

BURKINA FASO
UNITE-PROGRES-JUSTICE

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME DE MASTER EN PRODUCTION VEGETALE

**THEME : EFFETS DE LA FUMURE ORGANIQUE SUR LES
CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DES SOLS EN ZONE COTONNIERE OUEST
DU BURKINA FASO : CAS DES SOLS FERRUGINEUX DE BONI ET DES SOLS
BRUNS EUTROPHES DE DOSSI**

Présenté par Mélissa Brigitte PARE

Directeur de mémoire : Dr Bernard BACYE

Maître de stage : Dr Déhou DAKUO

N°2014/MaPV

Avril 2014

Dédicace

Je dédie ce mémoire à ma famille ;

Denis Paré,

Yolande Kantionno,

Paton Guillaume,

Serge Olivier

Et Dikié Oscar.

Remerciements

Ce mémoire est l'aboutissement d'un travail de plusieurs mois que nous avons effectué à la Direction du Développement de la Production Cotonnière (DDPC) ; il représente le fruit de l'apport de multiples personnes et nous tenons à remercier particulièrement :

Dr Déhou DAKUO, Directeur de la Direction du Développement de la Production Cotonnière qui nous a accueillis et encadré, tout au long de notre stage ; il n'a ménagé aucun effort afin que notre étude se passe dans de bonnes conditions,

Dr Bernard BACYE notre directeur de mémoire qui, grâce à ses conseils éclairés et à son aide précieuse, nous a été d'un grand appui pour l'élaboration de ce mémoire,

Dr Bazoumana KOULIBALY, Directeur du Programme Coton, qui nous a aidé à effectuer nos analyses au laboratoire du programme Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production,

M. Casimir TIAHOUN, chef de service recherche développement de la DDPC, pour ses conseils et ses encouragements,

Mme KONATE, secrétaire de direction de la DDPC qui nous a apporté son aide pour toutes les questions administratives,

M. Souleymane OUEDRAOGO chef du programme Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production où nous avons effectué nos analyses,

M. Moussa SERI technicien du Programme Coton, M. Amoro OUATTARA technicien du laboratoire du programme GRN et leurs équipes, pour l'aide à la collecte, au traitement et à l'analyse des échantillons,

L'ensemble du corps professoral et administratif de l'IDR pour les formations reçues ces dernières années,

L'ensemble du personnel de la SOFITEX et particulièrement de la DDPC,

Les stagiaires de la SOFITEX et ceux du Programme coton avec qui nous avons tissé des liens d'amitié,

Nos amis que nous ne pouvons tous citer, de peur d'en oublier ; ils se reconnaîtront, leur amitié nous est depuis toujours d'un grand secours.

Sigles et abréviations

AFO : Avec fumure organique

CEC : Capacité d'Echange Cationique

Cmol⁺/Kg : Centimole équivalent par Kg de sol

CPCS : Commission de Pédologie et de Cartographie des sols

DDPC : Direction du Développement de la Production cotonnière

GRN/SP : Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production

MO : Matière Organique

pH : Potentiel Hydrogène

RGPH : Recensement général de la population et de l'habitation

SBE : Somme des Bases Echangeables

SFO : Sans fumure organique

SOFITEX : Société Burkinabé des Fibres Textiles

V : Taux de Saturation

Liste des tableaux

Tableau I : Teneurs en bases échangeables du sol brun eutrophe de Dossi (Cmol ⁺ /Kg de sol)	29
Tableau II : Teneurs en bases échangeables du sol ferrugineux tropical de Boni (Cmol ⁺ /Kg de sol)	30

Liste des figures et illustrations

Figure 1 : Relations entre pH et disponibilité des éléments nutritifs pour les végétaux (Brady et weil, 2008 par Anonyme).....	5
Figure 2 : Evolution de la toxicité aluminique (Anonyme).	9
Figure 3 : Répartition des types de sol au Burkina (Atlas de l'Afrique-Burkina Faso 2005). .	13
Figure 4 : Pluviométrie des trois dernières années à Boni (Ouedraogo, 2013).	15
Figure 5 : pH _{eau} du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	21
Figure 6 : pH _{eau} du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon.....	21
Figure 7 : pH _{KCl} du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	22
Figure 8 : pH _{KCl} du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	22
Figure 9 : Matière organique du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	23
Figure 10 : Matière organique du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	23
Figure 11 : Taux d'azote du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon....	24
Figure 12 : Taux d'azote du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon....	24
Figure 13 : Rapport C/N du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	25
Figure 14 : Rapport C/N du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	25
Figure 15 : Phosphore total du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	26
Figure 16 : Phosphore total du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	26
Figure 17 : Phosphore assimilable du sol à Dossi en fonction de fumure apportée et de l'horizon	27
Figure 18 : Phosphore assimilable du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	27
Figure 19 : Potassium total du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	28
Figure 20 : Potassium total du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon.	28
Figure 21 : Somme des bases échangeables du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon.....	32
Figure 22 : Somme des bases échangeables du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon.....	32

Figure 23 : Capacité d'échange cationique du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon.....	33
Figure 24 : Capacité d'échange cationique en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	33
Figure 25 : Taux de saturation du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon	34
Figure 26 : Taux de saturation à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon.....	34
Figure 27: Acidité d'échange du sol à Boni	35

Table des matières

Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Sigles et abréviations	iii
Liste des tableaux.....	iv
Liste des figures et illustrations	v
Résumé.....	x
Abstract	xi
Introduction générale	1
Chapitre I Généralités sur le milieu et quelques concepts	3
1-1) Les principaux types de sols de l'Ouest du Burkina	3
1-1-1) Les sols brunifiés.....	3
1-1-2) Les sols ferrugineux	3
1-2) Définitions de concepts	4
1-2-1) pH et éléments minéraux	4
1-2-2) Fertilisation minérale et fertilité du sol	6
1-2-3) Matière organique dans les sols	6
1-2-4) Modes de gestion de la fertilité des sols et effets des techniques culturales sur l'amélioration des propriétés du sol.....	7
1-3) L'aluminium échangeable.....	8
1-3-1) Généralités	8
1-3-2) Conséquences sur les cultures.....	9
1-3-3) Remédiation à l'acidité	10
Chapitre II : Généralités sur le milieu physique et cadre de l'étude	12
2-1) Milieu physique	12
2-1-1) Climat.....	12
2-1-2) Végétation	12

2-1-3) Sols.....	12
2-2) Cadre de l'étude.....	14
Sites de Boni et de Dossi	14
Chapitre III : Matériel et méthodes	17
3-1) Matériel.....	17
3-2) Méthodologie	17
3-2-1) Prélèvement d'échantillons.....	17
3-2-2) Méthodes d'analyses chimiques	18
3-2-3) Analyse statistique	19
Chapitre IV : Résultats et discussions	20
4-1) Effet de la matière organique sur les caractéristiques chimiques du sol brun eutrophe de Dossi et du sol ferrugineux tropicaux de Boni	20
4-1-1) Effet de l'apport de matières organiques sur le pHeau du sol	20
4-1-2) Effet de l'apport de matières organiques sur le pH _{KCl} du sol	21
4-1-3) Effet de l'apport de matières organiques sur la matière organique du sol.....	22
4-1-4) Effet de l'apport de matières organiques sur l'azote total du sol.....	23
4-1-5) Effet de l'apport de matières organiques sur le rapport C/N du sol.....	24
4-1-6) Effet de l'apport de matières organiques sur le phosphore total du sol.....	25
4-1-7) Effet de l'apport de matières organiques sur le phosphore assimilable du sol ..	26
4-1-8) Effet de l'apport de matières organiques sur le potassium total	27
4-1-9) Effet de l'apport de matières organiques sur les bases échangeables du sol	28
4-1-10) Effet de l'apport de matières organiques sur la somme des bases échangeables du sol	31
4-1-11) Effet de l'apport de matières organiques sur la capacité d'échange cationique du sol.....	32
4-1-12) Effet de l'apport de matières organiques sur le taux de saturation du sol	33
4-2-13) Acidité d'échange et aluminium échangeable du sol.....	34
4-3) Discussion générale	36

Conclusion et recommandations40
Bibliographie.....41

Résumé

Les sols de l'Ouest du Burkina Faso à l'instar des sols du reste du pays, sont marqués par une baisse de leur fertilité. Leur exploitation minière ou avec apport de fumure minérale uniquement, entraîne l'acidification des terres et la baisse de la fertilité. Nous avons mené la présente étude sur les sols ferrugineux tropicaux de Boni et sur les sols bruns eutrophes de Dossi ; ces deux sites sont en zone cotonnière Ouest du Burkina.

Elle vise à caractériser chimiquement ces sols avec apport de fumure minérale et avec apport de fumure organique, et y rechercher la présence d'aluminium échangeable qui est un signe d'acidification des terres, de dégradation. La zone cotonnière Ouest du Burkina représente une part importante de la production nationale de coton, et le cotonnier est une plante très sensible à l'aluminium échangeable.

Nous avons procédé par des traitements avec fumure organique et avec fumure minérale, et faits des prélèvements et analyses au laboratoire. Les apports de fumure organique sont de 6 tonnes à l'hectare de compost de coton graine. Pour chaque échantillon, différentes analyses chimiques ont permis d'évaluer les caractéristiques chimiques de ces sols.

Il ressort que :

-l'apport de matière organique améliore les caractéristiques chimiques du sol mais pas de manière significative.

-l'aluminium échangeable est présent sur les sols ferrugineux de Boni et l'indice de kamprath est de 2,32, que le seuil dommageable au cotonnier étant de 10.

Mots clés : fumure organique, fumure minérale, dégradation des sols, acidification, aluminium échangeable, zone cotonnière, Burkina Faso.

Abstract

Soils of western Burkina Faso like land across the country are marked by a decline in their fertility. Land use without refund or mineral fertilizer input only, causes acidification of land and declining fertility. We conducted this study on tropical ferruginous soils of Boni and eutrophic brown soils of Dossi; these two sites are in the west cotton zone of Burkina Faso.

We aim to chemically characterize these soils with addition of mineral fertilizer and organic fertilizer input, and search the presence of exchangeable aluminum, which is a sign of acidification of land degradation. The west cotton zone of Burkina is an important part of the national production of cotton, and cotton is very sensitive to the exchangeable aluminum.

We have processed by treatments with organic manure and chemical fertilizer, and made composites samples and laboratory analysis. For organic manure it was 6 tons per hectare of compost seed cotton. For each composite sample, different chemical analyzes were used to evaluate the chemical characteristics of these soils.

It appeared to us that:

- the addition of organic matter improves soil chemistry but not significantly.
- exchangeable aluminum is present on ferruginous soils in Boni and Kamprath index was 2.32 , whereas the harmful threshold of cotton is 10.

Keywords : Organic manure, mineral fertilizer, soil degradation, acidification, exchangeable aluminum, cotton zone, Burkina Faso

Introduction générale

Le Burkina Faso est un pays situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest, il est peuplé d'environ 13 millions d'habitants et, 90% de la population active travaillent dans le secteur primaire (RGPH, 2006). L'agriculture est soumise à plusieurs contraintes, les rendements sont faibles et les problèmes de fertilité des sols cultivés en sont souvent la cause principale. En effet, la faible fertilité des sols de l'Afrique Sub-Saharienne est l'une des contraintes qui limitent la production agricole. Si les engrais minéraux se révèlent efficaces pendant les premières années de culture, on observe cependant après 5 à 10 ans de fumure exclusivement minérale, une baisse des rendements (Bado, 1997 ; Sedogo, 1993 ; Pichot et al, 1981). Outre les éléments nutritifs qu'il apporte, l'engrais minéral modifie certaines propriétés physico-chimiques du sol. La question du maintien de la fertilité des sols se pose toujours lors de la mise en culture des terres agricoles (Bacye, 1993). En effet, tout défrichage entraîne un déséquilibre et une dégradation du sol. De nos jours, face à la pression démographique et socio-économique, les sols sont exploités sur de longues périodes et de manière intensive sans restitution (Roose, 1985). Ce qui entraîne des baisses de fertilité au niveau du sol modifiant les caractéristiques physiques, biologiques et chimiques. L'apport de matière organique représente une pratique très importante pour ces caractéristiques et la majeure partie du carbone total est associée aux particules argilo-limoneuses ; d'où les liens entre la matière organique et la fraction argileuse du sol sous forme de complexe argilo-humique (Pallo et al, 2008). Pour réaliser la fumure organique et l'entretien de la matière organique au sein d'un système de culture, un éventail de pratiques est envisageable, telles que l'agroforesterie, la jachère, les fumures par des matières organiques non transformées ou transformées par les animaux ou par compostage.

L'acidification des terres prenant de l'ampleur, les phénomènes qui y sont liés tels que l'apparition d'aluminium échangeable se développent. En dessous d'un certain pH, l'aluminium devient toxique pour les plantes. L'aluminium est un ion trivalent de charge positive pouvant se fixer sur la charge négative des minéraux argileux ou de l'humus et formant avec l'hydrogène le groupe des cations échangeables générateurs d'acidité. L'acidité d'échange est due presque uniquement aux ions aluminium bien que l'on considère généralement l'ion H⁺ comme responsable de cette acidité (Anonyme).

Le phénomène de dégradation et d'acidification des terres cultivées prenant de plus en plus de l'ampleur à mesure que la pression anthropique et le changement climatique s'accroissent,

il serait donc intéressant d'étudier les différentes interactions entre la matière organique et les caractéristiques chimiques du sol. C'est dans ce contexte qu'une étude intitulée "**Effets de la fumure organique sur les caractéristiques chimiques des sols en zone cotonnière Ouest du Burkina Faso : cas des sols ferrugineux de Boni et des sols bruns eutrophes de Dossi**" a été initiée. Son objectif général est d'étudier l'effet de l'apport de fumure organique sur le sol, particulièrement sur les caractéristiques chimiques. Elle vise plus spécifiquement à :

- Caractériser le sol sous culture avec matière organique et avec fumure minérale,
- Etudier l'effet de la fumure organique sur les caractéristiques du sol,
- Rechercher la présence d'aluminium échangeable

Dans ce cadre, les hypothèses que nous formulons sont que ; la matière organique améliore les propriétés chimiques du sol ferrugineux et du sol brun eutrophe et il y a de l'aluminium échangeable dans ces sols.

Le présent mémoire s'articule comme suit :

La première partie fait l'état des connaissances sur différentes notions liées à la fertilité des sols ; la deuxième partie indique les matériels et méthodes employés ; enfin la troisième partie traite des résultats et discussion.

Chapitre I Généralités sur le milieu et quelques concepts

1-1) Les principaux types de sols de l'Ouest du Burkina

Le Burkina Faso est caractérisé par une grande hétérogénéité de sols liée à une longue évolution géomorphologique et à la nature des différents substrats géologiques (roches cristallines granitiques, roches métamorphiques schisteuses et roches sédimentaires gréseuses) (Dakuo, 1990). Les deux types de sols sur lesquels nous avons porté notre attention lors de notre étude sont les sols bruns, et les sols ferrugineux tropicaux lessivés.

1-1-1) Les sols brunifiés

Les sols bruns se rencontrent dans la partie Ouest, Sud-Ouest, Centre-Nord, Nord-Ouest et Est du pays. Ils représentent 6% de la superficie totale. Ce sont des sols profonds (> 120 cm) se développant principalement sur des roches birrimiennes. Ils sont brun foncé dans l'ensemble du profil. La texture représente la proportion relative des fractions sableuse, limoneuse et argileuse constituant la partie minérale du sol ; dans ces sols, elle est moyenne à fine. La structure qui est le mode d'agencement des particules du sol, est polyédrique et parfois prismatique en profondeur où s'observent souvent des caractères vertiques (slickensides). Ces sols ont une bonne teneur en éléments minéraux, limitée toutefois par des carences en azote, en phosphore et en potassium (Kissou et al, 2000 ; Sedogo, 1993).

1-1-2) Les sols ferrugineux

La nature des sols du Burkina Faso dépend essentiellement des processus pédogénétiques, en particulier du type d'altération des principales roches. Ainsi pour l'essentiel, dans les roches acides (grès, granites) ces processus aboutissent à la formation de kaolinite. A cette altération correspondent les sols ferrugineux, prédominants. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés constituent 85 % des sols du Burkina Faso. Ils sont caractérisés par une faible capacité de rétention des éléments nutritifs, ce qui impose d'accroître au préalable les valeurs de la capacité d'échange cationique par des amendements organiques appropriés afin de rendre encore plus bénéfiques les effets des engrais chimiques (Serpantie & Ouattara, 2001).

En effet, le groupe des sols ferrugineux a un complexe adsorbant désaturé, pauvre en bases échangeables: une faible capacité d'échange cationique, d'une part résultant du taux et de la nature de l'argile et d'autre part, des faibles teneurs en matières organiques (Sedogo, 1981).

Ainsi, pour les sols ferrugineux à kaolinite, les propriétés chimiques et biologiques ainsi qu'une résistance à l'acidification et à l'aluminium échangeable dépendent largement du taux de matière organique (Serpantie & Ouattara, 2001).

1-2) Définitions de concepts

1-2-1) pH et éléments minéraux

Après quelques années de mise en culture il y a une baisse du pH des sols, correspondant à l'acidification due aux pertes par lixiviation et exportations par les récoltes des cations alcalins et alcalino-terreux (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+).

Volobuyev (1962) cité par Trinh (1976) explique que le pH connaît également des variations saisonnières. Le pH du sol est généralement plus bas durant les périodes sèches et chaudes, et il est plus élevé durant les périodes pluvieuses et froides. La teneur en aluminium du sol est d'autant plus élevée que le climat est plus chaud.

Les modifications du pH entraînent des modifications au niveaux des minéraux du sol. Cela se résume par la figure suivante :

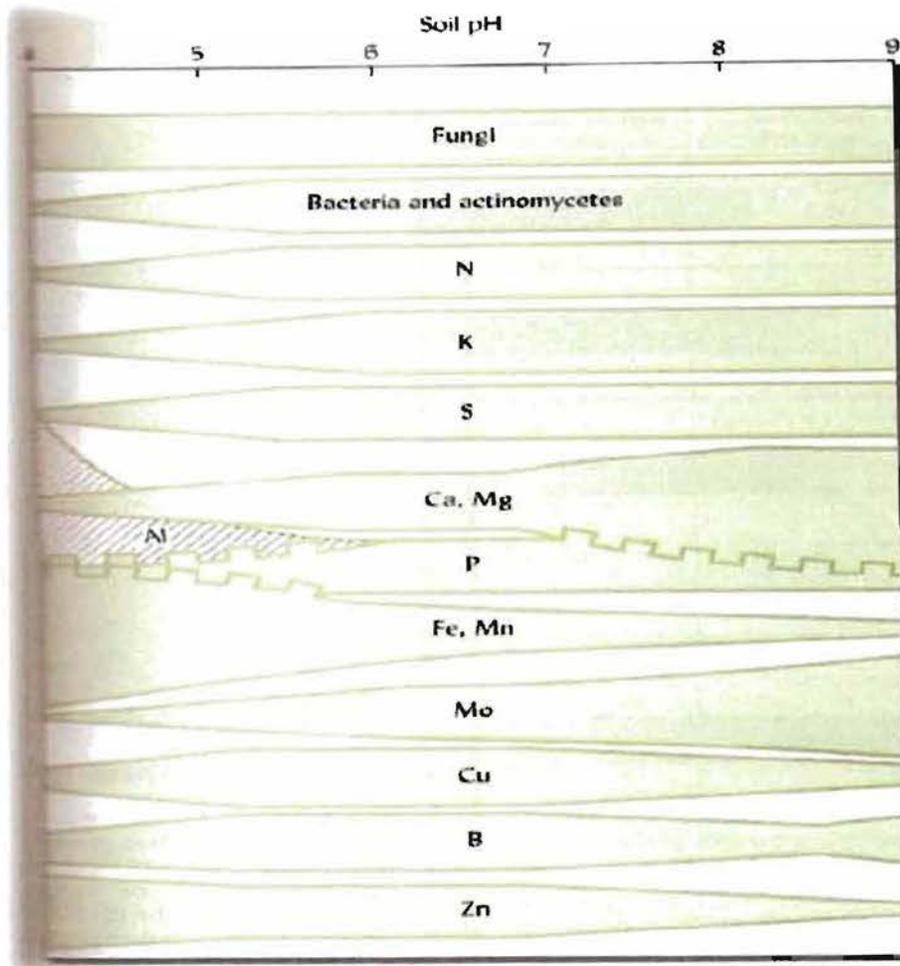


Figure 1 : Relations entre pH et disponibilité des éléments nutritifs pour les végétaux (Brady et weil, 2008 par Anonyme).

On remarque que le potentiel maximal de la plupart des éléments minéraux essentiels aux plantes se situe autour d'un pH neutre ; si le pH devient très acide ou très basique certains éléments ne sont plus disponibles pour les plantes.

L'exemple du Phosphore est très représentatif ; il est un élément majeur de la croissance et du développement des plantes, mais à $\text{pH} < 5$, une partie de P apporté est précipitée par le Fe, l'Al et le Mn, tandis que la plus grande proportion se retrouve soit en solution, soit fixée sur les oxydes de fer et d'aluminium. A pH compris entre 5,5 et 7, on retrouve le P non seulement fixé sur les oxyde de fer et d'aluminium et sur les argiles, et aussi le P disponible et le P lié au calcium. A pH compris entre 7 et 8, ce sont les formes de P lié au calcium qui dominant (Lompo, 2009).

Le pH est une donnée très importante qu'il faut prendre en compte car comme l'explique Bacye (1993), les quantités d'éléments nutritifs disponibles dans le sol au cours du cycle cultural, déterminent la qualité de la nutrition minérale des plantes et, en grande partie, les rendements quantitatifs des cultures.

1-2-2) Fertilisation minérale et fertilité du sol

La fertilité d'un sol est l'aptitude de ce sol à produire (PIERI, 1989). La fertilisation, en particulier l'utilisation d'engrais minéraux joue un rôle important dans les stratégies de gestion intégrée de la fertilité des sols en Afrique subsaharienne. Les facteurs qui affectent l'utilisation efficiente des engrais sont essentiellement liés au sol, aux plantes, aux techniques agricoles utilisées par le producteur. L'utilisation combinée d'engrais minéraux et des ressources organiques est la meilleure approche pour maintenir les productions car l'apport de ressources organiques permet une utilisation efficiente des nutriments apportés sous forme d'engrais. En effet, de nombreux résultats de recherche ont montré que les engrais minéraux permettent d'obtenir des résultats très nettement positifs mais ils ne garantissent pas le maintien de la fertilité des terres (INERA, 1990 cité par Ilboudo, 1997). Sedogo (1993) souligne que l'emploi exclusif des engrais chimiques n'empêche pas la baisse de la production intervenant quelques années après la mise en culture. Bien au contraire, celle-ci s'intensifie si on augmente les doses. Les fumures organo-minérales à faibles ou à fortes doses induisent des croissances végétatives qui dépassent la fumure minérale recommandée. Sedogo (1993), Ouattara (2007) et Gnankambary (2007) cité par (Traore, 2012) ont montré l'intérêt d'associer le fumier ou le compost avec les engrais minéraux car l'application continue des engrais minéraux entraîne à long terme une pollution des sols avec des risques d'acidification du sol et par la suite, des risques d'apparition de toxicité aluminique.

1-2-3) Matière organique dans les sols

Le défrichement et la mise en culture provoquent une baisse importante des teneurs en matière organique des sols. La chute des teneurs en matière organique, très importante les premières années (pouvant atteindre 10 % par an), diminue progressivement pour atteindre un niveau constant en équilibre avec le système de culture (environ 2 % par an). Cette baisse est liée aux pertes par minéralisation et par érosion et, à l'absence ou à la faiblesse des restitutions organiques. Les variations des stocks organiques concernent surtout les 40 premiers centimètres du profil du sol sous culture (Sedogo, 1993).

Selon Pieri (1989) cité par Traore (2012), la MO est l'agent principal de stabilisation de la structure des terres de savane. Elle limite les pertes en eau, développe l'activité biologique, apporte des éléments nutritifs au sol. Cependant, en milieu tropical elle se minéralise rapidement, ce qui fait qu'en général les taux n'y sont pas très élevés. Traore (2012); Dakuo (1990) ; montrent que dans la zone cotonnière Ouest (ancien bassin cotonnier/SOFITEX) du Burkina Faso, la mise en culture des sols se traduit par une perte annuelle de 2 à 4 % de matière organique, pour atteindre le seuil de non réponse aux engrais minéraux après 12 à 15 ans de culture continue. La matière organique apportée surtout en surface, contribue à corriger l'acidité du sol (Tassambedo, 1990). De plus la fumure organique permet d'accroître la CEC du sol par le complexe argilo-humique. Elle joue de ce fait un rôle tampon contre l'acidification du sol et permet une meilleure utilisation et une plus grande efficacité des engrais minéraux (Traore, 2012 ; Sedogo, 1993). Dans les sols tropicaux et en dessous d'un pH de 4,5 la décomposition de la matière organique s'arrête lorsque les teneurs en aluminium sont élevées (Segalen, 1973 cité par Boyer, 1976). Du point de vue comportement des cultures, on constate une absence de réponse aux engrais minéraux en dessous de 0,6% de matière organique (Berger et al, 1987 ; cité par Ilboudo, 1997).

1-2-4) Modes de gestion de la fertilité des sols et effets des techniques culturales sur l'amélioration des propriétés du sol

Les cultures et surtout les pratiques culturales provoquent de profondes modifications des caractéristiques des sols. Certaines de ces modifications sont fugaces et d'autres permanentes. L'effet favorable de la jachère de longue durée sur les teneurs en carbone organique total, azote total, phosphore total et pH du sol par rapport à la culture continue est dû au double rôle de la végétation comme source de matière organique et comme protecteur du sol contre l'érosion. Les systèmes de culture comportant une fumure organique ont un effet favorable sur les caractéristiques chimiques, mais l'effet des fumures organiques n'est net que lorsque les apports sont importants et réguliers (Bacye, 1993).

Sous jachère, l'activité biologique engendre la production d'acides organiques et d'acide carbonique (Sedogo, 1981). Par ailleurs, le processus d'humification et de nitrification engendre la production d'acides humiques et d'acide nitrique (Soltner, 1994) cité par Sedogo, (1993). Tout cela concourt au rôle de restauration des sols que jouent les jachères et à ce

qu'elles aient les plus faibles acidités observées généralement. Dans les zones cotonnières, les pratiques de gestion de la fertilité ne permettent généralement pas de couvrir les exportations, ce qui accentue l'appauvrissement et la dégradation des terres (Koulibaly, 2011).

1-3) L'aluminium échangeable

1-3-1) Généralités

La forme d'aluminium la plus fréquente dans les sols est la gibbsite $\text{Al}(\text{OH})_3$, qui est exploitée par l'industrie pour produire l'aluminium sous forme de métal. En effet l'aluminium est le métal le plus abondant de l'écorce terrestre et le troisième élément le plus abondant après l'oxygène et le silicium. Il représente en moyenne 8 % de la masse des matériaux de la surface solide de notre planète. Parmi les formes de constituants alumineux du sol, seul l'aluminium échangeable a une action néfaste sur les plantes. Les constituants alumineux amorphes sont plutôt bénéfiques, du fait qu'ils créent un effet tampon et empêche le pH de descendre trop rapidement, lors de l'attaque du sol par des substances organiques ou minérales acides produites au cours de la pédogenèse (Trinh, 1976). Cependant, l'aluminium échangeable empêche aussi la montée du pH, au-dessus de 4,5. Ceci par le fait qu'il précipite en hydroxyde si le pH dépasse cette valeur limite : $\text{Al}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_2 + 3\text{H}^+$. Il agit donc comme un tampon acide qui s'oppose à tout relèvement du pH, tant qu'il n'est pas complètement éliminé du complexe adsorbant (TRINH, 1976 ; BOYER, 1976). Les pratiques culturales peuvent elles aussi générer des sources d'aluminium échangeable ; les teneurs en aluminium sont plus élevées avec les fortes doses d'azote. Les engrais azotés accentuent les pertes en calcium et magnésium du complexe adsorbant. Ceci entraîne inévitablement une désaturation avec apparition d'aluminium échangeable (Sedogo, 1993). Selon Sedogo (1993) et Decau (1968) cités par Lompo (2009), les polysaccharides et les acides fulviques forment généralement des complexes avec le fer et l'aluminium. Leur baisse due à la mise en culture entraîne une libération de certains métaux, en particulier l'aluminium échangeable, avec comme conséquence l'apparition progressive de phénomène d'acidification et de toxicité aluminique. Ceci pourrait donc expliquer la tendance inéluctable à l'acidification des sols après leur mise en culture.

Comme tous les éléments minéraux, l'aluminium est indispensable aux plantes : à faible teneur, il a un effet bénéfique sur les cultures, qu'elles soient mises en place, sur solution

hydroponique ou sur un sol (Sag, 1956 ; Segalen, 1973 cités par Boyer, 1976). Mais dans les cas où l'aluminium est en quantités élevées, il est un ion régénérateur d'acidité, donc à l'origine du pH acide et en même temps une source de toxicité.

Dans la figure 2, on peut voir l'évolution de l'aluminium échangeable en fonction du pH et de la CEC.

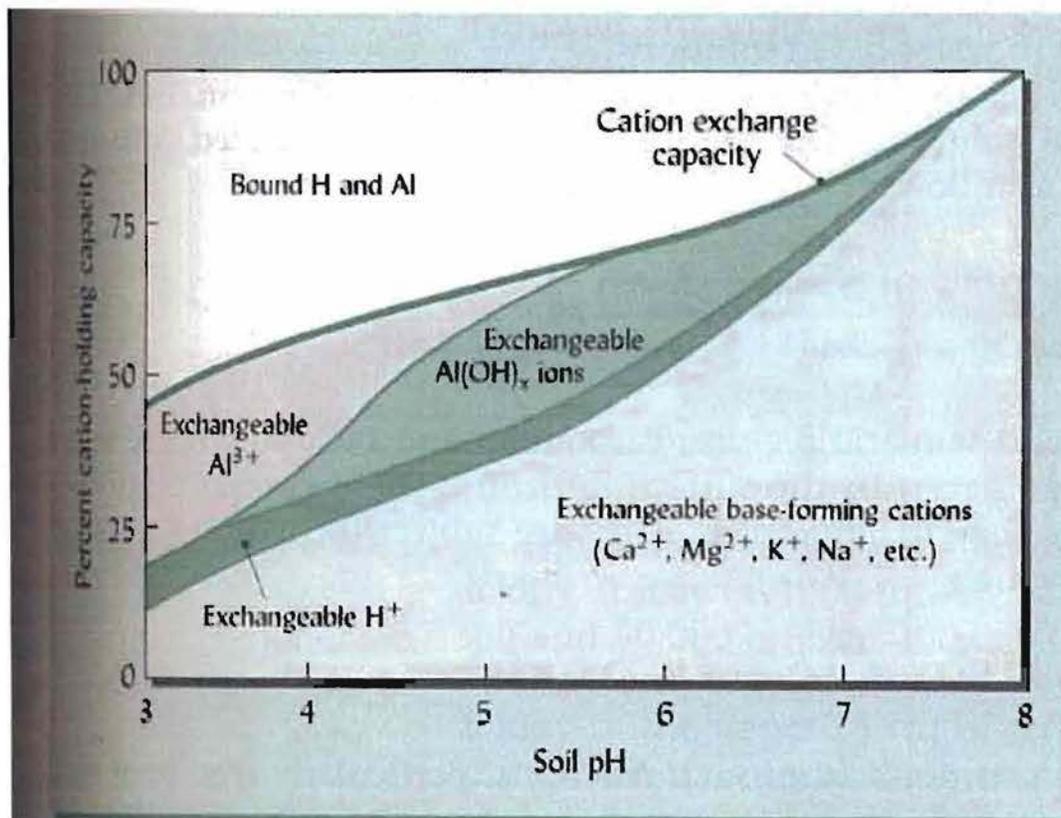


Figure 2 : Evolution de la toxicité aluminique (Anonyme).

1-3-2) Conséquences sur les cultures

La toxicité de l'aluminium échangeable se manifeste par le ralentissement de la croissance des plantes dont les racines s'atrophient, s'épaississent, s'enroulent sur elles-mêmes et prennent un aspect coralloïde (Ahmad, 1960 cité par Bonneau & Souchier, 1979) ; ce qui entraîne une baisse de rendement. L'aluminium accumulé dans les racines freinerait la translocation du Phosphore vers les parties supérieures des plantes. Aelterman (1983) cite

Sanchez (1976) qui explique ce phénomène par la précipitation des phosphates d'aluminium dans les racines et le blocage des divisions cellulaires des méristèmes terminaux des racines et éventuellement des bourgeons aériens. Advonin (1971) cité également par Aelterman (1983) indique plutôt l'inhibition des réactions de phosphorilisation liée à une action de l'aluminium sur certains enzymes. Dans les cas de toxicité aigüe, le rabougrissement des parties aériennes s'accompagne d'une teinte violacée avec des signes de malnutrition en bases, causé par la malformation du système racinaire (Bonneau & Souchier, 1979). Une toxicité d'aluminium provoque une déficience physiologique de phosphore ; en effet l'aluminium précipite le phosphore à l'intérieur des racines sous forme de phosphate d'alumine, empêchant ainsi toute migration de cet élément vers les parties aériennes (Boyer, 1976). L'influence de l'aluminium sur la croissance des végétaux devient nette à une saturation de 60% de la CEC effective par l'aluminium. Les plantes présentent différents niveaux de sensibilité à cette toxicité ; le maïs et le coton y sont par exemple très sensibles ; le seuil de toxicité étant autour de 1,30 pour le maïs et de 0,30 pour le coton. Souvent la présence abondante d'aluminium dans le sol s'accompagne d'une toxicité de manganèse ; on peut constater une synergie avec le manganèse dont il favorise l'absorption (Aelterman, 1973 ; Boyer, 1976).

L'aluminium échangeable inhibe aussi l'activité de la microflore du sol et bloque particulièrement le développement des rhizobiums. Les fortes teneurs en aluminium par leurs actions nocives entraînent une baisse de la qualité des gousses de légumineuses et donc du rendement (Ouattara, 1991).

1-3-3) Remédiation à l'acidité

Lorsqu'on veut résoudre le problème de la toxicité de l'aluminium pour les plantes, on cherche à agir sur la forme échangeable, en essayant de l'immobiliser définitivement en la transformant en une forme non échangeable. L'aluminium échangeable peut être éliminé des sites d'échange et de la solution du milieu en le transformant en phosphates ou en hydroxydes d'aluminium qui sont très peu solubles. Parmi les engrais qui ont été utilisés en vue d'éliminer l'aluminium échangeable, seule la chaux donne des résultats satisfaisants aussi bien dans la neutralisation de l'aluminium échangeable, qu'en terme de coût de l'opération. En effet, elle agit en même temps sur le pH et sur l'aluminium échangeable, alors que le phosphate n'agit que sur l'aluminium avec une efficacité moins grande, et le nitrate de potassium est sans action (Trinh, 1977).

On estime, à partir de la valeur de l'aluminium échangeable, que deux tonnes de chaux environ par hectare sont nécessaires pour neutraliser un milliéquivalent d'aluminium (Trinh, 1977). L'apport de matière organique au sol peut diminuer et s'opposer à l'apparition de la toxicité aluminique en complexant les ions aluminium (Ouattara, 1991 ; Sedogo, 1993, Boyer, 1976).

Chapitre II : Généralités sur le milieu physique et cadre de l'étude

2-1) Milieu physique

La zone cotonnière de l'Ouest du Burkina Faso est située entre les latitudes 9°3 Sud et 14° Nord. Elle est limitée au Nord par l'isohyète 700 mm et au Sud par l'isohyète 1000 mm. Elle couvre une superficie d'environ 70000 km², soit ¼ du territoire national. On distingue la grande zone cotonnière, située entre les latitudes 11° et 12°30 Nord, qui fournirait environ 90% de la production nationale en 1994 et la petite zone cotonnière localisée plus au Sud (Barbier, 1994 ; Lendres, 1992 cités Par Lalba & Vognan, 2004).

2-1-1) Climat

Le climat est tropical de type soudanien, avec une courte saison des pluies qui s'étend de juin à septembre, et une longue saison sèche d'octobre à mai. La température moyenne est de 27°C avec une amplitude thermique annuelle moyenne de 5 (Lalba & Vognan, 2004). Malgré l'irrégularité et le recul de la pluviométrie, les quantités d'eau tombées peuvent assurer une bonne production cotonnière et céréalière (Koulibaly, 2011).

2-1-2) Végétation

La zone cotonnière est comprise dans le secteur soudanien septentrional et soudanien méridional (Guinko, 1984 cité par Lalba & Vognan, 2004). Le secteur soudanien septentrional est à cheval entre les provinces du Mouhoun, du Tuy, de la Kossi et du Sourou. Le secteur soudanien méridional couvre les provinces de la Bougouriba, du Houet, de la Comoé, du Poni, du Kéné Dougou et du Ioba. (Lalba & Vognan, 2004). Les espèces les plus fréquentes sont : *Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa*, *Khaya senegalensis*, *Pterocarpus erinaceus*, *Isobertinia doka*, *Daniellia Oliveri*, *Anogeissus leiocarpus*, *Andropogon spp*, *Pennisetum pedicellatum*, *Eragrostis tremula*, *Loudetia togoensis ou simplex*.

2-1-3) Sols

Le Burkina Faso, d'une superficie de 274 000 km², est caractérisé par une hétérogénéité pédologique due à la longue évolution géomorphologique et à la diversité de la couverture géologique. Les études déjà réalisées, notamment par l'ORSTOM, la SOGREAH, la

SOGETHA, l'INERA et le BUNASOLS, distinguent neuf classes de sols dominants selon la CPCS (1967) selon KISSOU, 2000. Dans la zone cotonnière Ouest environ 10% des sols sont relativement très acides avec des pH inférieurs à 5 et une manifestation de l'aluminium échangeable. Ceci limite les productions et ne permet pas une bonne valorisation des engrais minéraux (Dakouo, 1994 ; Bondé, 2007 cités par Koulibaly, 2011).

La figure 3 montre la répartition des types de sols au Burkina.

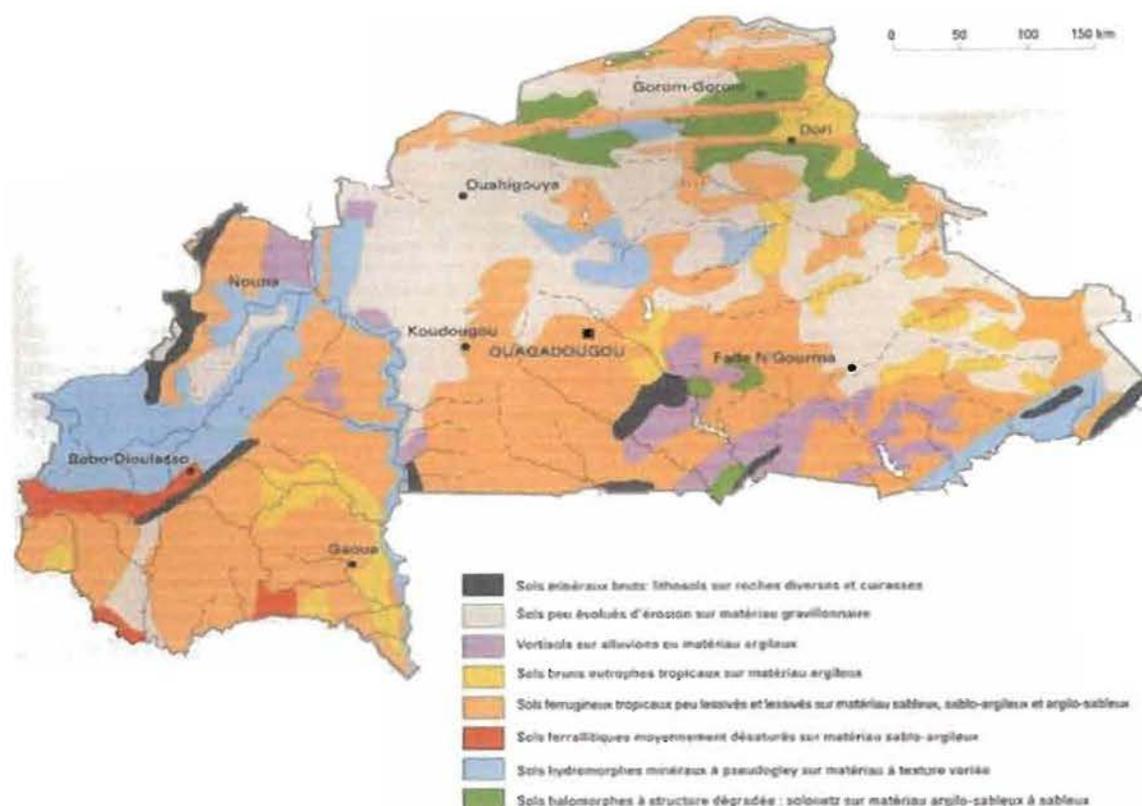


Figure 3 : Répartition des types de sol au Burkina (Atlas de l'Afrique-Burkina Faso 2005).

En zone cotonnière Ouest les sols sont essentiellement de type ferrugineux tropicaux peu lessivés hydromorphes à pseudogley. Les sols ferrugineux peu lessivés et lessivés sur matériau sableux, sablo-argileux, argilo-sableux sont les plus importants. Leur profondeur moyenne qui est de 2m constitue un atout important pour un pays comme le Burkina où les sols sont pour la plupart superficiels (40-100 cm de profondeur) selon Lalba & Vognan, 2004.

2-2) Cadre de l'étude

Les deux types de sols que nous étudions se situent en zone cotonnière ouest qui est la zone cotonnière la plus importante du Burkina Faso ; elle produit environ 90% de la production nationale (SOFITEX, 1995). Elle comprend les provinces à tradition cotonnière ancienne de la Kossi, du Mouhoun, des Banwa, des Balés, du Houet, du Tuy, du Kéné Dougou et les provinces de la Comoé et de la Léraba (Ilboudo, 1997).

Sites de Boni et de Dossi

- Localisation de Boni et de Dossi

La ferme SOFITEX de Boni est située à 115Km de Bobo-Dioulasso dans la province du Tuy sur l'axe Bobo-Ouaga ; ses coordonnées géographiques sont de 3°32' longitude Ouest et 11°49' latitude Nord avec une altitude de 324m.

Dossi est un village situé à environ 1,5Km de Boni.

- Climat de Boni et de Dossi

Le climat de Boni et de Dossi est de type Sud-Soudanien avec une saison des pluies de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril ; la pluviométrie annuelle se situe entre 800 et 1000 mn d'eau répartie sur 50 à 70 jours de pluie.

Les températures les plus basses sont enregistrées au mois de décembre et les plus hautes au mois d'avril, avec 18°C et 37°C comme moyennes.

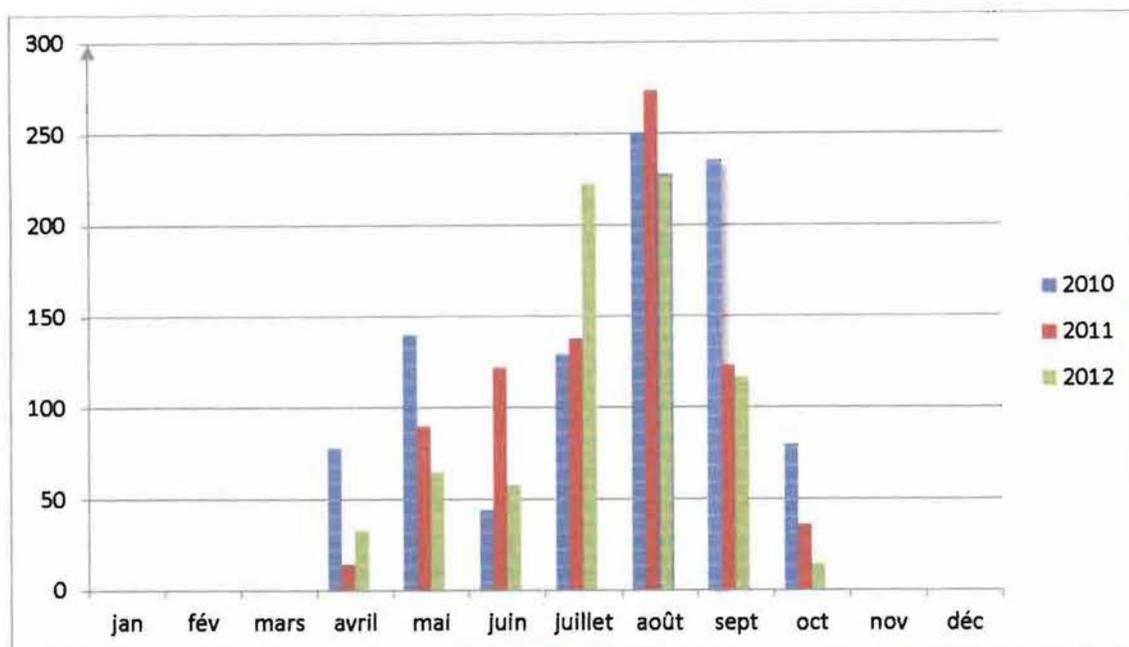


Figure 4 : Pluviométrie des trois dernières années à Boni (Ouedraogo, 2013).

- Végétation de Boni et de Dossi

On y retrouve deux types de formations végétales à Boni; la forêt claire et la savane boisée (Dakouo 1991). Les espèces végétales rencontrées en forêt claire sont *Vittelaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Khaya senegalensis*, *Daniela oliveri*; le tapis herbacé constitué de : *Andropogon gayanus*, *Loudetia togoensis*, *Eragrostis tremula*.

En savane boisée on rencontre ; *Pterocarpus erinaceus*, *Vittelaria paradoxa*, *Sclerocarya birrea*, *Tamarindus indica*, *Diospyros mespiliformis*; le tapis herbacé constitué de : *Pennisetum pedicellatum*, *Andropogon gayanus*, *Loudetia togoensis*.

La formation végétale présente est très proche de celle de Boni et on y rencontre les espèces végétales telles que : *Acacia seyal*, *Faidherbiaia albida*, *Dichrostachys cinera*, *Diospyros mespiliformis*, *Andropogon pseudapricus*, *Loudetia togoensis*.

- Sols de Boni et de Dossi

Les données pédologiques de la zone de Boni font ressortir plusieurs types de sols : sols ferrugineux tropicaux, sols ferrallitiques moyennement désaturés sur matériaux sablo-argileux, sols hydromorphes à pseudogley sur matériaux à texture variée et sols bruns tropicaux (Dakouo, 1991), avec une prédominance des sols ferrugineux.

Les sols de Dossi selon Kaloga (1969) cité par Ouédraogo (2013) sont classés comme étant des sols bruns eutrophes tropicaux, hydromorphes, sur matériau remanié, riches en éléments grossiers. Ils sont riches en éléments grossiers et la teneur en argile et en bases échangeables est plus élevée comparativement aux sols ferrugineux et ferrallitiques.

Chapitre III : Matériel et méthodes

3-1) Matériel

Dans notre étude, la variété de coton utilisée sur les parcelles est la FK95, qui est du Coton Génétiquement Modifié (CGM). Les précédents culturaux étaient le maïs, les rotations culturales étant coton-maïs. Après labour, les semis ont été effectués du 4 au 7 juillet 2013 avec des écartements de 80cm entre les lignes et 40cm sur les lignes.

La fumure utilisée était soit de la fumure minérale et organique (AFO) soit de la fumure minérale sans fumure organique (SFO).

Le site de Boni est une ferme d'expérimentation de la SOFITEX. Les sols qui s'y trouvent sont des sols ferrugineux tropicaux, remaniés, indurés, sur matériaux gravillonnaire et à lithosols sur cuirasse qui présentent un taux élevé de gravillons (Kaloga, 1969 cité par Dakuo, 1991).

A Boni, la fumure organique utilisée était du compost de graines de coton à raison de 6 tonnes à l'hectare. La fumure minérale, était de 150kg NPK 14-18-18+6S+1B appliquée au 20ième jour après semis pour toutes les parcelles et 50kg d'urée 46% au buttage (vers le 45è jour).

Le site de Dossi est en milieu paysan et les prélèvements ont été faits sur des parcelles de producteurs. Ce sont des sols bruns eutrophes tropicaux, hydromorphes, sur matériaux remanié riche en éléments grossiers (Kaloga, 1969 cité par Dakuo, 1991).

A Dossi, la fumure organique se composait de fumier à raison de 5 tonnes à l'hectare. La fumure minérale était de 150kg NPK 14-18-18+6S+1B au 20ième jour après semis pour toutes les parcelles et 50kg d'urée 46% au buttage (vers le 45è jour).

3-2) Méthodologie

3-2-1) Prélèvement d'échantillons

Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une tarière sur les horizons 0-20cm et 20-40cm. Ce sont des échantillons composites afin de tenir compte de l'hétérogénéité du milieu, ils se font à plusieurs niveaux en suivant le sens de la pente (Schéma 1). A cet effet, 3 prélèvements

élémentaires sont mélangés pour former un seul échantillon. 3 échantillons ont été constitués pour chaque type de sol.

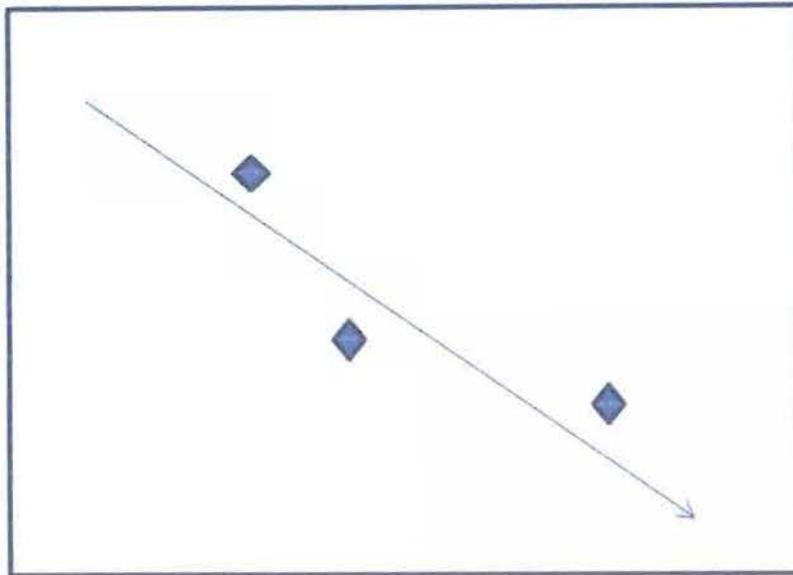


Schéma 1 : Trois prélèvements élémentaires effectués dans le sens de la pente

3-2-2) Méthodes d'analyses chimiques

Après leur prélèvement les échantillons ont été séchés à l'air libre avant d'être pilés et passés au tamis de 2mm ; ils ont ensuite été emmenés au laboratoire pour y subir les différentes analyses chimiques.

- Le pH_{eau} et pH_{KCl}

Le pH_{eau} est mesuré à partir d'une solution du sol obtenue dans un rapport de masse sur volume (1g/2.5ml). La lecture s'est faite avec un pH mètre à électrodes.

Le pH_{KCl} est mesuré à partir d'une solution de chlorure de potassium dans le même rapport que le pH_{eau} .

- La capacité d'échange cationique

Elle est déterminée par percolation de l'échantillon de sol par une solution d'acétate d'ammonium, puis lavage à l'alcool. L'ion ammonium fixé sur le complexe absorbant est

déplacé par une solution de NaCl. Cet ammonium déplacé est dosé par calorimétrie et représente la CEC.

- **L'acidité d'échange et l'aluminium échangeable**

L'acidité d'échange mesure la concentration en ions H^+ et Al^{3+} exprimée en $Cmol^+/Kg$ de sol. Ces ions sont extraits par une solution de KCl N. On dose l'acidité d'échange sur l'extrait par une solution de soude 0,05 N en présence de phénolphtaléine. Les hydroxydes d'alumine qui découlent des réactions sont dosés par du fluorure de sodium (NaF) pour déterminer la concentration en aluminium.

$1\text{ cmol}^+ \text{ de } Al^{3+} = 1\text{ mé de } Al^{3+} = 0,09\text{ g de } Al^{3+}$.

- **Le carbone organique**

Le carbone organique a été déterminé selon la méthode de WALKLEY-BLACK (1934). Le carbone organique est oxydé en milieu sulfurique concentré par le dichromate de potassium ; cette oxydation étant en moyenne de 75 %, les résultats sont corrigés en multipliant par le rapport 100/75. Le taux de matière organique est alors obtenu par la formule suivante : Taux de Matière Organique (M.O.) = Taux de carbone * 1,724.

3-2-3) Analyse statistique

Les données ont été traitées avec le logiciel Excel et XLSTAT au seuil de 5%.

Chapitre IV : Résultats et discussions

4-1) Effet de la matière organique sur les caractéristiques chimiques du sol brun eutrophe de Dossi et du sol ferrugineux tropicaux de Boni

4-1-1) Effet de l'apport de matières organiques sur le pHeau du sol

- Sol de Dossi

Les analyses des caractéristiques chimiques montrent que le pH le moins acide se trouve dans AFO horizon 0-20cm, d'une valeur de 7,47. L'horizon inférieur est très légèrement plus acide, puis vient le SFO horizon 20-40cm, et enfin le SFO horizon 0-20cm avec une valeur de 6,69. Avec fumure minérale, contrairement à F, l'horizon de surface est un peu plus acide que l'horizon inférieur. Le traitement ayant reçu de la fumure organique se révèle moins acide que celui avec la fumure minérale (Cf figure 5).

-Sol de Boni

Les pHeau les moins acides se situent au niveau du traitement avec fumure organique ; 5,97 pour le AFO horizon 0-20cm et 5,76 pour le AFO horizon 20-40cm. Puis le SFO horizon 0-20cm avec une valeur de 5,53 et le SFO horizon 20-40cm avec une valeur de 5,25. Dans les deux traitements, l'horizon 20-40 cm est plus acide que l'horizon supérieur 0-20cm. (Cf figure 6).

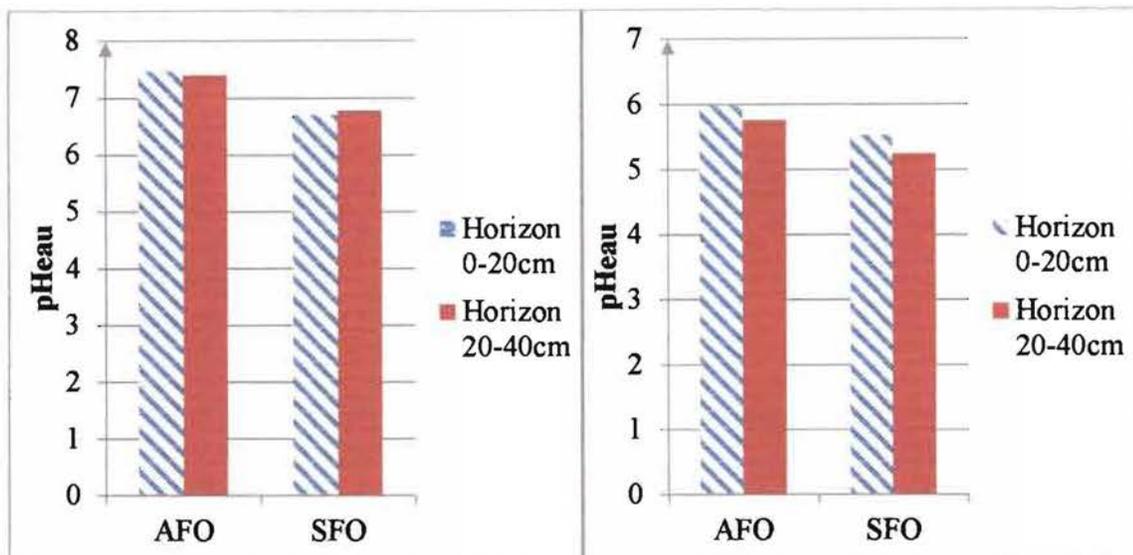


Figure 5 : pHeau du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

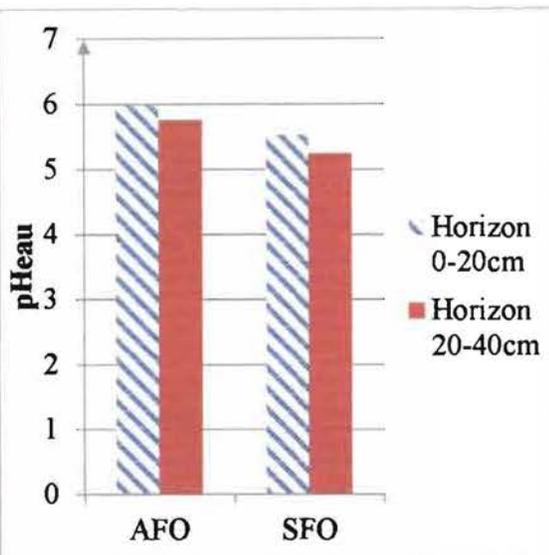


Figure 6 : pHeau du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

4-1-2) Effet de l'apport de matières organiques sur le pH_{KCl} du sol

-Sol de Dossi

Le pH_{KCl} est plus élevé au niveau de AFO horizon 0-20cm, d'une valeur de 6,48 ; puis AFO horizon 20-40cm, SFO horizon 0-20cm et SFO horizon 20-40cm ; ce dernier ayant une valeur de 5,4. On remarque qu'il décroît avec la profondeur au niveau de chaque traitement.

Sur AFO et SFO, c'est au niveau de l'horizon 20-40cm que se retrouvent les plus grandes différences entre le pH_{eau} et le pH_{KCl} (Cf figure 7). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

-Sol de Boni

Il est plus élevé sur AFO horizon 0-20cm avec 5,08 puis sur AFO horizon 20-40cm avec 4,63. Ensuite sur SFO horizon 0-20cm, 4,53 et enfin sur SFO horizon 20-40cm, 4,18. Le pH_{KCl} de l'horizon 20-40cm est plus acide que celui de 0-20cm et le traitement AFO présente aussi un pH_{KCl} plus élevé que le traitement SFO (Cf figure 8). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

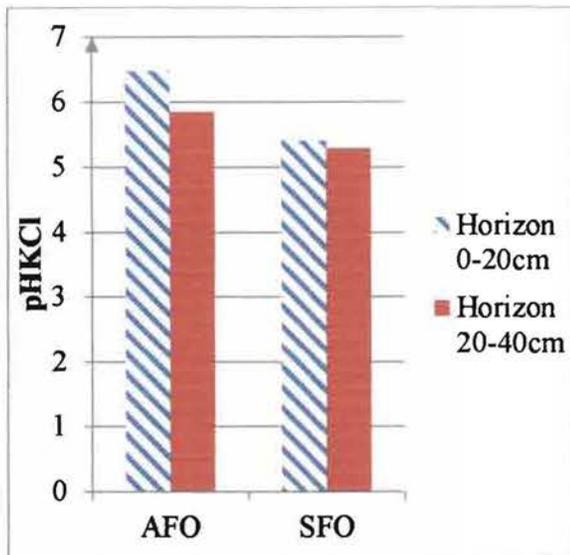


Figure 7 : pH_{KCl} du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

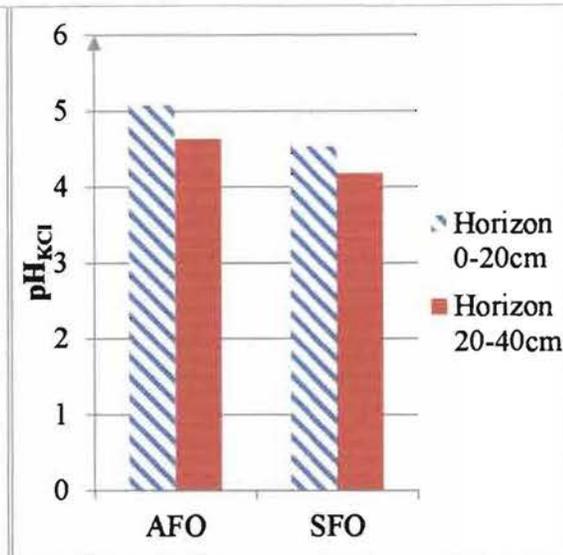


Figure 8 : pH_{KCl} du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

4-1-3) Effet de l'apport de matières organiques sur la matière organique du sol

-Sol de Dossi

Le taux de matières organiques présent dans AFO horizon 0-20cm est le plus élevé des traitements, il est de 2,55%. Puis vient le traitement AFO horizon 20-40cm avec 1,46% de matières organiques, le traitement SFO horizon 0-20cm avec 1,40% de matières organiques et le traitement SFO horizon 20-40cm avec 1,24% de matières organiques. Le traitement AFO présente un taux de matières organiques supérieur à celui de SFO ; avec une nette supériorité de l'horizon 0-20cm avec matières organiques ; ce taux décroît avec la profondeur dans chaque traitement (Cf figure 9). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

-Sol de Boni

Le plus fort taux de matière organique se rencontre sur AFO horizon 0-20cm d'une valeur de 1,61%, puis sur SFO horizon 0-20cm, 1,28% ; pratiquement égal à celui de AFO horizon 20-40cm, 1,27% ; et enfin celui de SFO horizon 20-40cm d'une valeur de 0,96%. L'horizon 0-

20cm présente une plus grande richesse en matières organiques (Cf figure 10). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

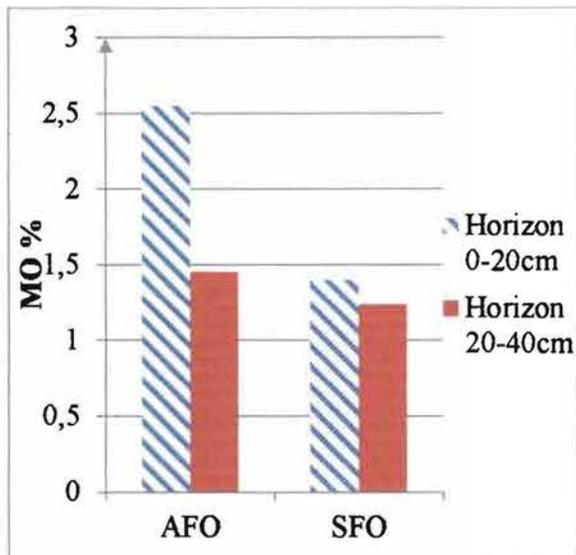


Figure 9: Matière organique du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

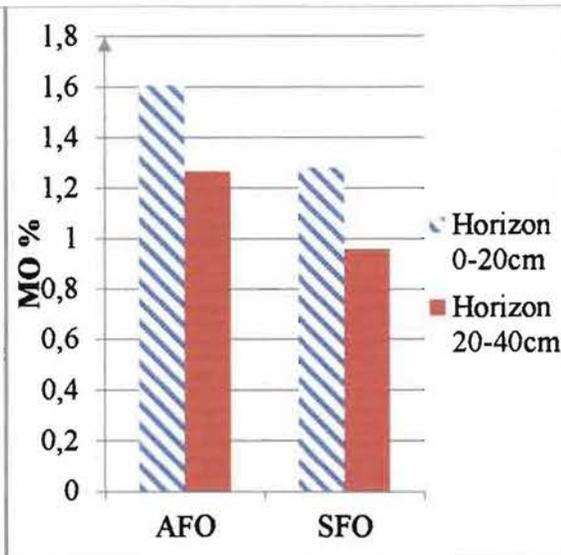


Figure 10 : Matière organique du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

4-1-4) Effet de l'apport de matières organiques sur l'azote total du sol

-Sol de Dossi

Le taux d'azote est nettement plus élevé dans le AFO horizon 0-20cm que dans les autres traitements, il est de 0,13%. C'est ensuite le AFO horizon 20-40cm ou il est de 0,074%, puis le SFO horizon 0-20cm avec 0,061% et le SFO horizon 20-40cm avec 0,058%. C'est le traitement avec la fumure organique qui contient le taux d'azote le plus élevé des traitements et il y a un abaissement de ce taux avec la profondeur (Cf figure 11). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

-Sol de Boni

Le taux d'azote est plus élevé au niveau de AFO horizon 0-20cm et de SFO horizon 0-20cm, il est d'une valeur de 0,08% ; puis au niveau de AFO horizon 20-40cm, il est de 0,06%; et enfin au niveau de SFO horizon 20-40cm, il est de 0,05%. Les horizons supérieurs présentent

des taux plus élevés que ceux de profondeurs 20-40cm (Cf figure 12). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

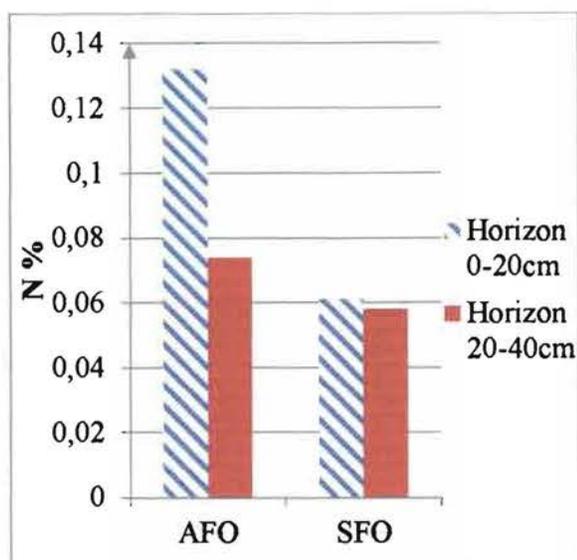


Figure 11 : Taux d'azote du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

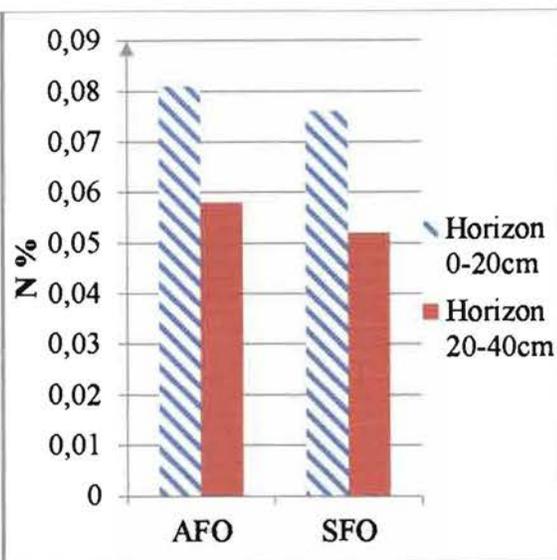


Figure 12 : Taux d'azote du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

4-1-5) Effet de l'apport de matières organiques sur le rapport C/N du sol

-Sol de Dossi

Ce rapport est le plus élevé avec SFO horizon 0-20cm où il prend une valeur de 13,30, puis c'est l'horizon 20-40cm du traitement SFO, avec un rapport de 12,40 ; Vient ensuite l'horizon 20-40cm du traitement avec fumure organique, enfin l'horizon 0-20cm de ce traitement avec un rapport de 11,19. D'une manière générale, c'est le traitement avec fumure minérale qui possède les plus fortes valeurs de C/N (Cf figure 13). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

-Sol de Boni

Il est plus élevé sur AFO horizon 20-40cm, 12,67 ; puis sur AFO horizon 0-20cm, 11,49. Ensuite vient le traitement sans fumure organique horizon 20-40cm, 10,69 et horizon 0-20cm, 9,78. Ce taux est meilleur sur l'horizon 0-20cm de SFO ou il présente sa plus faible valeur.

L'horizon 0-20cm présente des taux plus faibles que l'horizon 20-40cm (Cf figure 14). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

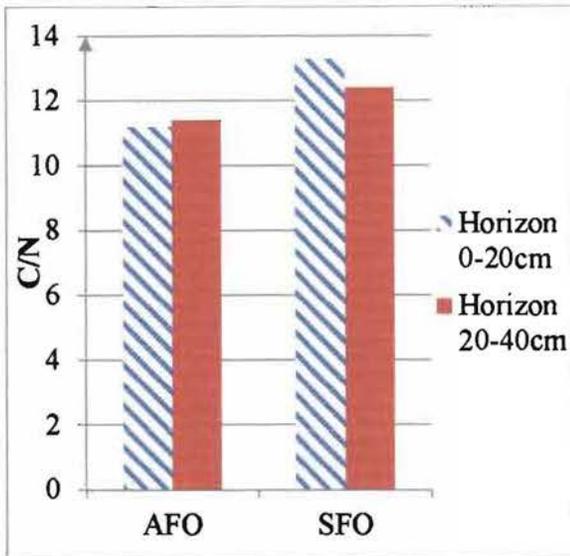


Figure 13 : Rapport C/N du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

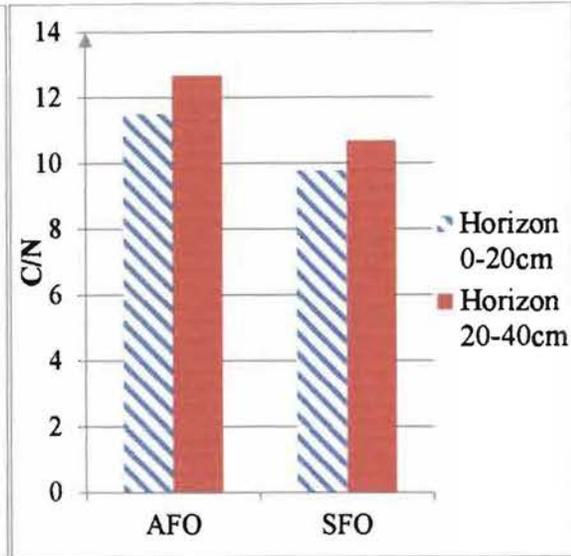


Figure 14 : Rapport C/N du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

4-1-6) Effet de l'apport de matières organiques sur le phosphore total du sol

-Sol de Dossi

Le phosphore total présente la quantité la plus élevée au niveau de AFO horizon 0-20cm, soit 209,99mg/Kg de sol; ensuite au niveau de SFO horizon 20-40cm , 189,93 mg/Kg ; puis au niveau de SFO horizon 0-20cm, 180,55 mg/Kg et enfin au niveau de AFO horizon 20-40cm, 155,02 mg/Kg. Nous remarquons que le traitement AFO présente une assez grande différence entre les 2 horizons considérés et sur SFO c'est l'horizon 20-40cm qui est plus riche (Cf figure 15).

-Sol de Boni

Les teneurs en phosphore total sont plus élevées au niveau de SFO horizon 0-20cm, 206,63 mg/kg sol ; puis au niveau de AFO horizon 0-20cm, 186,78 mg kg⁻¹ sol. Ensuite c'est SFO horizon 20-40cm avec une valeur de 175,43 mg/kg sol et AFO horizon 0-20cm, 153,58 mg/kg sol. Les horizons de surface sont donc plus riches en phosphore total que les horizons inférieurs 20-40cm et le traitement SFO est plus riche que le traitement AFO (Cf figure 16).

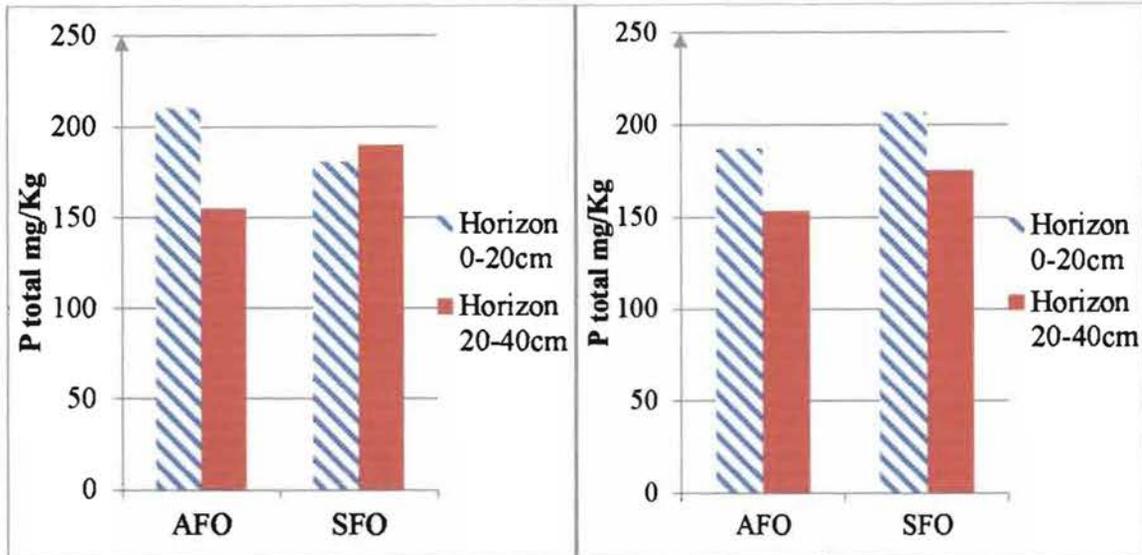


Figure 15 : Phosphore total du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

Figure 16 : Phosphore total du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

4-1-7) Effet de l'apport de matières organiques sur le phosphore assimilable du sol

Le AFO horizon 0-20cm a le taux de phosphore total le plus élevé, 1,14mg/kg sol de phosphore assimilable, puis vient l'horizon 0-20cm sans fumure organique avec un phosphore assimilable d'une valeur de 0,34mg/kg. Enfin le SFO horizon 20-40cm d'une valeur de 0,092 et le AFO horizon 20-40cm avec 0,053 mg/kg sol.

Les horizons de surface pour les deux traitements présentent une nette supériorité par rapport aux horizons inférieurs respectifs (Cf figure 17).

-Sol de Boni

Les plus grandes quantités de phosphore assimilable sont au niveau de SFO horizon 0-20cm, 24,69 mg/kg sol ; puis au niveau de SFO 20-40cm avec 14,70 mg/kg sol. Ensuite au niveau de AFO horizon 0-20cm, 4,36 mg/kg sol et enfin au niveau de AFO horizon 20-40cm, 1,64 mg/kg sol. On constate que l'horizon 0-20cm présente une teneur bien supérieure à celle de l'horizon 20-40cm (Cf figure 18).

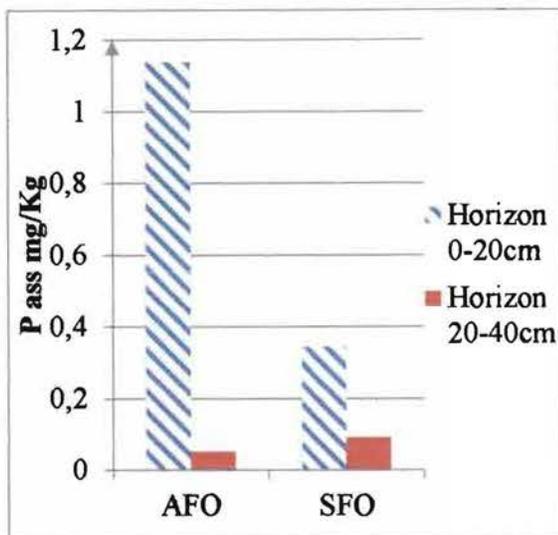


Figure 17 : Phosphore assimilable du sol à Dossi en fonction de fumure apportée et de l'horizon

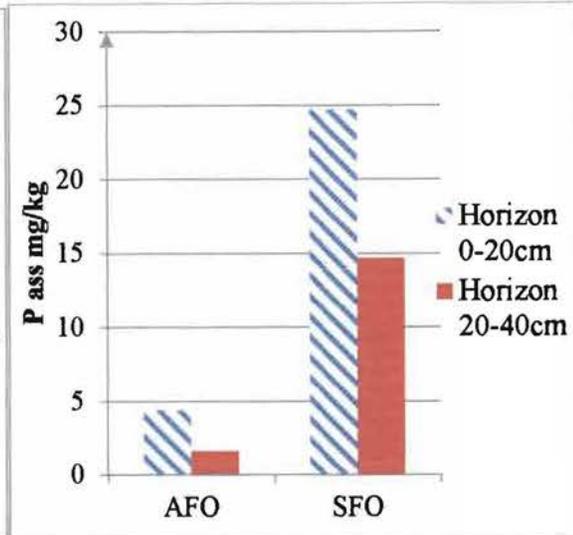


Figure 18 : Phosphore assimilable du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

4-1-8) Effet de l'apport de matières organiques sur le potassium total

-Sol de Dossi

Au niveau du potassium total, la plus grande valeur se retrouve au niveau de AFO horizon 0-20cm, 3755,68 mg/kg sol, puis au niveau de AFO horizon 20-40cm, 3261,51 mg/kg sol. Au niveau du traitement sans fumure organique, l'horizon 20-40cm présente un potassium total plus important que l'horizon 0-20cm (2322,59 mg/kg sol et 1877,84 mg/kg sol). Le traitement avec fumure organique présente le plus haut niveau de potassium total (Cf figure 19). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

-Sol de Boni

La plus forte teneur en potassium total a été relevée à AFO horizon 0-20cm soit 3953,35 mg/kg sol ; ensuite à AFO horizon 20-40cm soit 4645,19 mg/kg sol ; puis à SFO horizon 20-40cm soit 2372,01 mg/kg sol ; enfin à SFO horizon 0-20cm soit 1976,68 mg/kg sol. La richesse du traitement AFO en potassium total est bien supérieure à celle du traitement SFO. Egalement l'horizon 20-40cm est plus riche que l'horizon 0-20cm (Cf figure 20). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

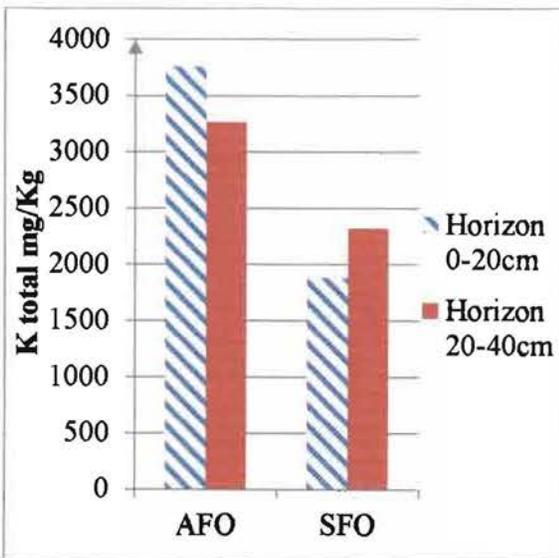


Figure 19 : Potassium total à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

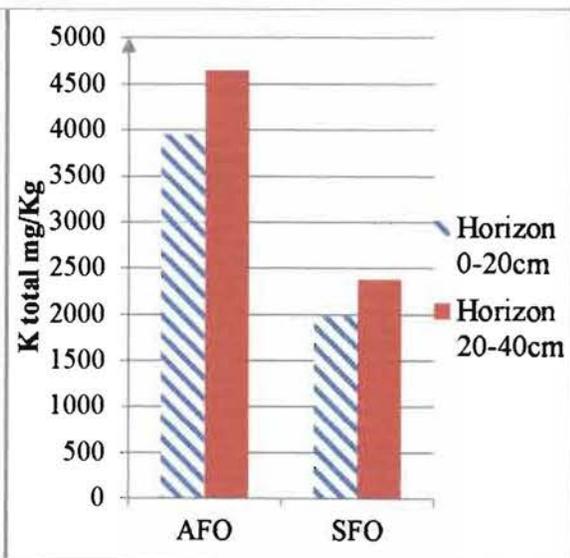


Figure 20 : Potassium total du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

4-1-9) Effet de l'apport de matières organiques sur les bases échangeables du sol

-Sol de Dossi

Leurs différentes teneurs sont résumées dans le tableau I (page suivante).

Tableau I : Teneurs en bases échangeables du sol brun eutrophe de Dossi (Cmol⁺/Kg de sol)

Bases	Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		K ⁺		Na ⁺	
	Fumure		Fumure		Fumure		Fumure	
	AFO	SFO	AFO	SFO	AFO	SFO	AFO	SFO
Horizon	8,66	3,62	1,68	0,84	0,21	0,15	0,04	0,018
0-20cm								
Horizon	11,08	3,42	1,88	0,78	0,08	0,09	0,03	0,018
20-40cm								

- Le calcium

Les plus fortes concentrations de calcium sont au niveau de AFO horizon 20-40cm (11,08 Cmol⁺/Kg de sol), puis au niveau de AFO horizon 0-20cm (8,66 Cmol⁺/Kg de sol). On constate que le traitement à base de fumure minérale ne présente pas de grande différence entre les horizons 0-20 et 20-40cm (3,62 Cmol⁺/Kg de sol pour l'horizon 20-40cm et 3,61 Cmol⁺/Kg de sol pour l'horizon 0-20cm). Il est plus de deux fois plus élevé dans le traitement avec fumure organique que dans celui sans fumure organique.

- Le magnésium

L'évolution des concentrations en magnésium en fonction des traitements suivent les mêmes tendances que celles du calcium, en effet les plus hautes sont relevées au niveau du AFO horizon 20-40cm avec 1,88 Cmol⁺/Kg de sol, puis le AFO horizon 0-20cm avec 1,68 Cmol⁺/Kg de sol, ensuite le SFO horizon 0-20cm et enfin le SFO horizon 20-40cm avec 0,78 Cmol⁺/Kg de sol. Les teneurs recueillies au niveau du traitement avec de la matière organique sont deux fois supérieures à celles avec fumure minérale.

- Le potassium

C'est au niveau de AFO horizon 0-20cm que sont les valeurs les plus élevées de potassium échangeable, 0,21 Cmol⁺/Kg de sol, puis au niveau de SFO horizon 0-20cm ; SFO horizon 20-40cm et AFO horizon 20-40cm (0,08 Cmol⁺/Kg de sol). Les horizons 0-20cm sont plus riches en potassium échangeable que les horizons 20-40cm.

-Le sodium

Il est plus important au niveau de AFO horizon 0-20cm, avec 0,04 Cmol⁺/Kg de sol, puis au niveau de AFO horizon 20-40cm, 0,03 Cmol⁺/Kg de sol ; et enfin au niveau de SFO horizon 0-20cm et 20-40cm, 0,02 Cmol⁺/Kg de sol. Le sodium de AFO est supérieur à celui de SFO.

L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

-Sol de Boni

Leurs différentes teneurs exprimées en Cmol⁺/Kg-1sol sont résumées dans le tableau II ci dessous.

Tableau II : Teneurs en bases échangeables du sol ferrugineux tropical de Boni (Cmol⁺/Kg de sol)

Bases	Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		K ⁺		Na ⁺	
Fumure	AFO	SFO	AFO	SFO	AFO	SFO	AFO	SFO
Horizon	1,21	0,70	0,62	0,46	0,22	0,26	0,01	0,04
0-20cm								
Horizon	0,81	0,70	0,5	0,34	0,15	0,25	0,01	0,03
20-40cm								

- Le calcium

La teneur la plus élevée est au niveau de AFO horizon 0-20cm (1,21 Cmol⁺/Kg de sol) puis au niveau de AFO horizon 20-40cm. Enfin au niveau du traitement SFO, il présente des teneurs égales dans les horizons 0-20cm et 20-40cm (0,70 Cmol⁺/Kg de sol). Dans AFO on note une diminution du calcium avec la profondeur.

- Le magnésium

La teneur la plus élevée en magnésium se rencontre au niveau de AFO horizon 0-20cm (0,62 Cmol⁺/Kg de sol) puis de AFO horizon 20-40cm. Puis viennent les traitements SFO qui ont les valeurs pour les 2 horizons considérés, 0,46 Cmol⁺/Kg de sol et 0,34 Cmol⁺/Kg de sol. Il y a une diminution de sa teneur avec la profondeur.

- Le potassium

Ses valeurs les plus élevées se rencontrent au niveau de SFO soit 0,26 Cmol^+/Kg de sol pour l'horizon 0-20cm et 0,25 Cmol^+/Kg de sol pour l'horizon 20-40cm. Puis le traitement AFO avec 0,22 Cmol^+/Kg de sol pour l'horizon 0-20cm et 0,15 Cmol^+/Kg de sol pour l'horizon 20-40cm. Il y a une diminution de sa teneur avec la profondeur.

- Le sodium

Tout comme le potassium le sodium a ses valeurs les plus élevées au niveau de SFO soit 0,04 Cmol^+/Kg de sol pour l'horizon 0-20cm et 0,03 Cmol^+/Kg de sol pour l'horizon 20-40cm, Il y a une diminution de sa teneur avec la profondeur.

L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

4-1-10) Effet de l'apport de matières organiques sur la somme des bases échangeables du sol

-Sol de Dossi

Les plus fortes concentrations en bases échangeables sont au niveau de AFO horizon 20-40cm (13,06 Cmol^+/Kg de sol), puis au niveau de AFO horizon 0-20cm (10,59 Cmol^+/Kg de sol). Le traitement à base de fumure minérale ne présente pas de grande différence entre les horizons 0-20 et 20-40cm (4,63 Cmol^+/Kg de sol pour le SFO horizon 20-40cm et 4,32 Cmol^+/Kg de sol pour le SFO horizon 0-20cm). Il est plus de deux fois plus élevé dans le traitement AFO que dans le traitement SFO (Cf figure 21). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

-Sol de Boni

Elle est plus élevée au niveau de AFO horizon 0-20cm, 2,06 Cmol^+/Kg de sol ; ensuite SFO horizon 0-20cm et AFO horizon 20-40cm ont pratiquement la même valeur de 1,46 Cmol^+/Kg de sol puis SFO horizon 20-40cm avec une valeur de 1,32 Cmol^+/Kg de sol. Le traitement AFO a une SBE supérieure à celle de SFO. Dans l'ensemble l'horizon 0-20cm a une SBE supérieur à celle de l'horizon 20-40cm (Cf figure 22). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

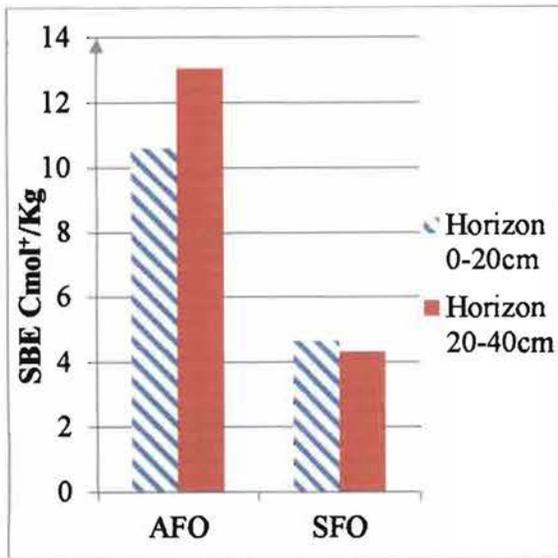


Figure 21 : Somme des bases échangeables du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

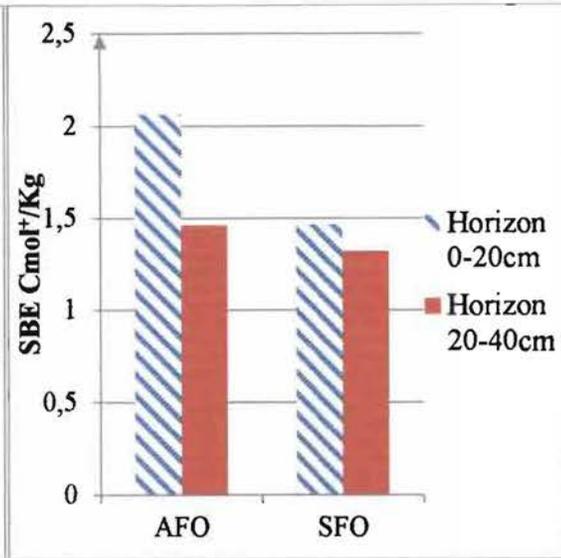


Figure 22 : Somme des bases échangeables du sol à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

4-1-11) Effet de l'apport de matières organiques sur la capacité d'échange cationique du sol

-Sol de Dossi

Elle est plus élevée sur le AFO horizon 20-40cm ou elle est de 19,73 Cmol⁺/Kg de sol puis sur le AFO horizon 0-20cm, 15,1 Cmol⁺/Kg de sol. Sur le traitement SFO, il n'y a pas une grande différence entre les 2 horizons, elle est de 8,96 Cmol⁺/Kg de sol sur l'horizon 0-20cm et de 9,1 Cmol⁺/Kg de sol sur l'horizon 20-40cm. La CEC est nettement plus élevée sur le traitement avec fumure organique (Cf figure 23). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

-Sol de Boni

Le AFO horizon 0-20cm a la plus forte CEC, 5,73 Cmol⁺/Kg de sol ; puis le SFO horizon 0-20cm, 4,07 Cmol⁺/Kg de sol, ensuite viennent le AFO horizon 20-40cm et le SFO horizon 20-40cm, avec des valeurs proches, 3,82 Cmol⁺/Kg de sol et 3,73 Cmol⁺/Kg de sol. L'horizon de surface présente une CEC plus importante que l'horizon 20-40cm (Cf figure 24). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

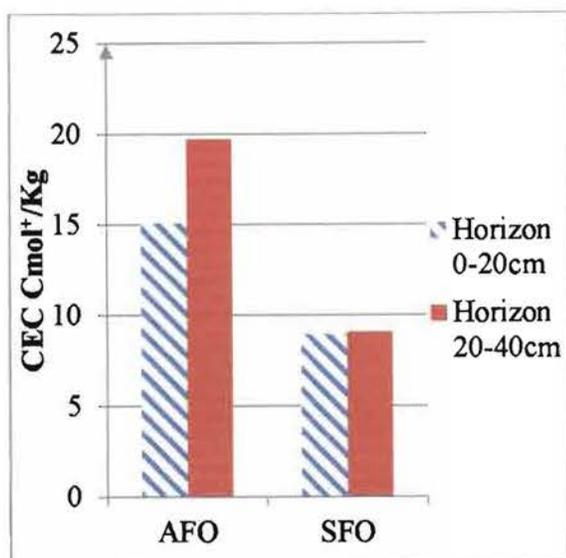


Figure 23 : Capacité d'échange cationique du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

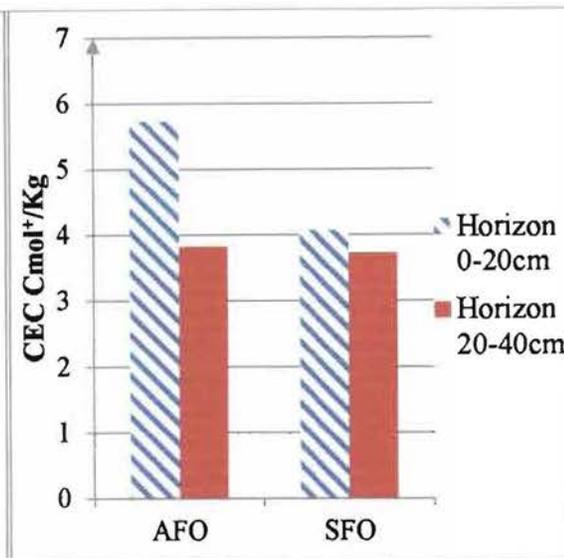


Figure 24 : Capacité d'échange cationique en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

4-1-12) Effet de l'apport de matières organiques sur le taux de saturation du sol

-Sol de Dossi

Les valeurs les plus élevées sont au niveau de l'horizon de surface avec fumure organique AFO horizon 0-20cm (70,15%) puis au niveau de l'horizon sous-jacent AFO horizon 20-40cm (66,24%) ; 51,73% au niveau de SFO horizon 0-20cm et enfin 47,49% au niveau de SFO horizon 20-40cm. Il décroît avec la profondeur (Cf figure 25). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

-Sol de Boni

Le taux de saturation le plus élevé se retrouve au niveau de AFO horizon 20-40cm et il est de 38,21%, puis au niveau de son horizon supérieur AFO horizon 0-20cm et de SFO horizon 0-20cm ou il est de 36%. Enfin au niveau de SFO horizon 20-40cm ou il est de 35,36%. Le traitement avec la fumure organique présente les taux de saturation les plus élevés (Cf figure 26). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

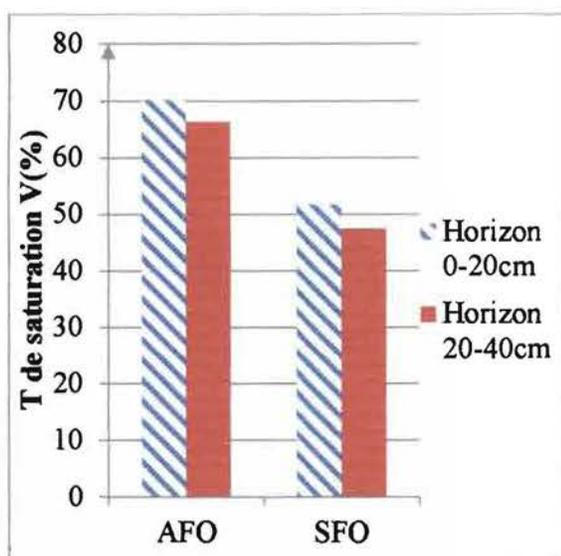


Figure 25 : Taux de saturation du sol à Dossi en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

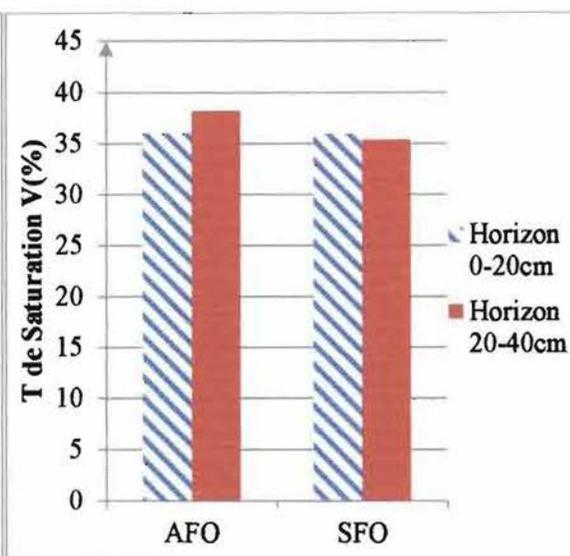


Figure 26 : Taux de saturation à Boni en fonction de la fumure apportée et de l'horizon

4-2-13) Acidité d'échange et aluminium échangeable du sol

L'acidité d'échange, est nulle à Dossi (<0,01). A Boni elle a été relevée sur les parcelles avec fumure organique ; d'une valeur de 0,02 Cmol⁺/Kg de sol pour l'horizon 0-20cm et 0,04 Cmol⁺/Kg de sol pour l'horizon 20-40cm. L'acidité d'échange augmente avec la profondeur

A Boni, l'acidité d'échange est surtout due aux ions H⁺ sur l'horizon 20-40cm et sur 0-20cm uniquement aux ions H⁺ (Cf figure 27).

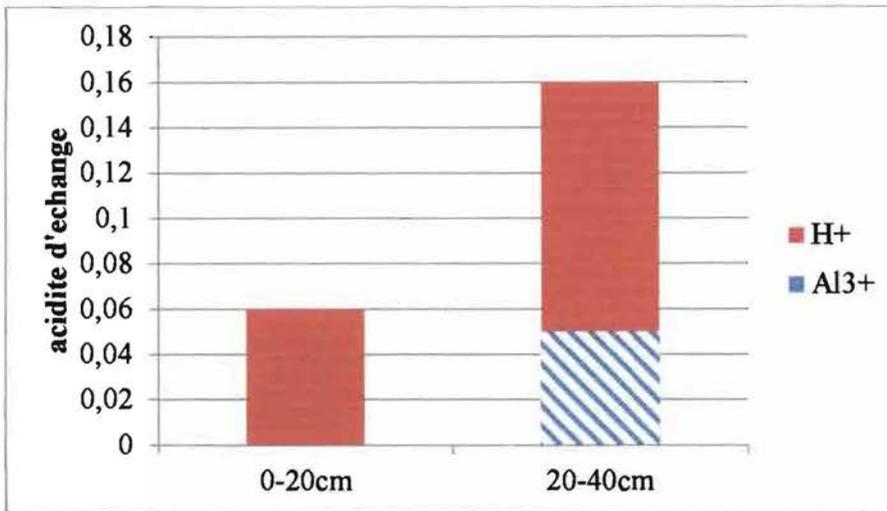


Figure 27: Acidité d'échange du sol à Boni

L'indice de Kamprath calculé selon la formule : $m = \frac{Al \times 100}{Al + SBE}$. Pour $m=10$, on a une forte influence sur les rendements du cotonnier qui est une culture sensible à l'aluminium échangeable. A Boni dans l'horizon 20-40cm, l'indice était de 2,32.

L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements.

4-3) Discussion générale

Le faible potentiel de production des sols est dû essentiellement à leur propriétés physico-chimiques et biologiques défavorables : faible richesse minérale, carence quasi-générale en phosphore, faibles teneurs en matière organique. Ces sols sont sensibles aux diverses formes d'érosion et sont sujets à une déstructuration rapide après la mise en culture (Sedogo, 1993). Grâce aux études qui sont menées au fil des années, on peut interpréter de mieux en mieux les caractéristiques du sol en lien avec sa fertilité et la nutrition des plantes.

En sol ferrugineux, et en sol brun eutrophe, le pH_{eau} du traitement AFO est moins acide que SFO, et l'horizon 20-40cm est plus acide que l'horizon 0-20cm. Comme l'ont confirmé de nombreuses études dont Bado (1997) et Bacye (1993) ; l'utilisation des engrais minéraux conduit à une modification des paramètres chimiques, notamment une acidification du sol. Les cultures tolèrent à des degrés différents les propriétés acido-basiques du sol. Le maïs tolère des pH allant de 6 à 8, le cotonnier de 6,5 à 7,5 tandis que le sorgho peut tolérer des valeurs aussi faibles qu'élevées (5,4 à 7,8) (Kintche, 2011). L'apport de matières organique permet de complexer divers éléments, notamment l'aluminium échangeable et réduire ainsi l'acidité du sol.

En sol ferrugineux et en sol brun eutrophe, le pH_{KCl} décroît avec la profondeur tout comme le pH_{eau} . Il permet de mesurer l'acidité d'échange du sol composée des ions aluminium et hydrogène échangeables. Avec la profondeur 20-40cm, $pH_{eau}-pH_{KCl}$ est supérieur à 1, ce qui traduit une acidité d'échange assez élevée. Il faut donc faire attention car les risques d'apparition d'une toxicité aluminique sont réels.

En sol ferrugineux et en sol brun, la mise en culture et la fumure minérale provoquent une minéralisation de la matière organique du sol. La matière organique de l'horizon 0-20cm est supérieure à celle de l'horizon 20-40cm. Sous jachère, les teneurs les plus élevées sont sur les 10 premiers centimètres mais avec la mise en culture et les labours, la matière organique est sans cesse remaniée et elle se trouve sur une profondeur plus importante ce qui homogénéise les deux horizons. Ce qui fait que la mise en culture augmente le taux de carbone de l'horizon 20-40cm. Il y a aussi l'effet protecteur de la matière organique par les éléments fins. Nous pouvons remarquer comme Bacye (1993) et Bado (1997), l'effet favorable de fumure organique sur les caractéristiques chimiques du sol. En absence de fumure azotée, il y a une baisse globale du stock organique du sol de 17%, et les processus d'acidification intervenant après la mise en culture sont généralement exacerbés par les engrais minéraux, surtout azotés

(Sedogo, 1993). La réponse aux apports d'engrais est plus grande en sol riche en matières organiques. Il y a donc une certaine complémentarité entre fumure organique et fumure minérale. En effet la matière organique, grâce à son rôle sur les caractéristiques du sol améliore sa fertilité, mais elle est souvent pauvre en cations, Ca et Mg notamment ; il faut alors inclure dans la fertilisation d'autres sources de cations tels que les amendements calcoc-magnésiens. La fumure appropriée doit alors être régulièrement apportée au sol. A Dossi ce sont d'assez bons taux qui correspondent à des sols assez riches en matières organiques. A Boni le AFO horizon 20-40cm et le SFO horizon 0-20cm sont moyennement riche en matière organique le SFO horizon 20-40cm est pauvre en matière organique (Tableau annexe 3).

Sur sol ferrugineux, le traitement AFO horizon 0-20cm présente un taux d'azote pratiquement égal à SFO horizon 0-20cm et horizon 0-20cm est supérieur à horizon 20-40cm. Cela peut se comprendre par les apports réguliers d'azote sous forme d'engrais, ce qui contribue à augmenter l'azote total du sol et à terme contribue à un enrichissement du sol en azote (Sedogo, 1993). Les différences d'azote entre les horizons peuvent s'expliquer par des pertes par ruissellement, érosion et volatilisation. En effet l'azote est entraîné en profondeur par l'eau et est ainsi perdu pour la culture.

Sur sol brun eutrophe, AFO horizon 0-20cm est deux fois plus riche en azote, cela s'explique par le fait que la matière organique valorise l'azote et Comme l'ont expliqué Sedogo (1993) et Bacye (1993), tous les substrats organiques entraînent une augmentation de l'azote du sol, on peut donc aisément comprendre le taux d'azote dans l'horizon 0-20cm avec fumure organique. Ce qui correspond dans l'ensemble à de faibles quantités mettant en relief la pauvreté de ces sols en azote. (Tableau annexe 3).

Sur sol ferrugineux et sur sol brun eutrophe, le rapport C/N est plus élevé au niveau de l'horizon 20-40cm, et SFO possède les taux les plus forts. Le rapport C/N est un indicateur de la qualité de l'évolution des matières organiques, il est assez bon pour tous les traitements, on sait qu'il est lié à l'acidité et comme l'acidité augmente avec la profondeur il paraît normal qu'il augmente avec la profondeur.

Sur sol ferrugineux, le phosphore total SFO est supérieur à celui AFO et horizon 1 supérieur à horizon 20-40cm, pour Bacye (1993) la mise en culture ne modifie pas la quantité de phosphore total. Mais l'utilisation d'engrais, notamment le NPK créer un plus au niveau de la réserve en phosphore.

Egalement sur le sol brun il y a une assez grande différence de phosphore total entre horizons 0-20cm et 20-40cm de AFO, sur SFO, horizon 20-40cm est plus riche que horizon 0-20cm. Ce sont toujours les apports qui se localisent dans les premières couches du sol, notamment l'horizon 0-20cm. Dans l'ensemble ce sont des valeurs qui correspondent à des sols assez bons (Tableau annexe 3).

Le phosphore assimilable SFO est très supérieur à AFO et horizon 0-20cm supérieur à horizon 20-40cm en sol ferrugineux. En sol brun c'est AFO qui est très supérieur à SFO. Cela est sans doute l'effet de l'acidité créée par les engrais minéraux de SFO qui solubilise les phosphates naturels et les rend donc assimilables. Comme Bacye (1993) nous pensons que ceci pourrait être dû à la fumure minérale que le sol cultivé reçoit chaque année. En effet Lompo, 2009 a testé différents phosphates naturels pH très acide (4,6), tous les phosphates naturels testés ont augmenté le P assimilable. Les fortes teneurs en matière organique du sol sont favorables à la solubilisation des phosphates naturels. Les sols de Dossi sont très pauvres en phosphore assimilables. A Boni le phosphore assimilable est en quantité moyenne dans SFO horizon 0-20cm, en quantité faible dans SFO horizon 20-40cm et en quantité très faibles dans AFO (Tableau annexe 3).

La somme des bases échangeables au niveau du sol ferrugineux et au niveau du sol brun eutrophe sont assez faibles sur les deux horizons considérés, toutes les fractions de la matière organique du sol concourent à accroître les valeurs de la somme des bases échangeables (Pallo et al, 2008). A Dossi, elle est moyenne sur les traitements avec fumure minérale, bonne sur le AFO horizon 0-20cm et très bonne sur le AFO horizon 20-40cm. A Boni Les SBE de AFO horizon 0-20cm sont faibles et celles des SFO et AFO horizon 20-40cm sont très faibles. (Tableau annexe 3).

L'utilisation exclusive des fumures minérales induit des déficits énormes en bases échangeables, en particulier en calcium. Cela provient essentiellement des pertes par lixiviation de ces bases. Elles sont élevées sous parcelles labourées sans matière organique comme le confirme OUATTARA et al. (1991) cité par SEDOGO (1993); Pallo & Thiombiano (1989). L'étude des sols ferrugineux dans 8 régions différentes du pays montre qu'en général ce sont des sols qui présentent de nombreuses contraintes telles que, une pauvreté en matière organique, en azote, en phosphore et en potassium (Bacye, 1993).

Sur sol ferrugineux et sur sol brun eutrophe ce sont les traitements AFO qui ont les capacités d'échange cationiques les plus élevées. La Capacité d'Echange Cationique est une propriété

du sol lui permettant de fixer de façon réversible les cations échangeables. La part de l'argile dans la formation de la CEC et sa capacité à retenir l'eau, dépendent de sa nature (Kintche, 2011). Les sols ferrugineux et ferralitiques d'Afrique de l'Ouest sont dominés par la kaolinite avec des CEC faibles (2 à 15 Cmol^+/kg de sol). Ainsi, la CEC de ces sols tropicaux est à près de 80% d'origine organique. Il semble donc normal de trouver que les traitements avec fumure organique possèdent les CEC les plus élevées.

Le taux de saturation au niveau du sol ferrugineux et du sol brun, présente des valeurs assez faibles (Tableau annexe 3)..

Conclusion et recommandations

La mise en culture des terres entraîne des modifications de leurs caractéristiques, que ce soit l'élévation du pH et la modification des autres caractéristiques chimiques. Il faut alors réussir l'alliance entre fumure organique et minérale. Ceci afin que le sol voit ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques s'améliorer et se maintenir, pour une fertilité renforcée ; les plantes pourront alors mieux produire sur des sols les plus favorables. Des expérimentations ont montré qu'une gestion rationnelle des engrais minéraux et des amendements organiques permettait d'augmenter les rendements des cultures et de maintenir durablement la fertilité des sols. Cette étude que nous avons menée, nous a permis de retrouver les caractéristiques chimiques du sol sous culture avec et sans apports de matières organiques et ainsi de mieux connaître l'effet de la fumure organique sur les caractéristiques du sol. Il nous est apparu une amélioration de ces caractéristiques sur les sols ferrugineux et bruns eutrophes. Nous avons pu remarquer à Boni de l'acidité d'échange avec une légère présence de l'aluminium échangeable. Il faudrait donc surveiller cela de près. Les facteurs d'évolution de l'aluminium échangeable dans le sol sont de plusieurs ordres. Ils sont principalement liés au processus de pédogénèse et à l'origine de la roche mère. Des observations ont montré que quel que soit le type de sol, l'aluminium fini par apparaître au fur et à mesure que l'épuisement et la dégradation prennent de l'ampleur. Ainsi, pour des sols ferrallitiques qui sont des sols faciles à travailler mais légers, la moyenne est de 10ans. Pour des sols ferrugineux qui sont plus profonds et pour des sols bruns qui sont des sols qui ont une bonne profondeur et qui sont riches en cations notamment Ca et Mg, le temps estimé pour l'apparition de l'aluminium est de 15-20ans. On peut voir donc que les sols ne sont pas sur un même pied d'égalité en matière d'évolution ; l'exploitant agricole doit donc traiter chaque sol de manière à ne pas le dégrader irréversiblement. Les moyens de contrer l'aluminium existent certes, mais ils sont onéreux. Ce sont par exemple les amendements calco-magnésiens, qui libèrent des cations dans le sol (Ca, Mg) mais qui ne couvrent pas toute l'épaisseur du profil ; l'aluminium est alors toujours présent en profondeur. Ce sont aussi les matières organiques compostées ou non, mais là aussi se pose le problème de la richesse de la matière organique en cations ; elle est souvent pauvre en calcium et ou magnésium, elle sera alors moins efficace.

Il faudrait faire des apports préventif réguliers afin d'éviter la désaturation en bases, et l'acidification des sols. Il faudrait aussi mener une nouvelle étude qui permettrait de faire d'étudier des résultats sur de longues périodes pour mieux cerner ces contextes d'évolution.

Bibliographie

- Aelterman, G. (1983). Relation entre l'Aluminium échangeable et certaines propriétés physico-chimiques des Oxisols au Cameroun. *Tropicultura 1*, pp. 14-17.
- Anonyme. (n.d.). Retrieved 8 28, 2013, from miruram.mpl.ird.fr:
(<http://miruram.mpl.ird.fr/valpedo/miruram/guyane/definitions/definitions.htm>)
- Anonyme. (n.d.). *Chapitre 4 : Caractéristiques et propriétés chimiques du sol*. Retrieved 08 23, 2013, from echangetv.levalentin.free.fr:
echangetv.levalentin.free.fr/Cours/.../E.Chapitre_3_Chimie_du_sol.pdf
- Bacye, B. (1993). *Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (province du Yatenga Burkina faso)*.
- Bado, V., Sedogo, M., Cescas, M., Lompo, F., & Bationo, A. (1997). Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina faso. *Cahier d'études et de recherche francophone Volume 6*, p. pages 547 à 626.
- Bonneau, M., & Souchier, B. (1979). *2 Constituants et propriétés du sol*. Masson.
- Boyer, J. (1976). L'aluminium échangeable : incidences agronomiques, évaluation et correction de sa toxicité dans les sols tropicaux. *Cahier de l'ORSTOM, Série Pédologique vol. XIV, no 4*, pp. 259-269.
- Dakuo, D. (1990). *Statut potassique de quatre types de sols de la zone cotonnière du Burkina faso et étude de leur comportement vis à vis de la fumure potassique*. Mémoire de DEA, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 72p.
- Ilboudo, O. (1997). *Effets des fumures de fond sur l'acidité du sol et la croissance du cotonnier*.
- Kintche, K. (2011). *Analyse et modélisation de l'évolution des indicateurs de la fertilité des sols cultivés en zone cotonnière du Togo*.
- Kissou, R. ; Thiombiano, L. ; Nebie, A.K. ; Semde, A. & Yago, K.J. (2000). La Base mondiale de données sur les sols: avantages et faiblesses pour la connaissance et

l'utilisation des milieux édaphiques au Burkina Faso. *Quatorzième réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols* (pp. 268; 121-151). Abomey: Département du développement durable.

- Koulibaly, B. (2011). *Caractérisation de l'acidité des sols et analyse de l'efficacité des amendements dans les systèmes de culture coton-céréales en zone cotonnière au Burkina Faso*. Université de Ouagadougou; Thèse de Doctorat.
- Lalba, A., & Vognan, G. (2004). Dynamique de l'intensification durable des systèmes de production mixtes «coton-céréales-élevage» dans l'Ouest du Burkina Faso. *Actes de l'atelier FAO-INERA sur les Bonnes Pratiques Agricoles*. Bobo-Dioulasso.
- Lompo, F. (2009). *Effets induits des modes de gestion de la fertilité sur les états du phosphore et la solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina Faso*. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Cote d'Ivoire, 254p.
- Ouattara, S. (1991). *Contribution à l'étude de l'évolution des sols sous culture. Etude de différentes techniques culturales sur les rendements des cultures et sur révolution du sol dans un système à base d'arachide*.
- Ouedraogo, B. (2013). *Relation entre potassium échangeable, matière organique et teneur en argile des sols dans les rotations coton-céréales sous culture*.
- Pallo, F., & Thiombiano, L. (1989). Les sols ferrugineux tropicaux léssivés à concrétions du Burkina Faso: Caractéristiques et contraintes pour l'utilisation agricole. *SOLTROP 89*, pp. 307-327.
- Pallo, F., Sawadogo, N., Sawadogo, L., Sedogo, M., & Assa, A. (2008). Statut de la matière organique des sols dans la zone sud-soudanienne au Burkina Faso. *Biotechnologie Agronomie Société Environnement*, pp. 291-301.
- Pichot, J., Sedogo, M. P., Poulain, J. F., & Arrivets, J. (1981). Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. *Agronomie tropicale XXXVI-2*, pp. 122-133.
- Roose, E. (1985). Impact du défrichement sur la dégradation des sols tropicaux. *Machinisme Agricole Tropical - No 87*, pp. 24-36.

- Sedogo, P. M. (1993). *Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: Incidence des modes de gestion sur la fertilité*. Thèse de Doctorat, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 333p.
- Serpantié, G., & Ouattara, B. (2001). Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest. *La jachère en Afrique tropicale*, pp. 21-83.
- Tassambédo, A. M. (1990). *Amélioration de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical lessivé sous couverture à Andropogon SPP. et suivi de la structure spatio-temporelle des communautés végétales*.
- Traore, O. Y. (2010). *Fertilité chimique des lxisols et production du sorgho et du niébé dans le Centre Ouest du Burkina Faso: impact des stratégies paysannes en relation avec les conditions socio-économiques des ménages*.
- Traore, S. S. (2012). *Effets agro-pédologiques des modes de gestion à long terme des nutriments sous système de production à base de coton au Burkina Faso : cas des essais longue durée de Saria et de Farako-Bâ*.
- Trinh, S. (1976). L'aluminium échangeable dans les sols acides de quelques pays d'Afrique. *Cahier ORSTOM série. Pédologique. vol. XIV, no 3*, 207-218.
- Trinh, S. (1976). Rôle tampon des constituants alumineux dans les sols acides de quelques pays d'Afrique et de Madagascar. *Cahier ORSTOM, Serie pédologique vol. XIV, no 4*, pp. 271-278.
- Trinh, S. (1977). Essais d'élimination de l'aluminium échangeable par application d'engrais (PO, H, K, KNO., CaO). *Cahier. ORSTOM, série. Pédologique, vol. XV, no 2*, pp. 191-198.

ANNEXES

Tableau annexe 1: Tableau récapitulatif des analyses de sol de Boni. Prélèvements faits en Septembre 2013.

Couches	Site	pHeau	pHkcl	pHeau-pHkcl	M.O%	N %	C/N	P_total mg/kg soil	P_ass mg/kg soil	K_total mg/kg soil	SBE (S) Cmol+Kg-1sol	CEC Cmol+Kg-1sol	Taux de s.V(%)
0-20 cm	Boni F 1	5,97	5,08	0,89	1,61	0,08	11,49	186,78	4,36	3953,35	2,06	5,73	36,01
20-40 cm	Boni F 2	5,76	4,63	1,13	1,27	0,06	12,67	153,58	1,64	4645,19	1,46	3,82	38,21
0-20 cm	Boni NF 1	5,53	4,53	1	1,28	0,08	9,78	206,63	24,69	1976,68	1,46	4,07	35,93
20-40 cm	Boni NF 2	5,25	4,18	1,07	0,96	0,05	10,69	175,43	14,7	2372,01	1,32	3,73	35,36

Tableau annexe 2: Tableau récapitulatif des analyses de sol de Dossi. Prélèvements faits en Septembre 2013.

Couches	Site	pHeau	pHkcl	pHeau -pHkcl	M.O %	N %	C/N	P_total mg/kg soil	P_ass mg/kg soil	K_total mg/kg soil	SBE (S) Cmol+Kg	CEC Cmol+Kg- 1sol	Taux de s.V(%)
0-20 cm	Dossi F 1	7,47	6,48	0,99	2,55	0,13	11,19	209,99	1,14	3755,68	10,59	15,096	70,15
20-40 cm	Dossi F 2	7,4	5,85	1,55	1,46	0,07	11,41	155,02	0,05	3261,51	13,07	19,728	66,24
0-20 cm	Dossi NF 1	6,69	5,4	1,29	1,40	0,06	13,3	180,55	0,34	1877,84	4,63	8,96	51,73
20-40 cm	Dossi NF 2	6,78	5,28	1,5	1,24	0,06	12,4	189,93	0,09	2322,59	4,32	9,09	47,49

Tableau annexe 3: Tableau d'interprétation des normes chimiques (Dakouo, 1994).

Annexe 1 : Normes d'interprétation des analyses chimiques de sol.

CARACTERISTIQUES	Sols dégradés		Niveau régional Moyen	Sols sains bons	
	Très pauvres	Pauvres		Riche	Très riche
pH (acid)	4,35	4,45 à 5,50	5,50 à 6,15	6,50	6,50 à 7
Al ⁺⁺⁺ (échangeable)(meq/100g)	1,72 à 0,3	0,28 à 0,05	0,03 à 0,01	0,00	0,00
Matière organique (p.c.)	0,79	0,84 à 1,09	1,15 à 1,30	1,24 à 2,3	2,36
Carbone (p.c.)	0,32	0,41 à 0,48	0,55 à 0,87	1,22	1,32
Azote total (0/00)	0,42	0,50 à 0,58	0,55 à 0,70	0,70 à 0,75	1,23
Rapport C/N	10,5	10,5 à 11	11 à 12	13	13
Bases totales					
Ca ⁺⁺ (meq/100g)	1,54	2,22 à 3,38	3,50 à 8,30	8,70	13,08
Mg ⁺⁺	4,58	5,21 à 6,60	6,80 à 7,50	8,35	22,71
K ⁺	6,00	8,50 à 8,72	9,81 à 12,29	17,7	21,31
Na ⁺					
Bases échangeables					
Ca ⁺⁺ (meq)	0,82	1,22 à 1,70	2,80 à 3,50	3,83	7,63
Mg ⁺⁺	0,24	0,38 à 0,55	1,00 à 1,40	1,84	4,36
K ⁺	0,12	0,16 à 0,19	0,19 à 0,29	0,31	21,31
Na ⁺	0,01	0,03 à 0,05	0,05 à 0,07	0,15	
Somme des bases échang. (meq)	1,24	1,84 à 2,55	4,30 à 5,30	6,50	12,18
Capacité d'échang. Cat. (CEC) meq	1,60	2,02 à 2,40	3,30 à 4,58	5,80	12,58
Taux de saturation V (p.c.)	44 à 54	60 à 75	60 à 80	90 à 100	100 à 132
P. total (ppm)	76	95 à 155	160 à 196	200 à 280	337
P. assimilable (Olsen)(ppm)	8	8 à 12	18 à 24	28	26
P. soluble dans l'eau (ppm)	0,03	0,06	0,1	0,3	0,5
Quelques rapports	0,1 à 0,8		0,8 à 1,5	> 1,5	
- Mg/Cs	< 0,1 très faible	satisfaisant	un peu fort	trop fort	
- Mg/K	< 2 carence en Mg		2-20 bon	20 - carence en K	
- (Ca + Mg)/K	< 25 - amendement (dolomie) profitable				
	> 25 - risque d'antagonisme				
- K/(CEC)	1 carence en K	1-2 besoin élevé en K	2-5 besoin double en K	> 5 pas de besoin immédiat	

Source : IN.E.R.A Programme Coton, Section Agronomie.