerkert A., Ayuk E.,1995.** Recent achievement on agronomic evaluation of phosphorus fertilizer sources and management in the west Africa semi-arid tropics. Atelier SCOPE «Gestion durable des terres en zones semi-arides et sub-humide d'Afrique», Dakar, 15-19nov.1993.Série Colloque et Séminaire du CIRAD, pp90-109.

- Bonzi M., 1989.** Etudes des techniques de compostage et évaluation de la qualité des compost : effets des matières organiques sur les cultures et la fertilité des sols. Mémoire de fin de d'étude IDR, université de Ouagadougou. 66p.
- Bonzi M., Lompo F. et Sedogo P. M., 2006.** inter-action Eau-Substances nutritives et les phosphates naturels: Phosphore et Phosphates naturels en fertilité. 129p.
- Bumb B. L., Teboh J. F., 1996.** Utilisation des phosphates naturels pour la restauration et le maintien de la fertilité des sols au Burkina Faso. Document de base. IFDC-A, 35 p.
- BUNASOLS, 1985.** État de connaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso. Document technique N°1, Ouagadougou; 50p+ annexes.
- Dabin B., 1980.** Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. Journées Georges Hubert 11 Septembre 1980».
- Delville P.L., 1996.** Gérer la fertilité des terres dans les pays du sahel. Diagnostics et conseils aux paysans. CTA-GRET. Collection << le point sur >> 397p.
- Diallo L., 2002.** Effet des engrais azoté et du fumier sur les rendements du maïs. Mémoire de fin d'étude IDR, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 58 p.
- DRED/MED, 2004.** Monographie de la province de la Tapoa. Population et Développement. Projet BKF05/02/03.
- Dugué P., 1982.** Enquête sur l'utilisation du Volta –phosphate par les paysans. IRAT Haute Volta-Déc. 1982.
- Edzang, O., 2000.** Mise au point des dates optimales d'apport d'azote pour les variétés de maïs à cycle intermédiaire, précoce et extra précoce. Mémoire de fin d'étude IDR, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 53 p.
- Falisse A. et Lambert J., 1994.** Fertilisation minérale et organique in TAYEB ameine E.H., Persoons E., Agronomie Moderne bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. HATIER-AVPELF-UREF
- FAO, 1997.** Engrais et nutrition végétale: emploi rationnel des engrais sur les sols en zones tropicales humides.
- FAO, 2003.** Engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. Quatrième édition. IFA 77p.
- Fontès J., Guinko S., 1995.** Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Institut de la Carte International de la Végétation. Université Toulouse France; Institut du Développement Rural, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 66 pp

Ganry F., 1990. Application de la méthode isotopique à l'étude des bilans azotés en zone tropicale sèche. Thèse de doctorat d'état, sciences naturelles, université de Nancy I, 354p.

GRN/SP-Est, 2006. Etat des lieux des connaissances de la région de l'Est, Volet recherche-action en milieu réel du PICOFA, 47p.

Hien V., 1990. Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du Burkina Faso. Thèse de doctorat INPL, Nancy- France; spécialités sciences agronomiques ; option Agro-pédologie; 149p.

Hien V., Youl S., Sanon K., Traoré O. et Kaboré D., 1992. Rapport de synthèse des activités du Volet expérimentation du Projet Engrais Vivriers 1986-1991. Résultats agronomiques et évaluations économiques des formules d'engrais à moindre coût pour les céréales, 184pp.

INERA, 1996. Raisonnement de la fertilisation azotée du maïs en zone de savane Ouest Africain en fonction des conditions pédologiques. Projet STD3, N°T53-CT94-60262.

INERA, 2006. Etats des lieux des lieux des connaissances de la région de l'Est. Volet Recherche Action en milieu réel du PICOFA.

INERA GRN/SP Ouest, 1999. La recherche sur la gestion des ressources naturelles et les systèmes de production en zone ouest; 1999 du Burkina Faso : Bilan de dix années de recherche, 31pp.

INRA, 1991. Fertilité et systèmes de production. 369p.

Kabrah Y., Yao N.R., DEA G. B. et Couloud J. Y., 1996. Effet de l'apport d'engrais et de matière organique sur le rendement en grains chez le maïs. Cahiers Agricultures 1996; 5:189-93.

Kambiré S.H., 1994. Systèmes de culture paysan et productivité des sols ferrugineux lessivés du plateau central (B.F.): effets des restitutions organiques. Thèse doctorat troisième cycle, université de Dakar. 188p.

Kuela D.T., 2000. Monographie de la province de la Tapoa. Population et développement. CONAPO et PPLS/DREED-Est et CPAT/TAOA.

Lamachère J. M. et Serpantié G., 1996. Erosion, dégradation de l'environnement et systèmes de production dans la région de Bidi (Burkina Faso, nord Yatenga).

Lompo, F., 1993. Contribution à la valorisation des phosphates naturels du Burkina Faso: Etude des effets de l'interaction phosphate naturel-matière organique. Thèse de Docteur Ingénieur. Université nationale de Côte d'Ivoire; 247 p.

Lompo, F., Sedogo, M.P., Hien, V. et Kaboré, D., 1993. Expériences et perspectives de maintien de la productivité du sol dans l'agriculture au Burkina Faso. 42 p

Lompo F., Sedogo P.M. et Assa A., 1994. Effets à long terme des phosphates naturels de Kotchari (Burkina Faso) sur la production de sorgho. Bilans minéraux. Rev.Res.APAMA, 1994. 6: 163-178.

Lompo F., Sedogo P.M., Ouattara B., 1994. Le carbone et l'azote dans différentes fractions granulométriques d'un sol ferrugineux tropical: effets de quatre types d'amendements organiques. Sci.et Tech.vol.20 (3) 1993-1994:110-120.

Lompo, F., Sedogo, M.P.; Hien, 1995. Impact agronomique du phosphate et de la dolomie du Burkina. Etudes diverses sur les engrais n° 12: 60-72.

Lompo F., 2004. Guide pour la conduite des évaluations participatives des technologies.

Lompo, D.P., 2005. Gestion de la fertilité des sols dans les systèmes de culture de l'ouest du Burkina Faso: Evaluation des effets Agronomiques et de rentabilité économique de trois formules de fumure. Mémoire de fin d'études IDR, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 60 p.

Mokwunye A.U., 1996. Rôle des phosphates naturels locaux dans la récapitulation de la fertilité des sols Ouest africains. Marché africain des intrants 9(9): 6-9. [http://www.Fao.org/docrep/007/Y5053f09htm#top of page](http://www.Fao.org/docrep/007/Y5053f09htm#top_of_page).

Morant P., 1986. L'utilisation des Burkina phosphates Bruts et influence des apports de matière organique sur leur solubilisation et assimilation du phosphore par les plantes. Résultats agronomiques et économiques.16p.

N'Diaye M.et Sidibé M.,1999. Recherche de formule d'engrais NPK économiquement rentable pour la culture du maïs pluvial dans le centre sud du sénégal.

Ouattara, S., 1991. Contribution à l'étude de l'évolution des sols sous culture : étude de différentes techniques culturales sur les rendements des cultures et sur l'évolution du sol dans un système à base d'arachide. Mémoire de fin d'études, IDR, Burkina Faso, 76 p.

Pichot J., Sedogo M.P., Poulain J.F., 1981. Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence des fumures minérale et organiques. Agronomie tropicale n°36.

Pieri C., 1989. Fertilisation des terres de savanes. Bilan de trente années de recherche et de développement agricole au sud du sahara. Ministère de la coopération-IRAT/CIRAD. 444pp.

Pousset, 2000. Engrais verts et fertilité des sols. Editions agridécisions.287p.

Samaké F., 1987. Contribution à la valorisation du phosphate naturel de Tilemsi (Mali) par l'action d'acides minéraux et de composés organiques humifiés. Thèse Doct.- Ingénieur. INPL, Nancy, France,198pp.

Sedogo, M.P., 1981. Contribution à l'étude de la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Matière organique du sol, nutrition azotée des cultures. Thèse Docteur Ingénieur, INPL NANCY. 135 p.

Sedogo P.M., Bado B.V., Hien V., Lompo F.,1991. Utilisation efficace des engrais azotés pour une augmentation de la production vivrière: l'expérience du Burkina Faso. *Développement in plant and Soil Science* 47:115-123.

Sedogo P.M., 1993: Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture/ incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de doctorat. Univ. Cocody. C.I., 285p.

Sedogo P.M.,Bado B.V., CESCAS M.P., Lompo F. Et Bationo A., 1997. Effet à long terme des fumures sur les sols et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahier d'Agriculture*; 6: 571-575.

Segda Z., 1991. Contribution à la valorisation agricole des résidus de culture dans le plateau Central du Burkina Faso: Inventaire des disponibilités en matière organique et étude des effets de l'innoculum MICRO 110 IBF. Mémoire d'Ingénieur des Sciences Appliquées, IPR/Katiabougou, 100pp.

Soltner D., 2003. Les bases de la production végétale. Tome1. Le sol et son alimentation. Collection Sciences et techniques agricoles. 23^e édition, 472p

Truong B., 1989. Evaluation de l'efficacité agronomique des phosphates naturels provenant d'Afrique de l'Ouest. Thèse Doctorat INPL. Spécialité : Sciences agronomiques; option: fertilisation des sols.

Truong B.et Fayard C., 1994. Petites unités de production d'engrais à base de phosphates bruts et partiellement solubles. Séminaire régional IFDC-Afrique sur l'emploi des ressources locales pour une agriculture durable en Afrique de l'Ouest. Lomé, TOGO-21-23 nov.1994.

Uyovbiséré E O, Chude V O and Bationo A, 1999. Promising nutrient ratios infertilizer formations for optimal performance of maize in the Nigérien savan: The need for a review of current recommendations In *Strategy for sustainable maize production in west and central Africa* International Institute of tropical Agriculture, p263-271.

Vanlauwe B., Aihou K., Aman S., Iwuafor E.N.O., Tossah B.K., Diels J., Sanginga N., Lyasse O., Merckx R. & Deckers J. 2001. Maize yield as affected by organic inputs and urea in the West African moist savanna. *Agronomy Journal* 93, 1191-1199.

Yaro D T, Iwuarfor E N O, Chude V O and Tarfa B D, 1997. Use of organique manure and inorganique fertilizer in maize production field evaluation in strategy for sustainable maize production in west and central Africa, 237-239p.

ANNEXES

Annexe1a: Probabilités cumulées d'acceptation des options de formules de fumures sur niébé/Pentinga

Producteurs	Options de formules de fumures				
	T2	T3	T4	T5	T6
P1	1	2	2	3	1
P2	2	3	4	1	4
P3	3	2	2	1	1
P4	3	1	2	1	2
P5	2	1	2	1	3
P6	1	3	1	1	1
P7	2	1	1	1	3
P8	3	5	3	2	3
P9	3	4	3	3	2
Totaux	20	22	20	14	20
Classement empirique	2	3	2	1	2

Annexe 1b: Probabilités cumulées d'acceptation des options formules de fumures, rendement niébé/Pentinga

Options des formules de fumures	Ordre de classement				
	1	2	3	4	5
T2	22,22	55,55	100	100	100
T3	33,33	55,55	77,77	88,88	100
T4	22,22	66,66	88,88	100	100
T5	66,66	77,77	100	100	100
T6	33,33	55,55	88,88	100	100

$$T2= T3= T4=T5=T6= NPK+BP$$

Annexe 1c: Ordre de classement des options de formules de fumures, rendements sorgho/Pintenga

Producteurs	Options de formules de fumures				
	T1	T2	T3	T4	T6
P1	2	1	2	2	1
P2	1	2	3	4	4
P3	4	4	4	2	2
P4	2	3	1	2	2
P5	1	2	1	2	3
P6	1	1	3	1	1
P7	3	2	1	1	4
P8	1	4	4	2	3
P9	4	4	2	4	3
Totaux	19	23	21	20	23
Classement empirique	1	4	3	2	4

Annexe 1d: Probabilités cumulées d'acceptation des options de formules de fumures, rendements sorgho/Pintenga

Options de formules de fumures	Ordre de classement				
	1	2	3	4	5
T1 (fo+Urée)	44,44	66,66	77,77	100	100
T2 (NPK+urée)	22,22	55,55	66,66	100	100
T3 (fo+BP+urée)	33,33	55,55	77,77	100	100
T4(fo+BP+NPK+urée)	22,22	77,77	77,77	100	100
T6 (BPK+urée)	22,22	44,44	77,77	100	100

Annexe 2a: Ordre de classement des options de formules de fumures, rendements mil/Fantou

Producteurs	Options de formules de fumures				
	T1	T2	T3	T4	T6
P1	5	4	4	4	4
P2	3	4	3	4	3
P3	2	2	2	3	2
P4	5	3	3	3	4
P5	5	2	4	4	5
P6	2	2	4	2	2
P7	2	2	3	3	3
Totaux	24	19	23	23	23
Classement empirique	3	1	2	2	2

T1= fo+urée, T2= NPK+urée, T3= fo+BP+urée, T4= fo+BP+NPK+urée, T6= NPK+urée

Annexe 2b: Probabilités cumulées d'acceptation des options de formules de fumures, rendement mil/Fantou

Options de formules de fumures	Ordre de classement				
	1	2	3	4	5
T1 (fo+urée)	0	42,85	57,14	100	100
T2 (NPK+urée)	0	57,14	71,43	100	100
T3 (fo+BP+urée)	0	14,28	57,14	100	100
T4(fo+BP+NPK+urée)	0	14,28	57,14	100	100
T6 (NPK+urée)	0	28,71	57,14	100	100

Annexe 1c: Ordre de classement des options de formules de fumures, rendements arachide

Producteurs	Options technologiques				
	T2	T3	T4	T5	T6
P1	3	3	3	2	3
P2	3	2	3	2	3
P3	3	4	2	2	2
P4	2	2	2	2	3
P5	3	4	3	2	2
P6	3	3	3	2	4
P7	2	3	3	2	2
Totaux	19	21	19	14	19
Class empirique	2	3	2	1	2

T2= T3= T4=T5=T6= NPK+BP

Annexe 2d: Probabilités cumulées d'acceptation des options de formules de fumures rendement arachide

Options de formules de fumures	Ordre de classement				
	1	2	3	4	5
T2	0	28,57	100	100	100
T3	0	28,57	71,43	100	100
T4	0	28,57	100	100	100
T5	0	100	100	100	100
T6	0	42,86	85,71	100	100

T2= T3= T4=T5=T6= NPK+BP

Annexe 3a: Ordre de classement des options de formules de fumures, rendements maïs

Producteurs	Options de formules de fumures			
	TM1	TM2	TM3	TM4
P1	3	4	4	3
P2	2	3	4	3
P3	2	3	4	1
P4	2	2	3	3
P5	3	5	5	3
P6	5	5	5	5
P7	5	5	1	5
P8	5	5	5	5
Totaux	27	32	31	28
Classement empirique	1	4	3	2

TM1=NPK+urée, TM2= fo+urée, TM3= fo+BP+urée, TM4= fo+BP+NPK+urée

Annexe 3b: Probabilités cumulées d'acceptation des options de formules de fumures maïs

Options des formules de fumures	Ordre de classement				
	1	2	3	4	5
TM1 (NPK+urée)	0	37,5	62,5	62,5	100
TM2 (fo+urée)	0	12,5	37,5	50	100
TM3 (fo+BP+urée)	12,5	12,5	25	62,5	100
TM4(fo+BP+NPK+urée)	12,5	12,5	62,5	62,5	100

Annexe 3c: Ordre de classement des options de formules de fumures, rendements Niébé

Producteurs	Options de formules de fumures			
	TN1	TN2	TN3	TN4
P1	3	2	2	2
P2	1	1	1	3
P3	1	1	1	1
P4	3	2	1	2
P5	1	1	1	1
P6	5	3	3	2
P7	1	1	1	5
P8	2	2	1	3
Totaux	17	13	11	19
Classement empirique	3	2	1	4

TN1= BP, TN2 =BP+urée, TN3= BP+NPK, TN4= fo+NPK

Annexe 3d: Probabilités cumulées d'acceptation des options de formules de fumures sur niébé

Options de formules de fumures	Ordre de classement				
	1	2	3	4	5
TN1 (BP)	50	62,5	87,5	87,5	100
TN2 (BP+urée)	50	87,5	100	100	100
TN3 (BP+NPK)	75	87,5	100	100	100
TN4 (fo+NPK)	25	62,5	87,5	100	100

Annexe 4a: Performance des de formules de fumures sur le rendement du sorgho

Technologie	Production additionnelle paille	Production additionnelle grain	Valeur additionnelle paille	Valeur additionnelle grain	Valeur additionnelle Totale	Coût additionnel	Revenu partiel	RVC
T0	0	0	0	0	0	0	0	0
T1 (fo+urée)	355	77	2840	7700	10540	19500	-8960	0,54
T2 (NPK+urée)	184	56	1472	5600	7072	48500	-41428	0,15
T3 (fo+BP+urée)	246	81	1968	8100	10068	27500	-17432	0,37
T4(fo+BP+NPK+urée)	763	188	6104	18800	24904	71000	-46096	0,36
T6 (NPK+urée)	-508	-186	-4064	-18600	-22664	48500	-71164	-0,47

Annexe 4b: Performance des formules de fumures sur le rendement du niébé (Pentinga)

Technologie	Production additionnelle Fane	Production additionnelle grain	Valeur additionnelle Fane	Valeur additionnelle grain	Valeur additionnelle Totale	Coût additionnel	Revenu partiel	RVC
T0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	381	126	19050	39690	58740	32750	25990	1,79
T3	176	129	8800	40635	49435	32750	16685	1,51
T4	443	280	22150	88200	110350	32750	77600	3,37
T5	897	165	44850	51975	96825	32750	64075	2,96
T6	213	170	10650	53550	64200	32750	31450	1,97

T2 = T3 =T4 = T5 =T6= BP+NPK

Annex4c : Productivité approximative de la main d'œuvre familiale: Consortium/SORGHO

	T1	T2	T3	T4	T6
Rendement(kg/ha)	626,83	606	631,33	738	364,67
Production brute	78305	78438	77881	92704	45202
Coûts variables (F/ha)					
Semences	680	680	680	680	680
Engrais/fumure	21000	63000	27000	69000	63000
Achat sacs	400	400	400	400	400
Transport	1500	1500	1500	1500	1500
Total coûts variables(F/ha)	23580	65580	29580	71580	65580
Main d'œuvre familiale (hr)					
Préparation du sol	39	41	41	41	44
Semis	35	42	42	42	42
Sarclage1	37	37	37	37	37
Sarclage2	23	23	23	23	23
Epannage					
d'engrais/fumure	45	45	53	61	43
Récolte	45	39	39	39	41
Battage	40	62	64	75	72
Total main d'œuvre familial (heure)	264	289	299	318	302
Bénéfice brut (F.ha-1)	54725	12858	48301	21124	-20378
Bénéfice brut F.hr-1	207	45	161	66	-67

Annexe 4 d: Productivité approximative de la main d'œuvre familiale: Consortium/NIEBE

	T2	T3	T4	T5	T6
Rendement(kg/ha)	807,33	786,83	937,83	891,16	856,5
Production brute	381910	360928	419159	421534	421534
Coûts variables					
Semences	3900	3900	3900	3900	3900
Engrais/fumure	25500	25500	25500	25500	25500
Achat sacs	400	400	400	400	400
Transport	1500	1500	1500	1500	1500
Total coûts variables (F/ha)	31300	31300	31300	31300	31300
Main d'œuvre familiale (hr)					
Préparation du sol	41	41	41	39	44
Semis	42	42	42	35	42
Sarclage1	32	32	32	32	32
Sarclage2	23	23	23	23	23
Epannage					
d'engrais/fumure	47	47	47	43	43
Récolte	39	39	39	45	41
Battage	80	80	95	40	72
Total main d'œuvre familial (hr)	304	304	319	257	297
Bénéfice brut (F.ha-1)	350610	329628	387859	390234	390234
Bénéfice brut (F.hr-1)	1153	1084	1214	1518	1314

Annexe 4 e: Productivité approximative parcellaire de la main d'œuvre familiale

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Production brute (kg ha-1)	78305	230174	219405	255932	421534	233368
Coûts variables						
Semences	680	2290	2290	2290	3900	4580
Engrais/fumure	21000	46500	46500	46500	25500	46500
Achat sacs	400	800	800	800	400	800
Transport	1500	3000	3000	3000	1500	3000
Total coûts variables (F/ha)	23580	52590	52590	52590	23590	52590
Main d'œuvre familiale (hr)						
Préparation du sol	39	41	41	41	39	39
Semis	35	42	42	42	35	42
Sarclage1	37	35	35	35	32	35
Sarclage2	23	23	23	23	23	23
Epannage des engrais / Fumure	45	46	50	54		43
Récolte	45	39	39	39	45	41
Battage	40	43	43	43	44	43
Total main d'œuvre familial (hr)	264	269	273	277	261	271
Bénéfice brut F ha-1	54725	177584	166815	203342	397944	180778
Bénéfice brut F hr-1	207	660	610	734	1524	667

Annexe 5: Doses d'engrais en kg par parcelle élémentaire

Sites	Traitement	Sorgho	Niébé	Total
Pentinga	NPK			
	1	0	0	0
	2	1,125	0,56	1,685
	3	0	0,56	0,56
	4	1,125	0,56	1,69
	5	0	1,125	1,125
	6	1,125	0,56	1,69
	Urée			
	1	1,125	0	1,125
	2	0,56	0	0,56
	3	0,56	0	0,56
	4	0,56	0	0,56
	5	0	0	0
	6	0,56	0	0,56
	BP			
	1	0	1,69	1,69
	2	2,25	1,69	3,94
	3	2,25	1,69	3,94
4	0	3,375	3,375	
5	0	1,69	1,69	
6				
Fantou		Sorgho	Niébé	Total
	Idem Pentinga			
		Maïs	Niébé	Total
Kotchari	NPK			
	1	3,375	0	3,375
	2	0	0	0
	3	0	2,25	2,25
	4	3,375	2,25	3,375
	Urée			
	1	2,25	0	2,25
	2	2,25	1,125	3,375
3	2,25	0	2,25	
4	2,25	0	2,25	

Kotchari	BP			
	1	0	4,5	4,5
	2	0	4,5	4,5
	3	4,5	4,5	9,0
	4	4,5	0	4,5

Annexe 6: Données sur le prix des intrants et des produits (FCFA).

Niébé	Sorgho	Fanes	Paille	NPK	Urée	BP	Fumier	Décis
300	100	35	7	290	290	50	7	7250

Annexe7: Fiches d'enquête sur la matière organique et le BP ;et d'évaluation participative

Section 1: Evaluation participative (Méthode de la notation matricielle)

Nom du producteur

Date:.....

Village :.....

TECHNOLOGIES	NOTE TOTALE	Critère 1 Levée	Critère 2 Croissance	Critère 3 Floraison	Critère 4 Paille	Critère5 Rendement
T ₁						
T ₂						
T ₃						
T ₄						
...						
T _n						

La notation va de 5 (faible, pauvre, mauvais par exemple) à 1 (fort, haut ou bon par exemple)

Source :LOMPO François (2004)

Section 2: Problématique des éléments fertilisants

I. Problématique de la matière organique

1. Utilisez-vous la matière organique (nature cf. tableau) ?

Oui: / / Non : / /

2. Quels sont les avantages liés selon vous à l'utilisation des engrais ?

AV₁ :

AV₂ :

AV₃ :

3. Quels types de dispositif de compostage utilisez-vous ?

T₁ :

T₂ :

T₃ :

4. Adjoignez-vous des engrais au compostage? Oui : / / Non : / /

5. Comment gérez-vous les résidus culturaux ?

Enfouissement: / / Fourrage : / / Confection d'enclos : / /

Brûlis : / / Mulch : / / Autres: / /

4. Difficultés liées à l'utilisation de la matière organique ?

-Disponibilité :.....

-Transport:.....

-Energie:.....

-Rareté de substrats organiques:.....

-Vulgarisation:.....

-Fosse compostière:.....

Nature	Production annuelle	Autres sources de la MO	Fosse fumure		Compostage		
			Vol. (m ³)	Qté (kg)	Nature des éléments	Adjonction D'engrais	
		1.			Paille		NPK
		2.			Fane d'arachide		BP
		3.			Fane de niébé		Urée
		4.			Feuilles mortes		TSP
		5.			Tiges de coton		KCl
		6					Autres

1. Parcage d'animaux au champ en saison sèche

2. Déchets managers

3. Prêt de matière organique

4. Déchets animaux

5. Déchets des toilettes

6. Autres

II. Utilisation et freins majeurs à l'utilisation du Burkina Faso

-Utilisez-vous le BP ? Oui : / / Non : / /

-Quelles sont les sources d'approvisionnement ?

Marché : Structure agricole : Autres :

-Quelles sont les difficultés liées à l'emploi du BP ?

Disponibilité : / / Prix : / / Vulgarisation : / /

Autres :

-Les doses de BP à l'hectare ? :

Nombre de sacs à l'ha : Nombre de Kg à l'ha :

Quels sont les avantages liés à l'usage du BP ?

AV₁ :

AV₂ :

AV₃ :

Observations générales :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Annexe 8: Composition chimique du phosphate naturel de Kodjari (%)

Eléments	Teneur (%)
P ₂ O ₅	25,4
CaO	34,50
Al ₂ O ₃	3,10
Fe ₂ O ₃	3,40
MgO	0,27
Na ₂ O	0,11
K ₂ O	0,23
F	2,50
S	0,04
CO ₂	1,00
SiO ₂	26,20
TiO ₂	0,30
MnO	0,07
Perte au feu	2,88
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ /P ₂ O ₅	0,26
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ /P ₂ O ₅	0,25
CaO/P ₂ O ₅	1,36

Source : Roy et McClellan (1985) in Lompo *et al.*,1995

Annexe9: Situation des trois sites d'étude (Fantou, Kotchari, Pentinga)

