

BURKINA FASO

Unité-Progrès-Justice

**MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
(MESSRS)**

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE
DE BOBO-DIOULASSO
(UPB)

CENTRE ECOLOGIQUE ALBERT
SCHWEITZER DU BURKINA FASO
(CEAS-BF)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL
(IDR)

DEPARTEMENT AGRO-ECOLOGIE
(DAE)



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

Option : **AGRONOMIE**

Thème :

***ETUDE DE L'IMPACT DE L'ARRIERE EFFET DE
L'AGE DU COMPOST SUR LES PROPRIETES DU
SOL ET LA PRODUCTION DE SORGHO***

DIRECTEUR DE MEMOIRE : Dr Bernard BACYE,

MAITRE DE STAGE : Dr Elisée OUEDRAOGO

JUIN 2007

YAMEOGO Mathieu

Table des matières

	<i>Pages</i>
<i>Dédicace</i>	v
<i>Remerciements</i>	vi
<i>Liste des sigles et abréviations</i>	viii
<i>Liste des tableaux</i>	ix
<i>Liste des figures</i>	x
<i>Résumé</i>	xi
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : GENERALITES	3
1.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	3
<i>1.1.1 Historique et philosophie du CEAS-BF</i>	3
<i>1.1.2 Organisation du CEAS-BF</i>	3
<i>1.1.3 Moyens d'action du CEAS-BF</i>	4
1.2 PROBLEMATIQUE SUR LA FERTILISATION ORGANIQUE DES SOLS.....	5
<i>1.2.1 Compostage : définition et historique</i>	6
1.2.1.1 Définition	6
1.2.1.2 Historique	6
<i>1.2.2 Justification de la pratique du compostage</i>	7
<i>1.2.3 Processus de transformation de la matière organique</i>	8
<i>1.2.4 Evaluation de la maturité du compost</i>	10
<i>1.2.5 Techniques d'utilisation du compost</i>	11
1.2.5.1 Epannage en surface	11
1.2.5.2 Epannage en sillon	11
1.2.5.3 Epannage en poquet.....	11
<i>1.2.6 Importance du compost dans l'amélioration des propriétés du sol et la production agricole</i>	12
1.2.6.1 Influence des composts sur les paramètres physiques , chimiques et biologiques du sol	12
1.2.6.2. Influence des composts sur la production de sorgho.....	17

1.3 GENERALITES SUR LE SORGHIO.....	19
1.3.1 Botanique et écologie.....	19
1.3.2 La culture du sorgho.....	20
1.3.3 Importance de la culture.....	21
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES.....	23
2.1 PRESENTATION DU SITE D'ETUDE.....	23
2.1.1 Situation géographique.....	23
2.1.2 Population.....	25
2.1.3 Principales activités.....	25
2.1.4 Climat.....	26
2.1.4.1 Pluviométrie.....	26
2.1.4.2 Température et évapotranspiration.....	27
2.1.4.3 Les vents.....	28
2.1.5 La géologie et les sols.....	28
2.1.6 La géomorphologie.....	29
2.1.7 L'hydrologie et l'hydrogéologie.....	29
2.1.8 La végétation.....	29
2.2 MATERIELS D'ETUDE:.....	30
2.2.1 Matériel végétal.....	30
2.2.2 Matériel organique.....	30
2.2.3 Processus de fabrication du compost.....	31
2.2.3.1 Technique de réalisation du compostage en tas.....	31
2.3 CARACTERISTIQUES DU SOL DE L'EXPERIMENTATION.....	33
2.3.1 Caractéristiques morphologiques.....	33
2.3.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	33
2.4 METHODES D'ETUDE.....	35
2.4.1 Dispositif expérimental.....	35
2.4.2 Conduite de l'essai.....	36
2.4.2.1 Le semis.....	36
2.4.2.2 Entretien des cultures.....	36
2.4.2.3 Fertilisation.....	36
2.4.3 Méthodes d'échantillonnage.....	36
2.4.3.1 Echantillonnage de tiges et de grains.....	36

2.4.3.2 Echantillonnage de sol.....	37
2.4.3.3 Sélection des plantes pour l'évaluation des paramètres phénologiques.....	37
<i>2.4.4 Paramètres agronomiques mesurés.....</i>	<i>37</i>
2.4.4.1 Mesure de la hauteur des plantes	37
2.4.4.2 Comptage du nombre de feuilles par plant	38
2.4.4.3 Evaluation du taux de floraison	38
2.4.4.4 Récolte et estimation de la production	38
2.4.4.5 Exportation minérale et indices d'efficacités.....	38
<i>2.4.5 Détermination des paramètres chimiques du sol et de la plante.....</i>	<i>39</i>
2.4.5.1 Mesure du carbone total	39
2.4.5.2 Détermination de l'azote total et du phosphore total	39
2.4.5.3 Mesure du potassium total.....	39
2.4.5.4 Détermination de la Capacité d'Echange Cationique (CEC).....	40
2.4.5.5 Mesure du pH.....	40
<i>2.4.6 Méthode d'inventaire de la macrofaune du sol.....</i>	<i>40</i>
2.4 TRAITEMENT DES DONNEES.....	41

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION 42

3.1 RESULTATS	42
<i>3.1.1 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur les propriétés du sol</i>	<i>42</i>
3.1.1.1 Effets sur le carbone total du sol.....	42
3.1.1.2 Effets sur l'azote total du sol	43
3.1.1.3 Effets sur le phosphore total du sol	44
3.1.1.4 Effets sur la somme des bases (S).....	45
3.1.1.5 Effets sur la capacité d'échange cationique (CEC).....	46
3.1.1.6 Effets sur le pH (eau).....	47
3.1.1.7 Effets sur le pH (KCl) du sol	48
3.1.1.8 Effets sur la macrofaune du sol.....	49
3.1.1.9 Corrélation entre la matière organique et la macrofaune du sol	50
<i>3.1.2 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur la production de sorgho</i>	<i>51</i>
3.1.2.1 Influence sur la croissance du sorgho.....	51
3.1.2.2 Influence sur la production de feuilles	52
3.1.2.3 Influence sur la floraison du sorgho.....	53
3.1.2.4 Influence sur le rendement grain du sorgho	54

3.1.2.4 Influence sur le rendement grain du sorgho	54
3.1.2.5 Influence sur le rendement paille de sorgho	55
3.1.2.6 Influence sur le rapport grain / paille	56
3.1.2.6 Exportations minérales et indices d'efficacités	57
3.2 DISCUSSION	61
<i>3.2.1 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur les caractéristiques chimiques du sol</i>	<i>61</i>
3.2.1.1 Sur le carbone total du sol	61
3.2.1.2 Sur l'azote du sol	63
3.2.1.3 Sur le phosphore total	64
3.2.1.4 Sur les bases échangeables	64
3.2.1.5 Sur la Capacité d'Echange Cationique (CEC)	64
3.2.1.6 Impact de l'arrière effet sur le pH du sol	65
3.2.1.7 Impact de l'arrière effet sur la macrofaune du sol	65
3.2.1.8 Impact de l'arrière effet sur la corrélation entre la matière organique et la macrofaune du sol	66
<i>3.2.2 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur la phénologie du sorgho</i>	<i>67</i>
<i>3.2.3 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur les rendements grains et paille</i>	<i>67</i>
<i>3.2.4 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur le rapport grain sur paille</i>	<i>69</i>
<i>3.2.5 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur l'exportation des nutriments</i>	<i>69</i>
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS	71
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	74
ANNEXE 1	82

Dédicace

A

mon père YAMEOGO O. Jean, décédé le 07 / 09 / 1991
mon frère YAMEOGO Etienne décédé le 02 / 06 / 1998 ;
ma sœur YAMEOGO N. Joséphine décédée le 10 / 10 / 1998 ;
dormez en paix, vos souhaits à mon égard se réalisent.

A ma mère, source d'amour éternel

A mes frères et sœurs

A ma future bien aimée

« Que chacun s'efforce dans le milieu où il se trouve de témoigner à d'autres une véritable humanité. C'est de cela que dépend l'avenir du monde » . Albert SCHWEITZER, Décadence et Renaissance de la culture.

Remerciements

La réalisation du présent document a été possible grâce à la contribution de nombreuses personnes. Il nous est très agréable de leur témoigner notre reconnaissance et notre parfaite gratitude et leur adresser nos vifs remerciements pour leur inestimable contribution à la réussite de notre étude.

- A Monsieur Michael YANOGO, coordonnateur du CEAS-BF, qui a accepté nous laisser enrichir nos connaissances dans son institution ;

- Au Dr Elisée OUEDRAOGO, chef du département agro-écologie et environnement, notre maître de stage qui, en dépit de ses multiples occupations a pu nous assurer un encadrement précieux et de qualité et nous avoir permis de faire nos premiers pas dans la recherche à son côté ;

- Au Dr Bernard BACYE, Enseignant-chercheur à l'IDR, notre directeur de mémoire pour son suivi constant de notre travail ;

- Au Dr Moussa OUEDRAOGO, chercheur au CNRST, pour nous avoir facilité l'accès dans son laboratoire d'entomologie ;

- A Monsieur Noé A. GOUBA, pour ses conseils pratiques et techniques.

J'exprime ma profonde reconnaissance à Monsieur Basile TRAORE, Technicien au laboratoire d'entomologie du CNRST.

Un merci spécial à Messieurs Bernard NONGUIERMA, Gédéon SANDOUIDI, Windso OUEDRAOGO, Emmanuel MILOUNGOU, Mesdames Denyse AKOTIONGA, Alizeta TABSOBA, Gisèle NACRO, Clarisse NEBIE, Sylvie DOANTO et ZAMPALIGRE Alima pour leurs encouragements et leurs soutiens moral lors du stage.

Je remercie également tous mes frères et sœurs en particulier YAMEOGO Thomas et Madame à Bobo Dioulasso, Madame NANA Justine, YAMEOGO Barthélemy pour leur encouragement et leur soutien multiforme durant toutes mes années d'étude.

Mon séjour sur le terrain ma permis de découvrir des personnes de grande qualité morale, technique et spirituelle. Je voudrais citer sans être exhaustif: Etienne OUEDRAOGO, Pasteur Michel OUEDRAOGO et tous les travailleurs du jardin agro-écologique du CEAS-BF.

Je tiens à remercier Madame Pauline OUEDRAOGO / TENKODOGO, Technicien Supérieur d'Agriculture, M. Refwendé Marc OUEDRAOGO, Ingénieur Agronome, M. ZONGO Joachim et M. Mathieu W. SAWADOGO qui n'ont ménagé aucun effort pour me soutenir et me faciliter la tâche.

J'adresse également mes remerciements à tout le personnel du CEAS-BF pour leur solidarité et leur franche collaboration.

Nous tenons à remercier les camarades stagiaires de la 31^{ème} promotion et particulièrement les camarades DOAMBA W.M.F Sabine, KABRE P. Sylvain, SANOU Ardjouma YAMEOGO Francis, ZONGO Nongma Arnel, ZOUNGRANA Apollinaire, avec qui nous avons partagé des moments de peine et de joie.

Je ne saurais terminer sans exprimer ma chaleureuse et profonde reconnaissance à tous mes parents amis, collègues et frères en christ qui ont su m'entourer d'un réconfort moral tout au long de notre stage.

Liste des sigles et abréviations

ANOVA : Analyse de variance
ATESTA : Atelier d'Energie Solaire et de Technologie Appropriée
BUNASOLS : Bureau National des Sols
CEAS-BF: Centre Ecologique Albert Schweitzer du Burkina Faso
CEC : Capacité d'Echange Cationique
CIRAD : Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement
CNRST: Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
DAE: Département Agro-Écologie et environnement
DAT: Département Agro-Transformation
DTA: Département de Technologie Appropriée et énergie renouvelable
EA : Efficience Agronomique
EP : Efficience Physiologique
ERA : Efficience de Recouvrement Apparent
FAO : Organisation des Nations Unies pour l'agriculture
GIFS : Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols
ICRISAT : International Crop Research Institute in Semi-Arid Tropic
IDR : Institut du Développement Rural
IGB : Institut Géographique du Burkina
INERA : Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole
INSD : Institut National de la Statistique et du Développement
JAS : Jour Après Semis
MAE : Ministère des Affaires Etrangères
MAHRH : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
MCD : Ministère de la Coopération et du Développement
MRA : Ministère des Ressources Animales
ONG: Organisation Non Gouvernementale
SAS :Semaine Après Semis
TSBF: Tropical Soil Biology and Fertility.

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Caractéristiques chimiques des substrats organiques et quantité de matière sèche apportée.</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 2: Caractéristiques physiques et chimiques du sol de l'expérimentation.....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 3: Variation du taux de carbone (%) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture ...</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 4 : Variation du taux d'azote total (%) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture</i>	<i>43</i>
<i>Tableau 5 : Variation du phosphore total (ppm) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 6 : Variation de la somme des bases (méq/100g) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 7: Etat de la CEC (en méq/100g) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 8 : Variation du pH (eau) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture.....</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 9 : Variation du pH (KCl) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture</i>	<i>48</i>
<i>Tableau 10 : Composition et abondance de la macrofaune du sol sur l'horizon 0-10 cm (individu / m²) / traitement.....</i>	<i>49</i>
<i>Tableau 11 : Composition et abondance de la macrofaune du sol sur l'horizon 10-30 cm (individu / m²) / traitement</i>	<i>50</i>
<i>Tableau 12 : Variation du rendement grain (kg/ha) de sorgho après 2 années de culture</i>	<i>54</i>
<i>Tableau 13 : Variation du rendement en paille (kg/ha) de sorgho après 2 années de culture</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 14 : Variation du rapport grain / paille après e années de culture.....</i>	<i>56</i>
<i>Tableau 15 : Exportation de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) par la culture de sorgho en 2005 et en 2006 (kg/ha).....</i>	<i>57</i>
<i>Tableau 16 : Efficience de recouvrement apparent de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) en 2005 (%)</i>	<i>58</i>
<i>Tableau 17 : Efficience agronomique de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) en 2005 (kg/kg).....</i>	<i>58</i>
<i>Tableau 18 : Efficience physiologique de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) en 2005 et en 2006 (kg/kg).....</i>	<i>59</i>

Liste des figures

<i>Figure 1 : Localisation de la zone d'étude</i>	24
<i>Figure 2 : Variabilité inter-annuelle de la pluviométrie à Kombissiri (1995-2006)</i>	26
<i>Figure 3 : Evolution de la pluviométrie mensuelle en 2005 et 2006 à Gomtoaga</i>	27
<i>Figure 4 : Evolution de la température maximale, minimale et moyenne à Ouagadougou de 1996 - 2005</i>	28
<i>Figure 5 : Dispositif expérimental de l'étude</i>	35
<i>Figure 6 : Corrélation entre la matière organique et la macrofaune du sol</i>	51
<i>Figure 7 : Evolution de la taille des plantes en 2006 au cours du temps</i>	52
<i>Figure 8 : Evolution du nombre de feuille par plante au cours du temps</i>	53
<i>Figure 9 : Evolution du taux de floraison au cours du temps</i>	54

Résumé

L'impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur les propriétés du sol et la production de sorgho a été apprécié sur un sol ferrugineux tropical lessivé sous climat Nord-Soudanien au Burkina Faso en utilisant les anciennes parcelles d'un dispositif en blocs Fisher à quatre traitements (compost de 4 mois (C4), bouse de vache non compostée (BV), compost d'un mois (C1), témoin absolu (T)) et trois répétitions. Les paramètres chimiques du sol, l'inventaire de la macrofaune du sol et les paramètres agronomiques du sorgho ont servi de bases d'appréciation de l'arrière effet de l'âge du compost.

Les résultats indiquent que l'arrière effet de l'âge du compost influencent différemment les caractéristiques chimiques du sol. La bouse de vache a influencé positivement le carbone du sol en deuxième année. La teneur en carbone (0,659 %) observée avec cette dernière est comparable à celle obtenue avec C1 (0,645 %). Ce qui n'est pas le cas avec C4. Le traitement C4 a influencé positivement et significativement le pH (KCl) du sol en deuxième année (pH (KCl) = 5,78). Par contre, C1 et BV, ont eu un arrière effet positif non significatif sur le pH (KCl) par rapport au témoin qui affiche un pH (KCl) = 5,52. Concernant les rendements grain du sorgho, l'arrière effet du C1 a induit le meilleur rendement grain (1873 kg/ha), significativement différent de celui obtenu avec C4 (1284 kg/ha). La bouse de vache a provoqué un rendement grain de 1684 kg/ha contre 1631 kg/ha pour le témoin en deuxième année. En comparant les résultats de 2005 et de 2006, C4 a toujours eu un effet négatif sur le carbone du sol et le rendement grain de sorgho. Les résultats révèlent que la bouse de vache assure le maintien du carbone du sol. Elle enregistre la faible baisse de carbone (19 %) et de l'azote (12 %). En terme de maintien de la production grain, C1 est le meilleur traitement. Il enregistre le meilleur rendement et la plus faible baisse de 17 % contre 30 % pour la bouse de vache et 31 % pour C4. En recommandation, l'utilisation de la bouse de vache serait meilleure. Cependant, elle est rare et en plus, elle est source de mauvaises herbes et de parasites. De ce fait, nous conseillons l'utilisation du compost d'un mois d'âge qui fournit presque les mêmes résultats que la bouse de vache mais a l'avantage de résoudre la problématique de la MO, de réduire la durée de compostage à un mois, d'atteindre une grande superficie. Il est nécessaire que les paysans s'approprient de cette technologie à travers la vulgarisation.

.....
Mots clés : arrière effet, âge du compost, bouse de vache, propriétés du sol, Sorgho, koubri, Burkina Faso.

INTRODUCTION GENERALE

En Afrique subsaharienne en générale et au Burkina Faso en particulier, le secteur agricole assure l'essentiel du produit national brut. Ses performances revêtent une importance primordiale pour la satisfaction des besoins alimentaires de la population en expansion rapide. Cependant, on assiste à une chute dramatique des rendements agricoles (Pieri, 1989).

Cette situation est la conséquence de la pauvreté des sols, des aléas climatiques et des pratiques culturales inadaptées. La pauvreté des sols s'explique par une faible fertilité naturelle des sols et son taux en matière organique faible (Pieri, 1989) estimé à moins de 1 % (BUNASOLS, 1985). De ce fait, la gestion de la fertilité des sols devient une préoccupation pour l'ensemble des pays tropicaux.

Au Burkina Faso comme partout en Afrique sub-saharienne, la gestion de la fertilité des sols consistait en une alternance des systèmes extensifs de culture sur une durée de 3 à 5 ans et une mise en jachère sur une longue durée d'au moins 10 ans (Pieri, 1989 ; Sédogo, 1993 ; Bacye, 1993 ; Pinto Toyi *et al.*, 1998). Mais la croissance démographique accrue rend la durabilité de ce système impossible (Compaoré et Sédogo, 2002) et la recherche d'autres alternatives s'impose, parmi lesquelles on peut citer l'utilisation des matières organiques (compost, fumier, engrais vert), les rotations culturales incluant les légumineuses (Bationo *et al.*, 1995 cité par Bationo *et al.*, 1998 ; Compaoré et Sédogo, 2002).

Par ailleurs, plusieurs études ont révélé que la restauration organique des sols est indispensable pour le maintien de la fertilité des sols et l'amélioration de la productivité des terres (Pieri, 1989). Cela passe nécessairement par l'utilisation de la matière organique transformée ou non pour une bonne gestion du stock organique des sols cultivés (Sédogo, 1981 ; Feller *et al.*, 1983).

Le Centre Ecologique Albert SCHWEITZER du Burkina Faso (CEAS-BF) depuis sa création en 1982 s'investit dans la recherche de solutions aux graves problèmes de dégradation de l'environnement et de la pauvreté des populations africaines. C'est pour répondre à la problématique de dégradation et de gestion de la fertilité des terres que le Département Agro-écologie et environnement (DAE), un des trois départements du CEAS-BF, s'est engagé dans la recherche appliquée en matière de fertilisation organique et de conservation des sols. Les activités sont menées afin de promouvoir et inciter les paysans à

l'utilisation des matières organiques tels que le fumier, les résidus de récolte, et le compost. Mais l'utilisation des matières organiques est confrontée à plusieurs contraintes liées notamment à leur disponibilité en quantité suffisante, aux besoins élevés en eau pour la fabrication des composts, en moyen matériel et en main d'œuvre pour leur transformation. Dans un tel contexte, la connaissance de l'impact de l'arrière effet de l'âge du compost est capitale pour une utilisation efficiente du compost avec la valorisation de son effet résiduel. Aussi, il est nécessaire de connaître la forme la plus élaborée de matière organique (MO) qui permet d'optimiser la durée de fabrication du compost et compatible à une production optimale de sorgho lequel constitue la culture principale au Burkina Faso. Une meilleure connaissance de l'impact de l'arrière effet de l'âge du compost est donc indispensable pour optimiser l'utilisation du compost et réduire les charges liées à sa fabrication. C'est dans cette optique que le thème suivant a été initié : **« Etude de l'impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur les propriétés du sol et la production de sorgho ».**

L'objectif général assigné à cette étude est l'identification de l'impact de l'arrière effet sur les propriétés du sol et la production de sorgho. Il s'agit plus spécifiquement de :

- caractériser la fertilité des sols après deux années de culture de sorgho ;
- comparer des rendements de sorgho après deux années de culture. L'étude est articulée autour des hypothèses suivantes :
 - l'arrière effet de l'âge du compost influence positivement et significativement les propriétés du sol ;
 - l'arrière effet de l'âge du compost influence positivement et significativement la production de sorgho.

Le présent mémoire comprend trois chapitres :

- le premier chapitre décrit le contexte de l'étude et présente la structure d'accueil ;
- le deuxième chapitre est consacré à la description des matériels et méthodes utilisés ;
- le troisième chapitre rend compte des résultats suivi d'une discussion.

La synthèse des résultats obtenus permet de tirer des renseignements et recommandations concernant l'arrière effet de l'âge du compost.

CHAPITRE I : GENERALITES

1.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

1.1.1 Historique et philosophie du CEAS-BF

Le Centre Ecologique Albert Schweitzer du Burkina Faso (CEAS-BF) est une Organisation Non Gouvernementale (ONG) à but non lucratif créée en 1980 à Neuchâtel en Suisse par des amis et anciens collaborateurs du Dr Albert SCHWEITZER, grand humaniste missionnaire avec pour objectif de trouver une solution aux graves problèmes de dégradation de l'environnement et de la pauvreté des populations africaines.

L'approche du développement passe par la conception et la promotion des technologies appropriées et adaptées à leur milieu. La philosophie du CEAS-BF est d'allier écologie et économie.

Le siège du CEAS international est implanté à Neuchâtel en Suisse. Il assure la coordination des actions de mise en relation, de transfert de technologies et la recherche de financement. Les bases d'actions du CEAS sont à Ouagadougou au Burkina Faso depuis 1982, à Madagascar depuis 1995 et au Sénégal depuis 2003.

1.1.2 Organisation du CEAS-BF

Pour être opérationnelles et dynamiques, les représentations ont des départements techniques spécialisés dans différents domaines qui les rapprochent de leurs partenaires, ce sont :

Le Département de Technologie Appropriée et énergie renouvelable (DTA), qui met au point des technologies simples respectueuses de l'écosystème, qui sont mises à la disposition des populations à travers la formation des artisans qui s'approprient de la technologie.

Le Département Agro-Transformation (DAT), qui accompagne les entrepreneurs et les paysans dans le transfert des technologies de conservation des fruits et légumes (à travers le

séchage, la fabrication de jus, de confiture, de vinaigre), de production du beurre de karité, de fabrication de savon et de produits cosmétiques à base de beurre de karité.

Le Département Agro-Ecologie, qui assure le volet agro-écologique et protection de l'environnement avec un encadrement technique des groupements. C'est le département qui nous a accueilli pour notre stage de dix mois.

La coordination, service transversal qui a pour mission essentielle de représenter l'institution à l'intérieur et à l'extérieur, de veiller sur son éthique et à son application pour une société meilleure, d'accompagner les départements techniques et leurs partenaires dans l'exécution de leurs activités et de les orienter vers de nouvelles perspectives. Elle œuvre également à la promotion de l'image de l'institution et des produits de ses partenaires.

1.1.3 Moyens d'action du CEAS-BF

Pour atteindre ses objectifs, le CEAS-BF s'est doté de moyens techniques pour ses activités de recherche et de promotion. Il s'agit :

- d'un Atelier d'Energie Solaire et de Technologie Appropriée (ATESTA) qui participe à la recherche-formation ;
- d'un centre de recherche appliquée (jardin expérimental) et de formation en agro-écologie des partenaires paysans et techniciens du développement à Gomtoaga ;
- d'un complexe agroalimentaire (transformation des fruits et légumes, vinaigrerie) pour la recherche et la formation des partenaires agro-transformateurs ;
- d'un laboratoire de chimie alimentaire pour le contrôle de la qualité des produits des partenaires ;
- d'une bibliothèque.

1.2 PROBLEMATIQUE SUR LA FERTILISATION ORGANIQUE DES SOLS

Le concept de fertilité prend en compte plusieurs facteurs. Pichot (1995 cité par Dugué *et al.*, 1998) définit le concept de fertilité comme étant l'aptitude d'un milieu à satisfaire durablement les besoins des populations rurales au travers des systèmes de production qu'elles mettent en œuvre. Cette définition souligne bien une appréciation plus large de la fertilité basée sur la confrontation entre les caractéristiques pédo-climatiques du milieu, les systèmes de production et les techniques agricoles appliquées (Piéri, 1989 ; Delville, 1996 ; Dugué *et al.*, 1998). Le rendement des cultures est influencé par des composantes interactives (sol-climat-plante) soumises à des déterminants techniques, sociaux et historiques (Piéri, 1989) et la modification de ces dernières a une répercussion sur la production agricole.

Ainsi, les contraintes d'ordre climatiques, socio-économiques et démographiques influencent la production agricole (Piéri, 1989, Bacye, 1993 ; Berger, 1996). Cette situation se manifeste par l'irrégularité des pluies, l'érosion accrue des sols, l'activité humaine très intense. L'essentiel de l'activité humaine se résume à l'activité agricole, sylvicole, pastorale et les besoins domestiques qui exercent une pression effroyable sur les ressources naturelles. Les exportations progressives des éléments nutritifs des terres cultivées à travers les récoltes et leurs résidus sans restitution adéquate entraînent un épuisement du sol (Sédogo, 1981 ; Compaoré et Sédogo, 2002). Ces phénomènes concourent à une dégradation et une modification importante de l'environnement. Ils compromettent la base des systèmes de production agricole et freinent ainsi le renouvellement de la fertilité des sols (Hien *et al.*, 1991 ; FAO, 1994 ; Compaoré et Sédogo, 2002).

Face à cette situation alarmante, de nombreux efforts furent déployés par les agriculteurs pour tenter d'enrayer ces processus de dégradation des sols et de rétablir un niveau de production compatible à la satisfaction de leurs besoins sans que ces actions aient pu inverser la tendance de déclin de la fertilité des sols (Berger, 1996). Certaines des actions entreprises étaient l'usage incontrôlé d'engrais minéraux, l'extension des superficies cultivées, l'utilisation du matériel agricole etc. Mais il s'est avéré au travers des expérimentations de longues durées que l'usage intensive et exclusive des engrais minéraux entraînait une acidification du sol à long terme et provoque une chute des rendements agricoles (Sédogo, 1981, Bationo et Mokwunye, 1991). L'extension des superficies aussi n'était pas la panacée à ce problème. Les études de Feller, Ganry et Cheval (1981) ; Sédogo (1981) ont démontré que l'usage combiné des engrais chimiques et la fumure organique dans

la fertilisation donne de bons rendements agricoles. C'est fort de cela que l'intensification de l'agriculture doit prendre en compte l'intégration de la fumure minérale et la fumure organique.

Alors, des réflexions et des études furent menées pour comprendre ce phénomène et de là est née l'approche de la Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (GIFS). Pieri (1989) abordait dans le même sens en notant que l'accroissement durable de la production agricole dans les zones de savane doit se faire de manière à ce que les technologies d'intensification assurent à la fois le contrôle de l'érosion et le maintien d'un stock organique suffisant dans les sols. La gestion intégrée de la fertilité des sols recommande l'amélioration des bilans organiques en faisant recourt aux amendements organiques, aux engrais chimiques et l'adoption de techniques culturales respectueuses de la préservation de la ressource sol. Le compost, matière organique stable, retrouve donc la place qui lui convient et qu'il mérite dans la mesure où il assure à long terme aussi bien la fertilité que le potentiel de production des sols (Houot *et al.*, 2003 ; Larbi, 2006).

Pour un pays sahélien comme le Burkina Faso, l'adoption de cette approche reste un des moyens pour améliorer la fertilité du sol et accroître la production agricole de manière durable.

1.2.1 Compostage : définition et historique

1.2.1.1 Définition

Il existe plusieurs définitions du compostage et il n'est pas aisé de trouver une définition universelle. Nous retenons néanmoins la définition générale de Mustin (1987) : « le compostage est un procédé biologique contrôlé de conversion et de valorisation des substrats organiques (sous-produits de la biomasse, déchets organiques d'origine biologique etc.) en un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humiques ».

1.2.1.2 Historique

Le compostage était pratiqué dans une certaine mesure depuis des siècles par les exploitants jardiniers de différentes régions du monde (FAO, 1988). Randrianjafy (2005) pense que cette pratique est née suite à des observations sur les phénomènes naturels qui se

produisent dans les sous bois forestiers avec les litières ainsi qu'avec les déchets ménagers dans les fosses à ordures traditionnelles.

Cependant, certaine source FAO (1988) cite l'expérience empirique des chinois et la population de la vallée de Hunza dans l'Himalaya sur la restitution organique et les considère comme les pionniers du compostage. En effet, en restituant au sol les résidus agricoles, les déchets humains et les vases alluviales entraînées par les rivières et les canaux, ils ont pu satisfaire leur besoin et maintenir la productivité de leurs terres.

Par ailleurs, cette technique longtemps pratiquée était faite à petite échelle et ce n'est qu'avec les études des chercheurs occidentaux que cette pratique connaîtra une amélioration et sera adoptée à grande échelle. Parmi ces chercheurs, on peut citer King du département de l'agriculture des USA qui, après son voyage en Chine, au Japon, en Corée a fait des observations sur le compostage qui ont été testées et vérifiées à travers des expérimentations au terrain par Sir Albert Howard, botaniste anglais employé par le gouvernement indien (FAO 1988). Les résultats concluants de ce dernier sur le compostage à l'échelle terrain furent complétés par les études de laboratoire de (Waksman, 1938). Son étude sur l'humus a permis de connaître et comprendre l'importance des micro-organismes dans ce processus.

1.2.2 Justification de la pratique du compostage

De nos jours, les préoccupations croissantes relatives à la dégradation des terres, à l'utilisation irrationnelle des engrais minéraux, à la pollution de l'air, à la qualité du sol, à la biodiversité du sol et à la santé publique ont ravivé l'intérêt à l'égard des pratiques de recyclage des matières organiques (FAO, 1988, 2005 ; Pieri, 1989). Cela a suscité des investigations sur la transformation par le biais du compostage des résidus agricoles, les ordures ménagères, les déchets industriels, etc. en vue de combler le déficit humique des sols surexploités et d'en réactiver une vie microbiologique équilibrée (Gobat *et al.*, 2003).

Le compostage permet de réduire le volume des déchets, de produire de la matière organique stable en quantité (Larbi, 2006) et de contribuer à améliorer la qualité du matériel organique (Ouédraogo, 2004) pour que son application au sol ne soit pas dommageable (phytotoxicité, immobilisation de l'azote) aux cultures mais, qui au contraire améliorent la fertilité du sol et la santé des plantes (Larbi, 2006). L'enfouissement direct au sol de matériel organique non décomposé ou de pauvre qualité induit des effets dépressifs sur les plantes

(Sédogo, 1981, 1993 ; Feller et Ganry, 1982 ; Bazié, 1984 ; Soltner 1986 ; Bonzi, 1989). Le compostage permet de dissiper ces effets et de rendre plus disponibles les éléments nutritifs contenus dans la matière organique décomposable comme l'ont rapporté les études de Feller et Ganry, (1982). En améliorant de cette manière la qualité du matériel organique, son apport au champ permet d'améliorer la fertilité du sol et de provoquer une augmentation de la production agricole, une meilleure biodiversité du sol quand on sait que la matière organique a un impact sur l'activité biologique du sol.

En outre, le compostage permet d'assainir l'habitat, d'améliorer l'hygiène et de réduire les risques écologiques. Mentionnons à ce titre que des études ont montré que les matières organiques issues de composts (substances humiques) contribuent à l'élimination des polluants organiques à la lumière par photo transformation (Richard *et al.*, 2006). Elles présentent une action répressive plus nette sur le développement des champignons (Mcquilken *et al.*, 1994 ; Zhang *et al.*, 1998, Larbi, 2006). Les fumiers, les résidus alimentaires, les déchets de tous genres sont des lieux propices à la prolifération de germes pathogènes et sont sources de mouches et d'insectes propagateurs de maladies ; mais en traitant ces ordures par le compostage on rend plus agréable l'environnement. A cet effet, Randrianjafy (2005) déclare que « utiliser du compost, c'est contribuer à la conservation des sols, à la préservation des écosystèmes, base de tout développement durable ».

1.2.3 Processus de transformation de la matière organique

La décomposition de la matière organique est le processus qui contribue à la libération d'éléments contenus dans la matière décomposable et la formation d'agrégats stables (Soltner, 1986). En effet, le compostage provoque de ce fait une forte diminution des teneurs en carbone, en matière cellulosique, et le contenu cellulaire. Il entraîne aussi une augmentation des teneurs en matière minérale, l'azote, la lignine et fibre de la paille initiale en subissant deux processus biologiques plus ou moins simultanés : l'humification et la minéralisation.

- L'humification est un processus biologique et physico-chimique qui correspond à une synthèse de composés humiques constituant l'humus dont la nature dépend des caractéristiques de la matière organique d'origine (teneur en azote, en lignine, en polyphénol, le rapport C/N) qui conditionnent l'évolution de la matière organique. Les études de Waksman (1938) ; Chen *et al.* (2003) ont permis de caractériser l'humification et de comprendre l'importance des micro-organismes (maillon

essentiel) dans ce processus. L'humus est une substance colloïdale résultant de la décomposition des débris végétaux (humification) par les micro-organismes du sol. L'humification a lieu en présence d'humidité et d'oxygène (O₂). Il contient approximativement 50-55 % de carbone, 4,5 % d'azote, 1 % de soufre avec des taux variables de phosphore (Paul et Clark, 1996 cité par Ouédraogo et Gouba 2006).

- La minéralisation est un processus de transformation de l'humus ou de la matière organique non décomposée avec une libération d'éléments minéraux.

C'est au cours de ces processus que les éléments contenus dans la matière décomposable sont rendus disponibles aux plantes. Durant ce processus de décomposition, il existe une pullulation de petits organismes terricoles : bactéries, larves, insectes, nématodes, champignons, etc. Ces micro-organismes aérobies « brûlent » la matière organique, c'est-à-dire respirent en absorbant de l'oxygène (O₂) et en rejetant du gaz carbonique (CO₂) et de l'ammoniac (NH₃) en présence d'humidité et d'oxygène. Dans la première semaine de l'édification du tas de compost, on enregistre une élévation rapide de la température qui atteint 70 °C à 80 °C résultant de l'activité des micro-organismes aérobies (Houot *et al.*, 2003). Tout d'abord, les organismes mésophiles (dont la température de croissance optimale est comprise entre 20 °C et 45 °C) prolifèrent grâce aux sucres et aux acides aminés facilement disponibles. Ils produisent de la chaleur par leur propre métabolisme et élève la température à un point tel que leurs propres activités sont inhibées (FAO, 2005). Ensuite quelques champignons ainsi que de nombreuses bactéries thermophiles (dont la température de croissance est comprise entre 50 °C et 70 °C) poursuivent le processus et augmentent la température du compost jusqu'à 65 °C voire plus, c'est la phase thermophile. Cette phase est cruciale pour la qualité du compost car la chaleur tue les germes pathogènes (Bollen, 1993, Farrell, 1993 cités par Hoitink, 1997 ; Dalzell *et al.*, 1979 cité par Karl *et al.*, 1994).

Aussi l'élévation de la température associée à la présence d'humidité stimule la germination des graines des adventices mais l'action combinée de l'élévation de la température et la libération d'agents inhibiteurs permettent la destruction de ces graines d'adventices. Il est à noter que la stimulation du développement de la microflore et de la faune induit par l'apport de matériaux organiques peut entraîner l'apparition de prédateurs, de parasites et contribué à assainir le sol en dissipant certaines maladies (Janssen, 1993, Larbi, 2006). La phase thermophile est la phase d'hygiénisation du produit (Houot *et al.*, 2003).

En outre, une autre phase succède la deuxième (phase de stabilisation), phase au cours de laquelle la température du tas diminue graduellement à la 3^{ème} ou 4^{ème} semaine (CEAS, 1998). C'est à ce stade que le groupe des Actinomycètes interviennent et sont responsables de la destruction des celluloses ou des hémicelluloses (Mustin, 1987 ; Randrianjafy, 2005). La température évolue en régression vers la phase de refroidissement pour que le compost atteigne la maturité complète et devient plus homogène et non biologiquement actif. En ce moment le matériel d'origine est non identifiable et on obtient ainsi du compost, assimilable à l'humus.

1.2.4 Evaluation de la maturité du compost

La détermination de la maturité du compost est fondamentale pour une optimisation de son utilisation. La qualité d'un compost dépend du matériaux d'origine, et de l'âge du compost (Fuchs *et al.*, 2006). Elle relève aussi de la gestion du processus de compostage. L'appréciation de la valeur du compost doit tenir compte de sa destination (le type de culture par exemple).

En effet, certains définissent la maturité du compost par le degré de stabilisation de sa matière organique (Hoitink *et al.*, 1997 ; Houot *et al.*, 2003). Le compost est mûr dès lors qu'il atteint son développement complet. Pour d'autres, le compost est mûr lorsque son application n'est pas dommageable aux plantes.

Plusieurs méthodes permettent d'apprécier la maturité du compost. Selon Houot *et al.* (2003) ces méthodes reposent essentiellement sur la détermination d'indicateurs de maturité comme :

- les indicateurs reposant sur une analyse physique telle que la couleur, l'odeur ;
- les indicateurs reposant sur une analyse chimique réalisée sur du compost sec comme le rapport C/N ;
- les tests réalisés à partir de compost non séché : le test respirométrique basé sur la mesure de CO₂ ou d'une dépression consécutive à la consommation d'O₂ dans une enceinte close, le test d'auto échauffement établi sur le suivi de l'évolution de la température d'une masse de compost placée dans un vase isotherme, le test de solvita basé sur le virage d'indicateurs colorés suite à la volatilisation d'NH₃ et du

dégagement de CO₂ à partir d'échantillon de compost placé dans une enceinte hermétique ;

- les tests de l'impact du compost sur les plantes : le test de germination, le test de croissance des plantes, etc.

1.2.5 Techniques d'utilisation du compost

Le compostage bien conduit offre l'opportunité d'être appliqué directement au sol. L'âge auquel il est utilisé dépend des objectifs visés. Le compost peut être appliqué de plusieurs manières : l'épandage en surface, l'épandage en sillon et l'épandage en poquet.

1.2.5.1 Epandage en surface

Le compost est épandu sur toute la surface à emblaver et incorporé à la terre de plusieurs manières : motorisé, à la traction animale, à la main. L'épandage en surface peut absorber près de 20 t/ha. Cette technique est souvent associée à une rotation espacée de 5 à 10 ans (Mustin, 1987). La technique d'épandage homogène est l'idéal car elle permet de corriger les défauts de la superficie exploitée mais la disponibilité du compost en quantité suffisante limite cette pratique.

1.2.5.2 Epandage en sillon

Cette pratique est couramment observée en maraîcherculture. Le compost est appliqué dans un sillon préalablement tracé à cet effet. Après l'épandage, on sème puis on recouvre avec la terre. Cette technique utilise 6 t/ha.

1.2.5.3 Epandage en poquet

Cette technique est apparue avec le zaï. Il consiste à faire des poquets, d'y appliquer une poignée d'un homme adulte de compost soit 200 g à 300 g par poquet, à semer les graines et de les recouvrir avec la terre. Il est pratiqué en grande culture de mil, sorgho, maïs etc. La dose varie également suivant le type de spéculatation. La maraîcherculture et l'horticulture absorbent d'énorme quantité de compost (environ 40 t/ha). En milieu paysan, l'adoption de l'une ou de l'autre technique est le plus souvent motivée par la quantité de compost disponible.

Quelle que soit l'option, le compost mûr doit être obligatoirement enfoui en vue de limiter les pertes de nutriments par lessivage ou par volatilisation.

1.2.6 Importance du compost dans l'amélioration des propriétés du sol et la production agricole

1.2.6.1 Influence des composts sur les paramètres physiques, chimiques et biologiques du sol

Le compost est avant tout de la matière organique plus ou moins décomposée selon l'âge auquel il est utilisé. Plusieurs travaux, Feller *et al.* (1983) ; Reeves (1997 cité par Rivero *et al.* 2004) ; Ouédraogo *et al.* (2001) ; Chenu (2002) rapportent que l'apport du compost au sol améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Le compost joue le double rôle d'amendement et d'engrais (Gobat *et al.*, 2003) car il assure la fourniture d'éléments nutritifs aux plantes et l'amélioration de la structure du sol (Karl *et al.*, 1994). Sa valeur amendante dépend de la stabilité de sa matière organique (Francou, 2003). L'effet de la matière organique est d'autant plus important et rapide que celle-ci est sous forme humique (Berger, 1991). De ce fait, le compost est la forme de matière organique la plus efficace dans la modification des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol grâce à l'accumulation de substances humiques produites au cours du processus de compostage (Rivero *et al.*, 2004).

- Effets sur les propriétés physiques

L'importance du compost dans l'amélioration des propriétés physiques du sol découle de ses effets positifs sur la stabilité des agrégats du sol, la capacité de rétention en eau du sol, la porosité et l'aération du sol (Oades, 1984, Balesdent *et al.*, 2000, Etana *et al.*, 1999, Rivero *et al.*, 1997, Debosz *et al.*, 1999 cités par Rivero *et al.*, 2004 ; Janssen, 1993). Asche *et al.* 1994 ; Gerzabek *et al.* (1995) ; Vos et De (1996) ; Bazzoffi *et al.* (1998) ; Timmermann *et al.* (1999) cités par Fuchs *et al.* (2006) rapportent que la qualité du compost peut affecter positivement la qualité du sol par l'amélioration de sa structure, l'aération du sol, l'infiltration de l'eau et limiter l'érosion.

Plusieurs études ont révélé l'impact du compost dans l'amélioration de la stabilité des agrégats (Feller *et al.*, 1997; Houot *et al.*, 2003 ; Larbi 2006). Les agrégats résultent de l'assemblage des particules entre elles. C'est ainsi que l'on peut avoir des associations entre les particules minérales et organiques. Dans ce cas, l'humus peut former avec l'argile un ciment qui permet l'élaboration d'agrégats solides résistants à l'érosion. Pour cela, Soltner (1986) affirme que l'humus stabilise la structure du sol. Cependant, les apports répétés de compost maintiennent les effets positifs sur la stabilité des agrégats (Larbi, 2006). L'activité

microbienne est corrélée à l'amélioration de la stabilité structurale. Elle augmente la rétention des agrégats par les hyphes fongiques, la cohésion interne des agrégats par la production de substances gluantes (polysaccharides), l'hydrophobicité des agrégats Tisdall et Oades (1982), mais cela est influencé par les conditions du milieu (Le Bissonnais, 1996). La stabilité des agrégats et l'amélioration de la structure du sol sont liées et conduisent à une augmentation de la porosité du sol et une diminution de sa densité (Asche *et al.*, 1994 ; Guisquiani *et al.*, 1995 ; Asche, 1997, Ebertseder, 1997 ; Timmermann *et al.*, Hartmann, 2003, cités par Larbi, 2006 ; Thuriès *et al.*, 2000).

La capacité en eau d'un sol et son humidité au point de flétrissement dépend de sa teneur en éléments fins et en humus. Les composées humiques et les argiles constituent les parties essentielles qui déterminent la capacité d'absorption en eau du sol. Cependant, dans les mêmes proportions, l'effet de l'humus sur la capacité d'absorption en eau du sol est supérieur à celui de l'argile Soltner (1986) et l'augmentation du taux d'humus d'un sol entraîne une augmentation de sa capacité en eau sans modification de son point de flétrissement (Soltner, 1986). Ce même auteur indique que l'humus peut absorber l'eau jusqu'à 15 fois de son poids. Les travaux de Ouédraogo *et al.* (2001) expliquent la conséquence de l'amélioration de la capacité d'absorption en eau. Dans leur cas, le corollaire a été une amélioration des rendements agricoles avec l'usage du compost malgré l'arrivée tardive des pluies. Le compost permet donc de lutter contre la sécheresse avec l'amélioration de la capacité d'absorption en eau du sol. En fait, l'eau absorbée est restituée à la plante pendant les périodes critiques et réduit l'effet du stress hydrique sur la plante. Les paysans s'aperçoivent de ces phénomènes pendant les poches de sécheresse. Les parcelles qui ont reçu du compost se comportent mieux et fournissent de bons rendements par rapport aux parcelles qui n'en ont pas bénéficié. Le compost permet d'économiser l'eau (Soltner, 1986 ; ISRA-IRAT, 1984 cité par Ganry, 1990). Janssen (1993) remarque qu'en sol hydromorphe, la matière organique contribue à améliorer l'aération du sol. Mais en sol sableux, c'est plutôt l'augmentation de la capacité de rétention qui est l'effet le plus important.

Cependant des études ont montré que l'amélioration de la capacité de rétention en eau apparaît avec le temps (Avnimelech *et al.*, 1993 ; Kahle et Belau, 1998 ; Hartmann, 2003 cités par Larbi, 2006). Cela corrobore les résultats de Evanylo et Sherony (2002 cité par Larbi, 2006) qui n'ont trouvé aucune augmentation de la capacité de rétention en eau après 2 ans d'application de compost.

L'amélioration de la porosité du sol est liée à l'interaction entre le compost et les organismes vivants du sol (racines, macrofaune et micro organismes). L'activité biologique permet d'augmenter la macroporosité du sol, l'infiltration de l'eau (Francou, 2003) et favorise une meilleure circulation de l'eau et le bon développement des racines des plantes. Mais d'après les études de Ebertseder (1997) ; Gilley et Eghball (1998) ; Evanylo et Sherony (2002) ; landes *et al.* (2002) cités par Larbi (2006), les effets positifs du compost sur l'infiltration de l'eau n'est observable qu'après quelques années d'utilisation du compost.

L'application du compost influence la couleur du sol. Ouédraogo (1993) a observé un changement de la couleur de l'horizon superficiel de gris brunâtre claire (10YR6/2) dans le niveau sans compost à brun (10YR5/3) dans le niveau composté. Le compost affecte également l'assimilation d'énergie d'un sol en raison de la couleur foncée engendrée par l'apport du compost (Larbi, 2006). Cette couleur foncée induit un réchauffement plus rapide du sol.

L'effet résiduel du compost sur les propriétés physiques du sol varie selon le paramètre du sol concerné mais reste fonction de la nature et de la qualité de la matière organique, les facteurs biotiques et abiotiques. Certaines études révèlent que l'application de compost n'engendre pas forcément une amélioration des propriétés physiques du sol à court terme mais dans le long terme.

- *Effets sur les propriétés chimiques*

L'amélioration des caractéristiques chimiques est liée à une modification favorable du pH, la Capacité d'Echange Cationique (CEC), les bases échangeables, la matière organique du sol, le statut azoté des sols.

Les études de Ouédraogo *et al.* (2001) ont révélé une hausse du pH (eau) et pH (KCl) des parcelles ayant reçu du compost par rapport à celles sans compost. Le niveau composté à 5t/ha présente un pH (KCl) de $6,4 \pm 1$ contre un pH (KCl) de $5,4 \pm 0,3$ pour le niveau sans compost. Sur un autre site, Ouédraogo *et al.* (2001) ont relevé les pH (KCl) suivants : $6,6 \pm 1,2$ pour les niveaux compostés à 10 t/ha et $5,6 \pm 0,4$ pour les niveaux sans compost. En fait, le pH élevé des composts est responsable de la hausse du pH des sols acides (Soltner, 1986). L'influence du pH du compost sur le pH du sol est l'un des critères qui justifie la meilleure valorisation du compost par les sols acides fréquents en milieu sahélien. La modification du pH s'explique aussi par une augmentation des charges négatives en sol basique, rapprochant

le pH de la neutralité et une réduction de la toxicité aluminique par complexation de l'aluminium libre en sol acide (MAE, 2002). Les composts contiennent des substances tampons (Diez et Krauss, 1997 ; Khale et Belau, 1998, Landes *et al.*, 2002 cités par Larbi, 2006) qui régulent le pH du sol après l'incorporation du compost au sol. Bonzi (1989), lors de ces travaux sur les substrats organiques (paille, fumier, compost aérobie et anaérobie) a constaté au niveau des horizons de profondeur, une augmentation de la teneur en azote dans les parcelles témoins et une baisse de la teneur en azote dans les parcelles ayant reçu de la MO. Cela explique la capacité des substrats à retenir l'azote et à réduire les pertes d'azote. En effet l'azote lié à la matière organique est peu lessivable. Des résultats similaires ont été trouvés par Houot *et al.* (2003). L'épandage des composts est l'un des moyens permettant de séquestrer le carbone dans les sols et de minimiser les pertes d'azote (Houot *et al.* 2003).

La capacité d'échange cationique (CEC) est l'un des paramètres les plus importants qui caractérise la capacité d'absorption d'un sol. La CEC de la matière organique décomposée est nettement plus élevée que celle des minéraux argileux (Scheffer et Schachtschabel, 1989 cités par Larbi, 2006). L'humus peut absorber 4 à 5 fois plus de cations pour se saturer que l'argile (Soltner, 1986). Dans la zone soudano-sahélienne, la CEC est beaucoup plus liée à la teneur en matière organique du sol qu'à la teneur en argile et une baisse de la matière organique engendre une baisse de la CEC (Bationo *et al.*, 1995 cité par Bationo *et al.*, 1998). De Ridder et Van Keulen (1990 cité par Bationo *et al.*, 1998) notent qu'une variation de 1 g / kg de carbone organique entraîne une variation de 4,3 mmol / kg au niveau de la CEC. L'apport de matière organique peut donc contribuer à améliorer la CEC. L'application du compost permet une augmentation de 4 à 6 cmol kg⁻¹ de la CEC (Ouédraogo *et al.*, 2001). Des études ont permis d'établir d'une part une corrélation significative entre la quantité de compost appliquée et la teneur en carbone organique et la CEC dans le sol Hartl et Erhart (2002 cités par Larbi 2006) et d'autre part un rapport entre l'augmentation du taux de saturation basique (Ca, K, Na) et l'élévation du pH et de la CEC (Kahle et Belau, 2002 cité par Larbi 2006). La teneur en sel des composts peut affecter la teneur en sel du sol ou des substrats organiques dans lequel il est ajouté (Larbi 2006). C'est ainsi que lors d'une étude sur le fumier, le compost de déchet de cuisine ou du compost de déchet de jardin dans un sol sableux au Nord de l'Allemagne, Kremer (2001 in Larbi 2006) a pu observer une augmentation des taux de salinité dans la variante amendée avec le compost de déchet de cuisine. Feller et Ganry (1983), au cours d'une étude d'un amendement de compost sur un sol sableux tropical ont noté une augmentation de 30 % des teneurs de carbone et d'azote suite à

un apport de compost. Feller, Ganry et Cheval (1981) ont observé sur un sol ferrugineux tropical sableux, une stabilité voire une diminution de la quantité d'azote au niveau du traitement avec l'urée et une augmentation du taux d'azote au niveau du traitement combinant les apports de l'urée et de compost. Les apports de compost ou la combinaison des apports de l'urée et de compost contribuent de manière significative à enrichir le sol en carbone et en azote et de maintenir leur stock dans les sols (Feller, Ganry et Cheval, 1981). Rivero *et al.* (2004) relèvent que le compost permet d'augmenter de manière significative le rapport Carbone-Acide Humique / Carbone-Acide Fulvique (C-AH / C-AF). Cela est un signe de l'augmentation du carbone associé à la fraction AH. Le compost est donc fournisseur de carbone, d'azote et même du phosphore. D'après Mustin (1987), le compost mûr peut contenir 1 % de phosphore. On note également que le compost peut retenir les oligo-éléments tels que : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , etc. (Janssen, 1993 ; Larbi, 2006) et réduisent de ce fait la lixiviation (Janssen, 1993 ; MAE, 2002). Le compost est donc fournisseur d'éléments majeurs et collecteur d'oligo-éléments (Bonzi, 1989).

Le compost libère également des acides organiques diverses lors de la minéralisation de la matière organique qui contribuent à la solubilisation des minéraux insolubles notamment les phosphates tricalciques et augmente la mise à disposition rapide du phosphate à la plante (Soltner, 1986 ; Mustin, 1987 ; CEAS, 1998) d'où l'intérêt de l'addition des phosphates naturels au compostage. L'augmentation de la matière organique du sol à long terme est fonction de la dose d'apport, la fréquence d'apport mais aussi d'autres facteurs (climat, sol, mode d'exploitation du sol). Lorsqu'elle est apportée à faible dose, elle modifie moins les teneurs en carbone et en azote que lorsqu'elle est apportée en grande quantité ou associée à l'engrais (Sédogo, 1981, Larbi, 2006). La matière organique diminue l'immobilisation du phosphore dans les sols à fort pouvoir fixateur car elle entre en concurrence avec les ions phosphates pour les sites électropositifs (MAE, 2002 ; Mustin, 1987).

Plusieurs études ont été menées sur la matière organique et ont porté sur les effets de la nature, la dose, des modes d'apport, des extraits de matière organique notamment le compost (Sédogo, 1981 ; Feller *et al.*, 1981 ; Larbi, 2006) mais ne mentionnent pas clairement l'arrière effet ni l'effet de l'âge du compost sur les caractéristiques du sol et les rendements des cultures, seulement on sait que l'effet résiduel du compost est fonction de la nature, de la dose, des modes d'apport de la matière organique. L'importance de l'effet résiduel n'est pas très bien aperçu mais reste dépendant de plusieurs facteurs.

- *Effets sur les propriétés biologiques*

A la fin du processus de compostage, les composts mûrs renferment une communauté importante et diversifiée de micro-organismes mésophiles (Gobat *et al.*, 2003). Donc l'apport de compost à un sol implique également un apport de micro-organismes vivants (Larbi, 2006). En effet, le compost constitue une nourriture pour les organismes du sol. Cela fait dire Pfirter *et al.* (1985) que, compost égal alimentation pour les organismes du sol car chaque apport de compost agit positivement sur l'ensemble des organismes vivants dans le sol ou sur le sol. Par ailleurs, au cours d'une étude sur la répartition de la microflore aérobie dans les différentes fractions granulométriques d'un sol sableux tropical, Feller et Ganry (1983) ont réalisé que le nombre de micro-organismes est lié à la teneur en carbone de la fraction de sol concernée. Alors, l'augmentation des teneurs en carbone et en azote du sol par apport de compost peut entraîner une prolifération des micro-organismes et une stimulation de leur activité de même que la croissance racinaire au niveau de la rhizosphère (Janssen, 1993). De ce fait, à la mort de ces organismes du sol, leur biomasse va constituer une source d'azote et de carbone (Smith et Paul, 1990 cités par Larbi, 2006 ; Wambeke, 1995) pour les plantes et l'augmentation de la biomasse des organismes du sol par apport de compost peut améliorer la fertilité du sol à long terme.

Cependant, le compost semble stimuler moins l'activité microbienne que les déchets organiques du fait de la réduction de la concentration de substances métabolisables (Emmerling *et al.*, 2000).

1.2.6.2. Influence des composts sur la production de sorgho

Les sols de la zone sahélienne répondent mieux aux amendements organiques du fait de leur pauvreté en matière organique et de leur acidité (Ouédraogo, 2004). De ce fait, en restaurant la matière organique du sol, on améliore ses propriétés physiques, chimiques, biologiques avec pour conséquence un accroissement des rendements agricoles.

En effet, plusieurs études révèlent que l'utilisation du compost s'accompagne d'une amélioration des rendements de 40 % à 250 % (Ouédraogo, 2004). A ce titre, Bationo *et al.* cité par Ouédraogo et Gouba (2006) ont mesuré une augmentation de 50 % à 100 % des rendements. Par ailleurs, lors d'une étude sur le compost en milieu paysan, Ouédraogo (1993) note un triplement de la production du sorgho dans le village de Médiga, une augmentation de 45 % à Yimtenga 1 et de 86 % à Yimtenga 2 dans les niveaux compostés par rapport aux

niveaux sans compost. Il note également une augmentation du rendement paille et du nombre de grain par panicule dans les niveaux compostés par rapport à ceux non compostés. Les mêmes tendances ont été observées à travers les essais de Bazié (1984) qui a observé une augmentation de 52,5 % de rendement grain en sorgho par rapport au témoin et un accroissement du poids de 1000 grains du sorgho.

En outre, des expérimentations associant des pratiques de conservation du sol et des eaux (cordons pierreux, zaï, bandes enherbées, etc.) et des apports localisés du compost entraînent une multiplication des rendements (Kaboré, 2005). Ainsi, Roose *et al.* (1993 cité par INERA 2004) ont montré que le zaï permet d'accroître sensiblement les rendements : 0,2 t/ha/an de grain de céréales sur la parcelle témoin contre 1 à 1,7 t/ha/an sur la parcelle de zaï (soit une augmentation de 80 % à 150 %).

Notons que l'augmentation des rendements agricoles due à l'application du compost s'explique par ses effets positifs sur l'amélioration des propriétés du sol et sur la santé des plantes. En effet, il a été prouvé par les essais de Schaerffenber (1968) cité par Pfirter *et al.* (1985) que les pommes de terre cultivées sur compost sont moins atteintes par les doryphores. Des effets similaires du compost et ses extraits ont été signalés par les essais de Weltzien *et al.* (1989) ; Hoitink *et al.* (1997) ; Zhang *et al.* (1997) ; Fuchs (2002) ; Fuchs *et al.* (2006) ; Larbi (2006). Weltzien *et al.* (1989) ont particulièrement prouvé que l'ajout de micro-organismes isolés du compost ou de la surface des feuilles à la macération (extrait) augmente l'efficacité de l'extrait de compost qui s'équivaut à celle des traitements fongiques modernes. Cela entraîne une augmentation de 100 % du rendement en tubercule de la pomme de terre. L'effet protecteur serait dû à l'inhibition de la germination des spores par des mécanismes d'antagonismes, de concurrence, d'antibiose et d'hyperparasitisme avec les agents pathogènes ainsi que l'induction de réaction de résistance dans les plantes hôtes (Hoitink *et al.*, 1997 ; Larbi, 2006).

1.3 GENERALITES SUR LE SORGHO

1.3.1 Botanique et écologie

Le sorgho cultivé appartient à la famille des *poaceae* et à la tribu des *andropogoneae*.

Il existe trois espèces de sorgho (MCD, 2002) :

- une espèce diploïde qui regroupe les formes cultivées pour le grain (*Sorghum bicolor* subsp *bicolor*, la forme sauvage (*Sorghum bicolor* subsp *Arundinaceum*) et la forme intermédiaire, cultivée pour le fourrage (*Sorghum Drumondii*) ;
- deux espèces tétraploïdes : *Sorghum halepense* et *Sorghum alumin*, utilisées comme sorgho fourragers.

La germination de la graine de sorgho s'amorce en condition humide et aérée du sol et des températures moyennes journalières supérieures à 12 °C. L'optimum de température pour la croissance est d'environ 30 °C. La plupart des variétés locales africaines sont photopériodiques de jours courts (MCD, 2002). La floraison intervient lorsque la durée du jour raccourcit et devient inférieure à une valeur seuil qui présente une liaison avec la fin de la saison des pluies du lieu d'origine des variétés locales. Les plantes de sorgho fleurissent à une date relativement fixe, c'est-à-dire que la date de floraison est indépendante de la date de semis. La date de semis doit être précoce, ce qui permet d'augmenter la durée du cycle végétatif et d'éviter les risques d'échaudage qui interviennent en fin de cycle (Arrivets, 1972 cité par Ouédraogo, 1993 ; MCD, 2002). Les besoins hydriques du sorgho sont estimés à 400 mm pour les variétés de 90 jours et de 550 à 600 mm pour les variétés de 110 à 120 jours (MCD, 2002).

Le sorgho est reconnu dans les pays sahéliens pour sa résistance à la sécheresse avec cependant une sensibilité à la sécheresse durant la période allant de la fin montaison au début de la floraison. Les qualités de rusticité et de résistance à la sécheresse chez le sorgho se justifient par l'existence d'un système racinaire bien développé et puissant, constitué de racines adventives très nombreuses. La racine de sorgho peut pénétrer jusqu'à 2 m de profondeur dans le sol pour absorber l'eau et les sels minéraux qui y existent. La tige principale, droite est constituée de nœuds et d'entre nœuds. Elle est souvent accompagnée de talle mais cela reste une caractéristique variétale. Les feuilles longues, larges, glabres s'alternent et sont pourvues de longues gaines et présentent une extrémité supérieure rétrécie.

L'inflorescence est une panicule qui peut être lâche ou compacte constituée de ramifications primaires, secondaires ou tertiaires. Les ramifications ultimes portent des épillets stériles (mâles) et des épillets fertiles sessiles contenant des fleurs mâles et femelles. Le grain est un caryopse composé de l'enveloppe, l'albumen et l'embryon. Il est vitreux ou farineux avec une couleur variable.

1.3.2 La culture du sorgho

La culture du sorgho se rencontre un peu partout dans le monde et dans la plus part des cas en pluvial. Les principaux pays producteurs de sorgho sont entre autres les USA, l'Inde et la Chine. Au Burkina Faso, le sorgho est cultivé en pluvial et se rencontre dans toutes les zones agro-écologiques, depuis le Nord au climat sahélien (très capricieux) jusqu'à l'extrême Sud-Ouest au climat Nord-guinéenne. La zone comprise entre les isohyètes 600 mm et 900 mm (Nord soudanienne) est sa zone de prédilection (Trouche *et al.*, 2001).

Il est souvent produit en association avec d'autres cultures (mil, légumineuses) ou en culture pure. Le sorgho peut venir en tête de rotation ou en fin de rotation en fonction des pratiques adoptées. Le semis peut être réalisé sans une préparation préalable du sol particulièrement en zone tropicale mais le sorgho profite d'un travail préalable pour produire davantage. Les densités varient selon le système de culture. L'écartement de 80 cm entre les lignes et 40 cm entre les poquets est adopté au Burkina Faso pour faciliter la traction animale lors des travaux d'entretien de la culture. La formule d'engrais vulgarisée pour le sorgho au Burkina est de 50 à 100 kg/ha d'engrais coton au semis et 50 kg d'urée à la montaison (INERA, 2000). Quant à la fumure organique notamment le compost, la dose de 5 à 10 tonnes/ha est recommandée pour le sorgho. Notons cependant que le sorgho est l'une des céréales caractérisée par un système de production extensif (faible apport d'intrant, faible adoption de variétés améliorées). En effet, les paysans orientent leur choix vers les cultures génératrices de revenu monétaire telles que le coton, le maïs, etc. qui bénéficient des apports de fertilisants (Berger, 1996 ; FAO/ICRISAT 1997 cité par Kara *et al.*, 2002). Pour améliorer le système de production, il faut trouver des formules d'engrais à faible coût, améliorer le statut de ces cultures en les organisant en filière (Kara *et al.*, 2002). Le compost apparaît ici comme étant le meilleur moyen pouvant contribuer à une bonne fertilisation adaptée aux conditions du paysan burkinabé.

Le sorgho comme les autres cultures, hors mis les contraintes d'ordre abiotiques (climat, sol, etc.) est sujet à des contraintes d'ordre biotiques qui sont essentiellement liées aux maladies, aux mauvaises herbes (striga) et aux insectes ravageurs. Au nombre des maladies, on peut citer sans être exhaustif :

- le charbon couvert causé par *Sphacelotheca cruenta*
- le charbon nu causé par *Sphacelotheca sorghii*
- le charbon allongé causé par *Tolyposporium erhenbergii*
- l'ergot causé par *Sphacelotheca sorghii*
- l'antracnose causé par *Colletotricum graminicola*.

Quant aux insectes ravageurs, la cécidomyie du sorgho apparaît comme le ravageur important dans toutes les régions de culture du sorgho (Young et Teetes, 1997 cité par Dakouo *et al.*, 2002). A cela s'ajoute la redoutable et contraignante mauvaise herbe du sorgho, le striga qui cause d'énormes dégâts évalués à près de 40 à 70 % de la production (Zombré et Nikiéma, 1992 cité par Ouédraogo, 1993). Le rendement moyen au Burkina Faso est estimé à 0,83 t/ha de sorgho d'après les données statistiques de la FAO (MAE, 2002). Au plan mondial l'Afrique présente le plus faible rendement moyen qui correspond à 0,87 t/ha de sorgho.

1.3.3 Importance de la culture

Le sorgho est originaire d'Afrique. Il occupe le 4^{ème} rang au niveau de la production mondiale de céréales après le blé, le riz et le maïs. La production mondiale de sorgho était estimée en 2001 par la FAO à 57,36 millions de tonnes/ha (MCD, 2002).

Au Burkina Faso, le sorgho est la première céréale cultivée (CNRST, 1995 cité par Dakouo *et al.*, 2002 ; Trouche *et al.*, 2001) et constitue avec le mil la base de l'alimentation des populations rurales. Les superficies emblavées en sorgho sont estimées à 1,23 millions d'ha pour une production de 1,02 millions de tonnes contre 1,15 ha de superficie cultivée en mil avec une production de 0,72 millions de tonnes en mil (Statistiques FAO, 2001 cité par MAE, 2002). Le rendement moyen en grain relativement faible s'évalue à 800 kg/ha environ, mais varie selon les zones de production (1050 kg/ha dans la région Ouest et 532 kg/ha dans la région du Sahel) (Trouche *et al.*, 2001). Elle est l'une des céréales qui contribue de manière significative à l'autosuffisance alimentaire et l'amélioration de vie du monde rural (Kara *et al.*, 2002). Les grains des variétés de sorgho (blanc ou rouge) cultivées sont principalement

utilisés pour la fabrication de mets traditionnels tels que le « tô » (principale nourriture dans certaines familles) et le couscous. Seulement une petite partie est commercialisée pour satisfaire certains besoins financiers. Ils sont également utilisés dans la fabrication de la bière locale « dolo » très appréciée et intervenant dans plusieurs cérémonies coutumières et religieuses etc. Dans l'industrie, le grain est utilisé pour la fabrication de boisson fermentée (la bière). La gomme, les tiges interviennent dans la papeterie. Les résidus de récolte et des grains sont utilisés dans l'alimentation du bétail et à d'autres utilisations domestiques.

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

2.1 PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

Le CEAS-BF dispose d'un site d'expérimentation en agro-écologie de 5 ha dont 3,5 sont en exploitation et répartis en zone de :

- compostage ;
- grandes cultures ;
- cultures maraîchères ;
- arboriculture ;
- élevage.

Les missions principales assignées à ce site sont entre autres la recherche appliquée et la formation des partenaires avec pour objectifs :

- l'intégration et la valorisation du savoir-faire paysans en matière d'agro-écologie ;
- l'expérimentation et la consolidation des savoirs et techniques déjà existants ;
- la fourniture de prestations de qualités basées sur les résultats de la recherche et de l'expérimentation.

2.1.1 Situation géographique

Le site est implanté dans le village de Gomtoaga, dans la province du Kadiogo sur l'axe Ouagadougou-Kombissiri à 35 Km au Sud-Est de Ouagadougou. Le village fait frontière au Nord avec la localité de Nangbangré, à l'Est avec le village de Pissi, au Sud avec Ouamtenga et Tinkiinga, à l'Ouest et Sud-ouest avec Sologo et Diépo (CEAS, 2004). Les coordonnées géographiques sont : 12°08'02'' de latitude Nord et 1°24'54'' de longitude Ouest (CEAS, 2004) (Figure 1). Le site d'étude est à proximité d'un barrage d'utilité agricole, pastoral et piscicole avec des terres d'une superficie de 25 ha aménageable en aval.



Figure 1: Localisation de la zone d'étude

2.1.2 Population

Les données du recensement général de la population en 1996 dans le village de Gomtoaga abritant le site expérimental montre un effectif total de 997 habitants dont 52,4 % de sexe féminin et 47,6 % de sexe masculin. La densité de la population dans cette zone est évaluée à environ 21,85 habitants/ km² (MAE, 1990) contre 335,8 habitants/km² pour l'ensemble de la province (INSD, 1990).

2.1.3 Principales activités

L'agriculture et l'élevage constituent la base des activités socio-économiques de la population de la zone. A l'échelle provinciale, la production céréalière domine au niveau de l'agriculture. Les superficies cultivées à l'échelle provinciale sont estimées à 56 927 ha pour les céréales, 5 420 ha pour les cultures de rente et 2 213 ha réservés aux autres cultures vivrières (MAHRH, 2004). D'après les résultats de l'enquête permanente agricole (2002-2003), la production agricole totale disponible est évaluée à 39 705 tonnes contre des besoins de consommation en terme quantitatif de 222 827 tonnes, ce qui correspond à un taux de couverture des besoins au niveau provincial de 18 % en 2002-2003 (MAHRH, 2004). Cela indique un taux de couverture régressif car la campagne antérieure affichait un taux de 20 %.

Au plan de l'élevage, les espèces d'animaux élevés les plus importantes dans cette zone restent les ovins, suivi des caprins, les porcins et de la volaille. D'après le MRA (2000) les données se chiffrent à :

- 48 377 tête d'ovins ;
- 42 118 têtes de caprins ;
- 18 831 têtes de porcins ;
- 271 484 têtes de volaille.

La structure agraire de la zone d'après Marchal (1983 cité par CEAS, 2004) indique qu'elle se caractérise par une occupation continue et dense. On rencontre trois types de champs dans cette zone :

- champs de case, situés aux alentours des concessions,
- champs intermédiaires, situés non loin de l'habitat ;
- champs de brousse éloignés ou souvent très éloignés des concessions.

Il est à noter que les deux premiers types dominant dans les mêmes proportions.

2.1.4 Climat

Selon Guinko (1984) la zone appartient au climat Nord-Soudanien. Deux saisons contrastées s'alternent dans ce climat :

- une saison pluvieuse de juin à octobre ;
- une saison sèche de novembre à mai.

2.1.4.1 Pluviométrie

La pluviométrie annuelle est comprise entre 800 mm et 900 mm. Les données pluviométriques de la station météorologique de Kombissiri, station la plus proche de notre site d'étude, fournies par la Direction Générale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (DGACM) permettent d'observer une variation inter annuelle de la pluviométrie au cours des onze dernières années (1995-2006) au niveau de la figure 2. On note une pluviométrie minimale de 419,5 mm en 1997 et une pluviométrie maximale de 1007,6 mm en 1998. La figure 3 montre l'évolution de la pluviométrie mensuelle en 2005 et 2006 au niveau du site. La pluviométrie annuelle en 2005 était de 784 mm contre 779,5 mm en 2006; soit une variation de moins 5 mm en 2006 (figure 3).

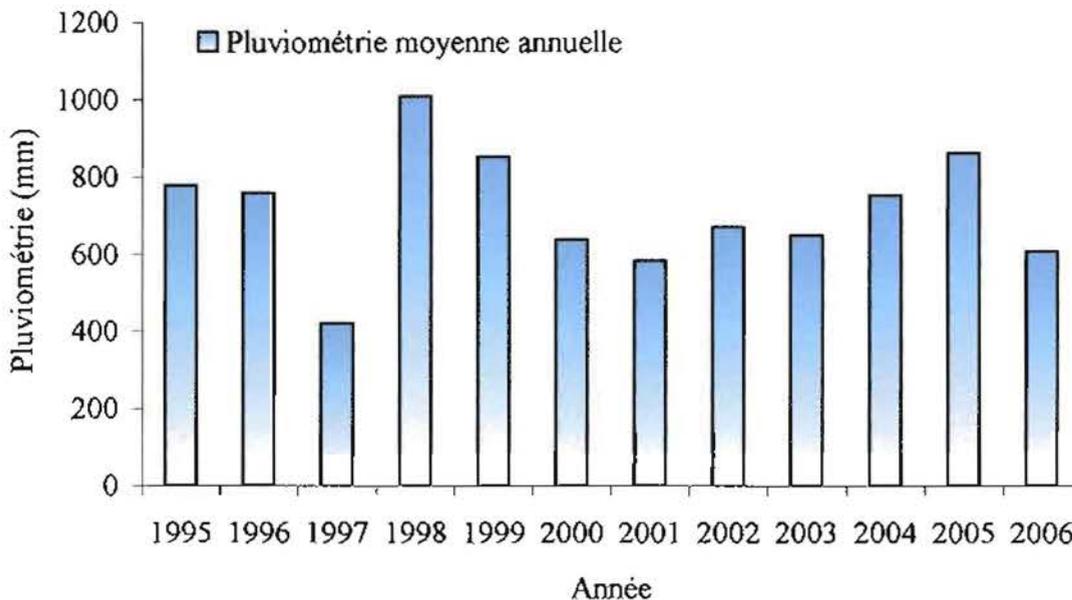


Figure 2 : Variabilité inter-annuelle de la pluviométrie à Kombissiri (1995-2006)

Source : La Direction Générale de l'Aviation Civile et de la Météorologie.

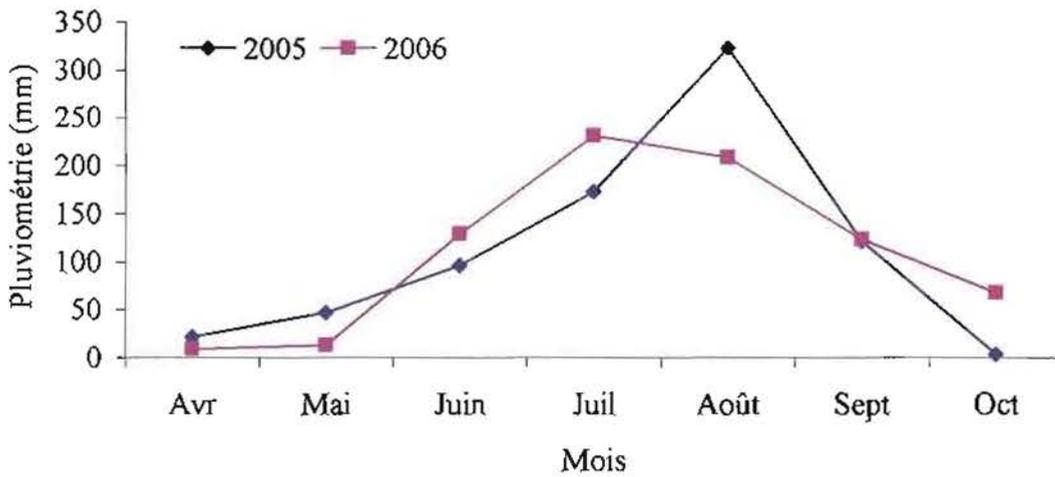


Figure 3 : Evolution de la pluviométrie mensuelle en 2005 et 2006 à Gomtoaga

Source : Jardin agro-écologique du CEAS-BF

2.1.4.2 Température et évapotranspiration

Les données recueillies à la Direction Générale de l'Aviation Civile de la Météorologie (DGACM) pour les onze dernières années révèlent une températures moyenne maximale annuelle de 35,4 °C et une moyenne minimale annuelle de 22,6 °C. En période sèche, les températures maximales varient de 33,6 °C à 39,7 °C et les minima de 17,5 °C à 27,5 °C tandis qu'en période pluvieuse elles varient de 32,7 °C à 38,2 °C pour les maxima et de 23 °C à 26 °C pour les minima. La figure 4 montre l'évolution des températures de la zone. Les valeurs assez fortes de l'ETP correspondent à 208 mm en mai et 134 mm en décembre (Sivakumar *et al.*, 1987 cité par CEAS, 2004). Elles sont fortes en périodes sèches du fait du fort ensoleillement et l'absence de pluies. On note souvent un déficit hydrique pour les besoins des plantes, imputable aux irrégularités pluviométriques et à ces valeurs de l'ETP (CEAS, 2004).

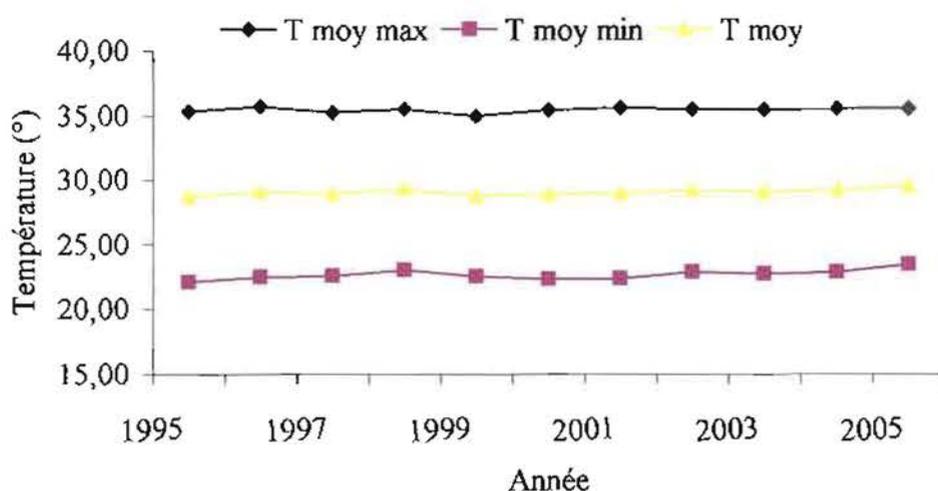


Figure 4 : Evolution de la température maximale, minimale et moyenne à Ouagadougou de 1996 - 2005

Source : Direction Générale de l'Aviation Civile de la Météorologie de Ouagadougou

2.1.4.3 Les vents

Le climat est caractérisé par deux types de vents dominants et caractéristiques des deux saisons. Un vent sec (Harmattan) souffle en saison sèche et en saison pluvieuse un vent humide (Mousson) prend le relais.

2.1.5 La géologie et les sols

La zone d'étude fait partie du socle précambrien à migmatites et granites indifférenciés avec par endroit des filons de roches diverses (CEAS, 2004). Les différents types de sols reposent sur ce substratum géologique. Les travaux du BUNASOLS (1990 et 1991 cité par CEAS, (2004) ont révélé l'existence de sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériaux sableux, sablo-argileux et argilo-sableux. On distingue différentes classes : les sols minéraux bruts, les sols peu évolués, les vertisols, les sols brunifiés ainsi que ceux à sesquioxydes de fer et manganèse et les sols hydromorphes. En matière d'éléments minéraux, ces sols sont en majorité pauvres en calcium, potassium, et phosphore et présentent une mauvaise structure qui leur confère une certaine vulnérabilité à l'érosion (BUNASOLS, 1990 cité par CEAS, 2004)).

2.1.6 La géomorphologie

La géomorphologie d'ensemble s'est développée sur des formations cristallines et présente un modelé grossièrement plat, des altitudes variant entre 200 m et 300 m aux environs du site (Carte topographique IGB, Atlas jeune Afrique, 1998 cité par CEAS, 2004). On note cependant la présence des reliefs résiduels isolés constitués de buttes cuirassées et / ou d'affleurements rocheux qui viennent parfois interrompre cette platitude du paysage. Le jardin est situé sur un glacis à pente douce (1 % en moyenne), caractérisé par de légères ruptures de pentes et une cuirasse affleurante par endroit notamment en haut de pente (CEAS, 2004).

2.1.7 L'hydrologie et l'hydrogéologie

Le site est situé dans le bassin versant d'un affluent du Narialé lui-même affluent du Nakambé. En 1962 un barrage d'utilité agricole principalement mais aussi pastoral et piscicole de capacité de 2 000 000 m³ (ONBAH, 1987 ; IWACO, 1991 cités par CEAS, 2004) a été construit avec une superficie de 25 ha aménageable en aval.

2.1.8 La végétation

Elle est constituée principalement de savane arborée à arbustive ainsi que des parcs à *Vitellaria paradoxa*. Les espèces les plus répandues sont : *Combretum spp*, *Anogeissus leicarpus*, *Vitellaria paradoxa* avec la coexistence d'autres espèces telles que : *Acacia spp*, *Lannea microcarpa*, *Guiera senegalensis*, etc. Ces formations végétales sont menacées à cause de la proximité d'une grande agglomération telle que Ouagadougou (Guinko et Fontes, 1995 ; Zwann *et al.*, 1982). La zone est caractérisée par un taux d'occupation fort avec une potentialité ligneuse faible dont les densités moyennes varient entre 150 et 300 pieds / ha (Guinko et Fontes, 1995).

2.2 MATERIELS D'ETUDE:

2.2.1 Matériel végétal

Pour l'étude comparative au champ de l'arrière effet des amendements organiques, le sorgho (*Sorghum bicolor*) a été utilisé comme matériel d'expérimentation au cours de l'année 2005 et 2006. La variété SARIASO 14, qui est une variété améliorée a été utilisée pour les essais au champs. Elle est moyennement photosensible. Le cycle végétatif dure 110 à 115 jours avec un cycle semis-floraison de 76 à 82 jours. La plante a une hauteur d'environ 1,90 m avec une panicule oblongue et semi-compact. Son rendement grain potentiel est de 5 t/ha. Le rendement grain moyen en milieu paysan est estimé à 1,7 t/ha (29 tests région Centre de 1997 à 1999). Son gain moyen de rendement par rapport aux variétés locales en milieu paysan est égale à + 30 % (29 tests). Pour plus d'informations, voir la fiche technique de la variété SARIASO 14 à l'annexe 1. Le sorgho étant une culture de grande importance au Burkina Faso, nous avons choisi de l'utiliser pour notre étude. La variété quant à elle présente des caractères intéressantes pour notre étude :

- son aptitude à exprimer l'effet des traitements,
- son cycle végétatif (115 à 120 jours) correspondant à notre zone d'étude.

2.2.2 Matériel organique

Les substrats organiques suivants ont été utilisés :

- compost de 1 mois (C1) ;
- compost de 4 mois (C4) ;
- bouse de vache non compostée (BV) ou fumier.

Les composts utilisés sont produits sur place au jardin agro-écologique du CEAS-BF selon la technique du compostage en tas. Cependant le facteur durée de compostage fait la spécificité de chaque compost d'où le nom de compost de un (1) mois et de compost de quatre (4) mois.

La bouse de vache ou fumier résulte du mélange des déjections (urine et fecès) de bovins et de paille. Elle est obtenue à partir du parc à bovins des éleveurs voisins du jardin.

Avant l'application des substrats organiques sur les différentes parcelles en 2005, une détermination des caractéristiques chimiques a été effectuée. Pour ce faire des échantillons de ces substrats ont été prélevés et envoyés au BUNASOLS pour des analyses chimiques dont

les résultats sont consignés dans le tableau 1. On peut également observer dans le tableau 1 la quantité de matière sèche apportée par chaque substrat.

Tableau 1 : Caractéristiques chimiques des substrats organiques et quantité de matière sèche apportée.

Caractéristiques		Compost de 4 mois	Bouse de vache	Compost de 1 mois
		(C4)	(BV)	(C1)
C total	(%)	13,36	16,46	10,78
C total	(kg/ha)	271,68	675,35	267,34
N total	(%)	1,70	2,00	1,20
N total	(kg/ha)	34,57	82,06	29,76
C/N		7,90	8,23	9,00
P total	(%)	0,36	0,45	0,27
P total	(kg/ha)	7,32	18,46	6,70
K total	(%)	0,44	1,19	0,47
K total	(kg/ha)	8,95	48,83	11,66
pH (eau)		8,10	8,72	8,46
Humidité	(%)	59,33	17,94	50,40

Source : résultats de l'analyse chimique de l'année 2005

NB : C total : carbone total ; N total : azote total ; P total : phosphore total ; K total : potassium total.

2.2.3 Processus de fabrication du compost

Il existe plusieurs types de compostage mais le compostage en tas a été adopté parce qu'elle permet d'avoir un compost mûr et de qualité en quatre (4) mois.

2.2.3.1 Technique de réalisation du compostage en tas

Le compostage en tas a été réalisé en condition aérobie avec retournement périodique. Cette technique est qualifiée de compostage à chaud (Dupriez, Leener, 1987 cité par Ouédraogo 1993) à cause des fortes chaleurs qui s'élèvent pendant les premières phases du

compostage. Il a consisté à alterner des couches de paille sèches des herbacées annuelles et de déjections animales qui servent de souches bactériennes (Ganry, 1978 cité par Bonzi, 1989).

La réalisation du tas passe par trois principales étapes :

- traitement des matériaux ;
- édification du tas ;
- retournements périodiques.

Les matériaux utilisés sont constitués principalement de la paille sèche des herbacées annuelles, de déjections animales, de cendre et d'argile.

- *Traitement des matériaux*

Cette opération a pour but de faciliter l'accès du substrat organique aux micro-organismes et le démarrage rapide de leurs activités pour une décomposition de la matière organique. Dans ce cas précis, il a consisté à mouiller la paille des herbacées avant l'édification du tas.

- *Edification du tas*

L'édification du tas est réalisée dans une fosse d'encrage de 3 m de long, 1,5 m de large sur une profondeur de 0,2 m. Pour ce faire, on arrose d'abord la fosse d'encrage puis, on applique successivement une couche d'argile (d'une brouettée environ), une couche de paille des herbacées annuelles de 20 cm de hauteur. Ensuite, on épand deux brouettées de déjections animales suivi d'un arrosage avec 50 l d'eau. Enfin, on fait un saupoudrage avec 10 à 20 poignées d'adulte de cendre soit 2 500 g à 5 000 g de cendre et la constitution de la première couche est finie. L'opération est répétée jusqu'à ce que le tas atteigne 1 m à 1,20 m de haut. Le tas est ensuite recouvert de paille afin de réduire l'assèchement du tas et la volatilisation de l'azote.

- *Retournement du tas*

Le retournement est fait par intervalle régulier de 15 jours après l'édification du tas. Il se déroule dans plusieurs fosses d'encrage prévues à ce effet. Il a pour objectif de favoriser une décomposition homogène de l'ensemble du tas et consiste à un transfert de la masse à composter de sorte que les parties supérieures du tas reviennent en bas. Le compost est arrosé progressivement pendant les retournements avec environ deux seaux d'eau par couche retournée. Les composts sont alors appliqués à la parcelle après un (1) mois et après quatre (4) mois d'évolution. Le compost de quatre (4) mois est supposé mûr tandis que celui de un (1)

mois non mûr. Notons que l'édification du tas de compost de un (1) mois a été décalé de trois (3) mois de celle du compost de quatre (4) mois afin de respecter les durées de compostage et que les deux composts soient vidés de leurs trous d'encrage au même moment pour être appliqués.

2.3 CARACTERISTIQUES DU SOL DE L'EXPERIMENTATION

L'étude pédologique du jardin, réalisée en 2006 a permis de caractériser les sols du jardin. Les sols de l'expérimentation sont du type ferrugineux tropicaux lessivés indurés moyennement profonds. Le dispositif repose sur un sol dont le profil présente les caractéristiques suivantes.

2.3.1 Caractéristiques morphologiques

Le sol a une couleur brun à brun très pâle en surface et brun jaunâtre en profondeur. Les taches (5-10%) sont localisées en profondeur et sont du type brun jaunâtre à gris clair. La structure est dans l'ensemble polyédrique subangulaire faiblement développée. La texture est limoneuse en surface et argileuse en profondeur. La porosité ainsi que l'activité biologique sont assez bien développées. La charge grossière comprend d'assez nombreux (15-20%) gravillons et concrétions ferrugineux. Le profil racinaire comprend en surface de nombreuses racines fines et très fines qui se raréfient avec la profondeur.

2.3.2 Caractéristiques physico-chimiques

Il ressort de l'interprétation des résultats analytiques (tableau 2) que :

- la teneur en argile en surface représente 24%, elle augmente avec la profondeur pour atteindre 41,75 %. Cette augmentation se fait au détriment de celle du sable grossier qui passe de 27,51 % en surface à 15 % en profondeur. Les teneurs des autres fractions granulométriques varient très peu (tableau 2). La réserve en eau utile est moyenne en surface et élevée en profondeur.
- La fertilité chimique est faible. Ainsi, les teneurs en matière organique et en phosphore assimilable sont moyennes, celle du potassium total et potassium disponible sont très élevées. Le C/N est également moyen tout comme la capacité d'échange cationique et la somme des

bases échangeables qui reste dominée par les ions bivalents. Le taux de saturation est élevé. Le pH est dans l'ensemble faiblement acide, la toxicité ferrique est peu prononcée. Cependant les teneurs en azote et en phosphore total restent basses. Le risque de dégradation physique est faible tandis que le risque de dégradation chimique est moyen.

Tableau 2: Caractéristiques physiques et chimiques du sol de l'expérimentation

Types d'analyses	Profondeurs du Profil (cm)	0-15	15-36	36-65
ANALYSES MECANIQUES	Argile (%)	24,00	44,50	41,75
	Limons fins (%)	8,00	8,50	10,50
	Limons grossiers (%)	27,41	21,09	23,61
	Sables grossiers (%)	27,51	17,30	15,05
	Sables fins	13,08	15,05	9,09
	Texture	L	A	A
MATIERE ORGANIQUE	Matière organique totale (%)	1,62	1,0 9	0,78
	Carbone total (%)	0,94	0,63	0,45
	Azote total (%)	0,074	0,051	0,043
	C/N	13	12	10
PHOSPHORE	Phosphore total (ppm)	262	140	113
	Phosphore assimilable (ppm)	26,61	2,29	1,34
POTASSIUM	Potassium total (ppm)	1892	2852	2387
	Potassium disponible (ppm)	268	179	157
BASES ECHANGEABLES (mécq/100g)	Calcium (Ca ⁺⁺)	4,94	4,68	5,11
	Magnésium (Mg ⁺⁺)	1,49	1,79	1,60
	Potassium (K ⁺)	0,90	0,53	0,43
	Sodium (Na ⁺)	0,07	0,05	0,03
	Somme des bases échangeables (S)	7,40	7,05	7,17
	Capacité d'échange cationique (T)	11,48	10,53	10,17
	Taux de saturation	64	67	71
REACTION DU SOL	pH eau	6,58	7,12	7,32
	pH KCL	4,42	5,13	5,22
POINTS DE FLETRISSEMENT (pF)	pF 2,5 (%)	15,94	21,05	23,37
	pF 3,0 (%)	11,12	16,75	18,79
	pF 4,2 (%)	7,92	12,71	13,37
	pF 2,5 - pF 4,2 (%)	8,02	8,34	10,00
	pF 3 - 4,2 (%)	3,20	4,04	5,42

Source : CEAS, 2004.

2.4 METHODES D'ETUDE

2.4.1 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est resté le même pour l'année de culture 2005 et 2006. C'est un dispositif en blocs complètement randomisés à quatre traitements et trois répétitions. Le bloc regroupe quatre parcelles élémentaires de dimensions : 8 m x 3 m chacune, soit un total de 12 parcelles élémentaires (Figure 5). Une allée de 2 m sépare deux blocs voisins tandis que l'allée inter parcelle mesure 1 m de large. Les traitements ont consisté en l'application d'un compost de 1 mois (C1), d'un compost de 4 mois (C4), de bouse de vache (BV) non compostée dans les parcelles et une parcelle témoin (T) n'ayant reçu aucun apport. L'application des traitements a eu lieu en juin 2005 avant le semis à la même date et avec une même dose de 5 t/ha. La même variété de sorgho SARIASO 14 a été utilisée pour les essais de champs en 2005 et en 2006. Les résidus de culture ont été exportés mais, aucune mesure de fertilisation n'a été prise en 2006.

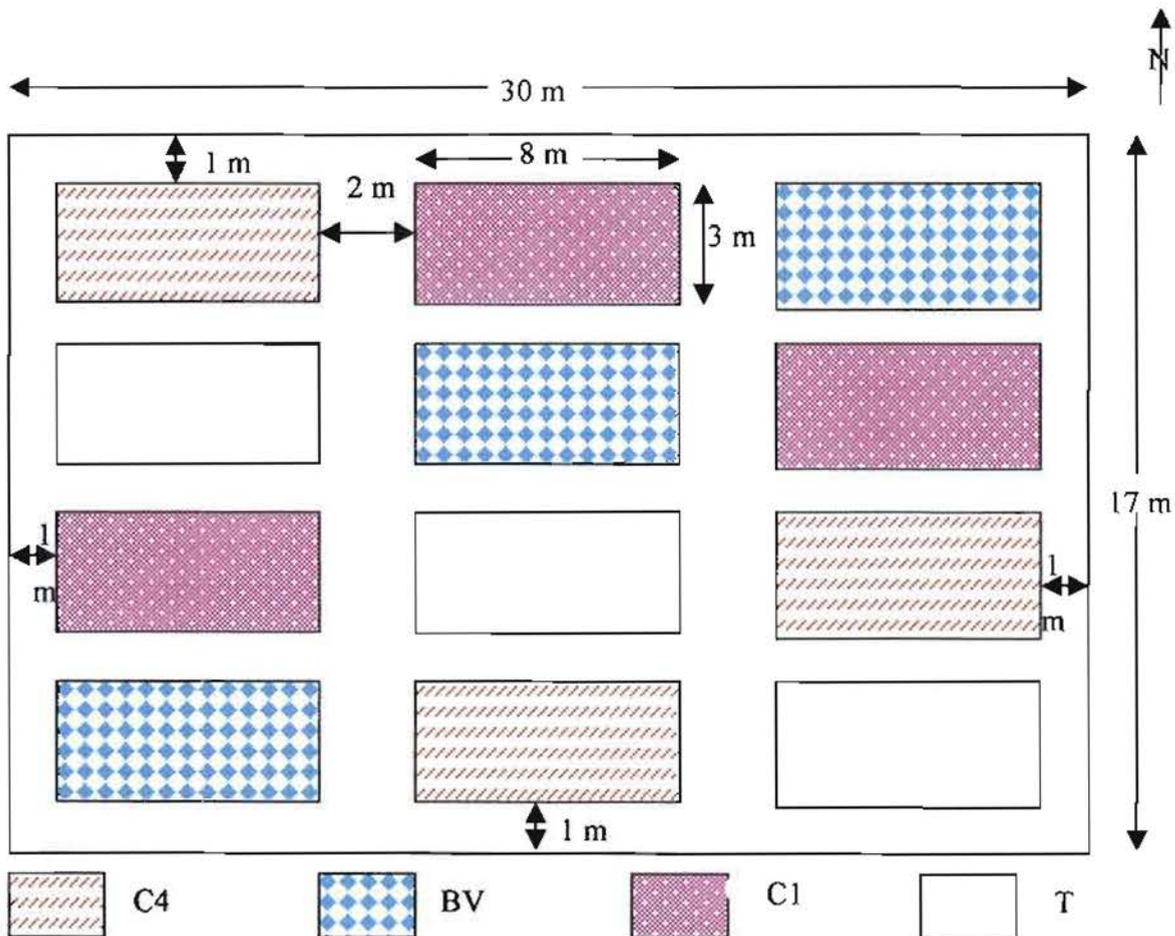


Figure 5 : Dispositif expérimental de l'étude

C4 : Compost de 4 mois ; BV : Bouse de vache C1 : Compost de 1 mois ; T : Témoin.

2.4.2 Conduite de l'essai

2.4.2.1 Le semis

Le semis a été effectué le 07 juillet 2006 après une pluie de 39 mm. Les semences n'ont subi aucun traitement phytosanitaire. Le semis a été réalisé en ligne aux écartements de 0,80 m entre les lignes et 0,40 m entre les poquets à raison de 5 à 6 graines par poquet.

2.4.2.2 Entretien des cultures

L'entretien de la culture a consisté en des opérations suivantes :

- un démarriage à 3 plants par poquet à 11 Jours Après Semis (JAS) lors du premier sarclage.
- un deuxième sarclo-binage à 35 JAS.
- un buttage est intervenu à 45 JAS.

Après ces opérations, des désherbages successifs ont suivi pour éliminer le striga, apparu avec la monoculture.

2.4.2.3 Fertilisation

La fertilisation a été faite par apport unique des substrats organiques en 2005. Tous les substrats organiques ont été appliqués à la même date et avec la même dose de 5t/ha chacun après labour à la traction animale puis enfouissement à la daba. Cependant, aucune fertilisation n'a été faite en 2006.

2.4.3 Méthodes d'échantillonnage

2.4.3.1 Echantillonnage de tiges et de grains

Les échantillons de tiges et de grains ont été prélevés à la récolte à la date du 31/12/2006 sur le même pied de plante. L'échantillonnage a consisté à sélectionner de manière aléatoire deux plantes de sorgho de poquet différent mais qui présentent deux caractères moyens (taille et l'épis) dans l'aire utile de chaque parcelle élémentaire. Les plantes choisies sont ensuite marquées puis, coupées sans leurs racines à l'aide d'une machette et mises sous abri à sécher afin d'éviter le contact direct de la plante avec les rayons solaires. Après séchage, l'épis est récolté pour recueillir les grains et la tige est découpée en plusieurs morceaux. Chaque échantillon de tige et de grain est numéroté puis conditionné et acheminé au laboratoire du BUNASOLS pour des analyses chimiques. Au total, quarante huit (48) échantillons sont constitués dont vingt quatre (24) pour chaque type d'échantillon.

2.4.3.2 Echantillonnage de sol

A l'aide d'une pioche, un échantillon composite a été constitué à partir de trois prélèvements effectués sur l'horizon de surface 0-10 cm au niveau de l'aire utile de chaque parcelle élémentaire. Les prélèvements ont lieu à la récolte. Au total, seize (12) échantillons composites de sol ont été collectés et séchés à l'ombre. Les échantillons de sol ont été numérotés, conditionnés et envoyés au laboratoire du BUNASOLS. Le but de ce prélèvement est de pouvoir apprécier l'influence de l'arrière effet des différents amendements sur les caractéristiques chimiques du sol.

2.4.3.3 Sélection des plantes pour l'évaluation des paramètres phénologiques

Pour l'estimation des différents paramètres phénologiques, une sélection aléatoire a été réalisée pour constituer l'échantillon de travail. Pour ce faire, on fait un choix aléatoire de lignes (les lignes 2, 4, 6, 8) et de poquets (les poquets 3, 4, 5, 6) à l'échelle de la parcelle élémentaire tout en intégrant l'effet bordure. Les poquets choisis sont situés sur les lignes retenues ; en cas de poquet vide, on passe immédiatement au second poquet. Les mensurations ont concerné 190 plantes sur les 12 parcelles élémentaires soit un taux d'échantillonnage de 50 %.

2.4.4 Paramètres agronomiques mesurés

Les paramètres agronomiques suivants ont été mesurés :

- ✓ la hauteur des plantes ;
- ✓ le nombre de feuilles par plantes ;
- ✓ le taux de floraison ;
- ✓ le rendement grain et le rendement paille ;
- ✓ le rapport grain sur paille ;
- ✓ l'exportation minérale du sorgho et indice d'efficience.

2.4.4.1 Mesure de la hauteur des plantes

La mesure de la hauteur des plantes a débuté 6 Semaines Après Semis (SAS). La mesure a été réalisée à l'aide d'un bois muni d'un mètre ruban. La hauteur du plus grand plant

dans le poquet retenu est mesurée du collet à l'extrémité de la plus longue feuille semaine après semaine.

2.4.4.2 Comptage du nombre de feuilles par plant

Le comptage du nombre de feuilles par plant et la mesure de la hauteur des plantes sont réalisées concomitamment à partir de 7 SAS et s'est poursuivie chaque semaine jusqu'à 12 SAS. Au total, six observations ont été faites.

2.4.4.3 Evaluation du taux de floraison

Le suivi de la floraison des plants a débuté 10 SAS et estimée chaque semaine jusqu'à la floraison totale, soit trois observations.

2.4.4.4 Récolte et estimation de la production

La production est l'un des paramètres agronomiques pertinent qui permet d'apprécier l'effet d'un traitement. De ce fait, deux aspects de la production ont retenu notre attention à savoir :

- la production paille de sorgho, constituée par l'ensemble des tiges , les feuilles et les glumes ;
- la production grains de sorgho.

L'estimation de la production grain et paille a été faite à partir des récoltes intégrales sur les parcelles utiles de 15,84 m² à l'intérieur de chaque parcelle élémentaire. La récolte est intervenue 16 SAS. Après la récolte des grains, les tiges sont coupées et laissées sur place au soleil pendant quarante cinq jours pour le séchage. Après séchage, les différentes biomasses ont été pesées à l'aide d'une balance.

2.4.4.5 Exportation minérale et indices d'efficacités

Des calculs plus affinés permettent d'apprécier l'utilisation des nutriments prélevés par la plante. Pour ce faire les indices suivants sont estimés : l'Efficienc de Recouvrement Apparent (ERA), l'Efficienc Agronomique (EA) et l'Efficienc Physiologique (EP). La méthode de (Craswell et Godwin, 1984 cité par Habtegebrial *et al.*, 2007) a été utilisée pour le calcul des indices. En prenant l'exemple sur l'azote on a :

- Efficienc de Recouvrement Apparent de l'azote (ERAN) en (%) = $(PN_r - PN_c) / NA \times 100$;
- Efficienc Agronomique de l'azote (EAN) en (kg/kg) = $(GW_r - GW_c) / NA$;

- Efficience Physiologique de l'azote (EPN) en (kg/kg) = $(GW_f - GW_c) / (PN_f - PN_c)$.

PN_f : représente les prélèvements en azote dans la parcelle traitée (en kg/ha), PN_c les prélèvements dans le témoin non fertilisé (en kg/ha) ; NA la quantité d'azote total apporté au sol (en kg); GW_f : le rendement grain obtenu (en kg/ha) dans la parcelle traitée et GW_c : le rendement grain (en kg/ha) obtenu dans la parcelle témoin. Le calcul des indices pour le phosphore et le potassium respecte ces formules.

2.4.5 Détermination des paramètres chimiques du sol et de la plante

L'analyse chimique a porté sur les éléments totaux à savoir l'azote total, le potassium total et le phosphore total pour les échantillons de tige et grain. En plus de ces éléments à l'exception du potassium, le carbone total, la CEC, la somme des bases échangeables et le pH ont été déterminés pour les échantillons de sol. Les analyses sont faites selon le protocole d'analyse du BUNASOLS.

2.4.5.1 Mesure du carbone total

La méthode utilisée est celle de Walkey-Black. L'échantillon est oxydé par du bicarbonate de potassium en milieu sulfurique. L'excès du bicarbonate est mesuré au spectrophotomètre à 650 nm.

2.4.5.2 Détermination de l'azote total et du phosphore total

La méthode du Dr Houba a été utilisée à cet effet. Elle consiste dans un premier temps à une minéralisation de l'échantillon de sol, plante ou compost avec un mélange d'acide sulfurique-sélénium-salicylique en le chauffant progressivement à une température de 100 °C à 340 °C. Puis à une détermination de l'azote total dans le minéral à l'aide d'un auto-analyseur (SKALAR) en utilisant le réactif de Nessler comme indicateur. Quant à la détermination du phosphore total, le molybdate d'ammonium est utilisé en présence d'acide ascorbique.

2.4.5.3 Mesure du potassium total

La méthode reste la même que pour le cas de l'azote et du phosphore sauf que le potassium est déterminé à l'aide d'un photomètre à flamme (CORNING 400).

2.4.5.4 Détermination de la Capacité d'Echange Cationique (CEC)

La méthode de l'argent thiouré a été utilisée ; elle passe par trois étapes : une agitation de l'échantillon avec une solution de AgTU pendant deux heures, puis une filtration ou centrifugation de l'échantillon, enfin la détermination de la CEC qui représente la quantité d'argent dosée dans le filtrat.

2.4.5.5 Mesure du pH

L'acidité du sol est définie par la concentration en ion H^+ .

Le pH (eau) ou acidité actuel correspond à la concentration en ion H^+ libre dans la solution du sol.

Le pH (KCl) ou acidité potentiel est désigné la concentration en ions H^+ fixés sur le complexe absorbant et que l'on peut mettre en évidence en déplaçant ces ions H^+ à l'aide d'une solution normale de KCl.

Le pH est mesuré dans une suspension d'eau ou de KCl (selon le cas) tenant compte du rapport 1/5 à l'aide d'un pHmètre.

2.4.6 Méthode d'inventaire de la macrofaune du sol

Pour évaluer l'impact des traitements sur les paramètres biologiques du sol, nous nous sommes intéressés à l'inventaire de la macrofaune du sol.

L'inventaire de la macrofaune du sol a été réalisé selon la méthode TSBF (Tropical Soil and biology Fertility), de Anderson et Ingram, (1989). Cet inventaire a eu lieu en Août 2006 en pleine culture. Nos travaux se sont tous déroulés dans la matinée jusqu'à 11 h afin d'éviter d'éventuelle biais dû à l'élévation de la température du sol. Plus la température s'élève en surface, plus la macrofaune a tendance à progresser en profondeur.

Cette méthode (TSBF) a consisté à prélever des monolithes à l'aide d'un cadre métallique de dimension 25 cm x 25 cm x 30 cm et à émietter ces monolithes afin d'observer et de capturer les individus de la macrofaune du sol (photo n°2, annexe 2). Ainsi, sans compacter le sol, on y enfonce le cadre métallique puis on creuse rapidement une tranchée autour du cadre métallique jusqu'à 30 cm de profondeur afin de limiter au tant que possible la fuite de la macrofaune (photo 1, annexe 2). Le bloc de terre contenu dans le cadre métallique

a été fractionné en deux horizons. L'horizon 0-10 cm et l'horizon 10-30 cm. Les fractions de terre sont émiettées et subissent des fouilles manuelles à l'aide de pinces fines pour capturer les individus de la macrofaune du sol. Au total, 36 monolithes ont fait l'objet de fouille soit 3 monolithes par traitement. La macrofaune minutieusement récoltée est conservée dans de petits flacons contenant de l'alcool à 70 % et envoyée au laboratoire.

Au laboratoire d'entomologie du CNRST, avec l'appui du technicien, nous avons pu observer à la loupe binoculaire, identifier et dénombrer la macrofaune du sol. Pour l'identification de la macrofaune, nous nous sommes servi de la boîte à insecte du laboratoire et de différents documents : Bachelier (1978); Bland G.R. Jaques H.E. (1948). La macrofaune a été classée en principaux groupes.

2.4 TRAITEMENT DES DONNEES

Le traitement des données a impliqué l'utilisation du logiciel Excel pour le calcul des moyennes par parcelle élémentaire. Les données calculées sur Excel sont introduites dans le logiciel Genstat pour une Analyse des variances (ANOVA) afin de mettre en évidence d'éventuelles différences significatives entre les traitements.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur les propriétés du sol

Les résultats concernent les propriétés chimiques du sol sur l'horizon 0-10 cm et les propriétés biologiques de l'horizon 0-30 cm pour l'ensemble des traitements.

3.1.1.1 Effets sur le carbone total du sol

Les résultats sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3: Variation du taux de carbone (%) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture

Traitements	Année 2005	Année 2006	Taux de variation (%)
C4	0,790 ± 0,05	0,592 ± 0,03 a	- 25
BV	0,813 ± 0,06	0,659 ± 0,02 b	- 19
C1	0,840 ± 0,07	0,645 ± 0,06 ab	- 23
T	0,810 ± 0,08	0,652 ± 0,02 ab	- 20
Significativité	NS	S	

C1 : compost de 1 mois ; C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache non compostée, T : témoin. Les traitements suivis de la même lettre dans la même année ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %. NS : Non Significatif, S : Significatif.

Le tableau 3 montre qu'en 2006, le plus fort taux de carbone s'observe avec la bouse de vache (BV), tandis que le plus faible taux de carbone se voit avec C4. En effet, l'analyse statistique révèle que C4 diffère significativement de BV. Par contre, C1 et T ne sont pas significativement différents de BV au seuil de 5 %.

Néanmoins, les moyennes arithmétiques montrent que le taux de carbone dans les traitements C4 et C1 est inférieur à celui du témoin. Cependant, l'analyse de variance n'a pas révélé de différence significative entre les traitements en 2005.

L'examen des résultats de l'année 2005 et de l'année 2006 révèle une tendance à la baisse du taux de carbone avec une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre les deux années dans tous les traitements. La plus faible baisse s'observe avec le traitement BV (19 %) tandis que la plus forte baisse est enregistrée au niveau du traitement C4 (25 %). L'arrière effet de BV influence positivement mais non significative le carbone du sol par rapport au témoin. Par contre, celui de C4 et C1 influencent négativement et de manière non significative le carbone du sol.

3.1.1.2 Effets sur l'azote total du sol

L'azote provient de diverses sources mais en majeure partie, il est d'origine organique et résulte de la minéralisation du carbone. La mesure de la teneur en azote du sol en 2005 et en 2006 dans les différentes parcelles donne les résultats consignés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Variation du taux d'azote total (%) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture

Traitements	Année 2005	Année 2006	Taux de variation (%)
C4	0,0610 ± 0,004	0,0493 ± 0,003 a	- 19
BV	0,0617 ± 0,003	0,0540 ± 0,009 ab	- 12
C1	0,0623 ± 0,009	0,0513 ± 0,002 ab	- 18
T	0,0623 ± 0,005	0,0630 ± 0,005 b	+ 1
Significativité	NS	S	

C1 : compost de 1 mois ; C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache non compostée, T : témoin. Les traitements suivis de la même lettre dans la même année ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %. NS : Non Significatif, S : Significatif.

En 2006, toutes les parcelles amendées présentent une teneur en azote inférieure à celle de la parcelle témoin. L'analyse statistique montre une différence significative entre C4 et T. Ce qui laisse penser que le compost très évolué (C4) induit de très faibles teneurs en azote du sol en deuxième année comparativement au témoin. Les moyennes arithmétiques des traitements sont classés dans l'ordre suivant : $T > BV > C1 > C4$. Cependant, l'analyse

statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements en 2005. La teneur en azote total était quasi égale dans toutes les parcelles.

En comparant les résultats des deux années, on constate une baisse de la teneur en azote total du sol dans les parcelles amendées et une légère hausse dans la parcelle témoin. La baisse est seulement significative ($P < 0,009$) avec les traitements C4 (19 %) et C1 (18 %) qui affichent d'ailleurs les plus fortes baisses. Cependant le témoin présente une très légère hausse non significative de la teneur en azote. L'analyse des variations inter annuelles permet de noter une différence plus ou moins considérable entre les traitements. Les différents substrats ont tous présenté un arrière effet sur l'azote du sol inférieur à celui du témoin, donc un arrière effet négatif. Celui de C4 est négatif significativement par rapport au témoin.

3.1.1.3 Effets sur le phosphore total du sol

Le phosphore est l'un des facteurs limitant de la production agricole (Compaoré et Sédogo, 2002). Les résultats sont consignés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Variation du phosphore total (ppm) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture

Traitements	Année 2005	Année 2006	Taux de variation (%)
C4	274 ± 98	227 ± 106	- 17
BV	236 ± 49	190 ± 42	- 19
C1	294 ± 65	243 ± 69	- 17
T	318 ± 97	253 ± 72	- 20
Significativité	NS	NS	

C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 compost de un mois, T : témoin. Les traitements suivis de la même lettre dans la même année ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %. NS : Non Significatif.

L'analyse du tableau 5 montre que l'arrière effet des substrats organiques a très peu influencé la teneur en phosphore du sol car l'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre les traitements. Néanmoins, les moyennes arithmétiques laissent apparaître une teneur moyenne élevée au niveau du témoin. La plus faible teneur en phosphore s'observe avec la bouse de vache. La parcelle traitée avec le compost C1 se présente mieux par rapport à

C4 et BV mais dans l'ensemble toutes les parcelles traitées présentent un arrière effet inférieur à celui du témoin.

Cependant, la même situation s'observait en première année de culture du sorgho. Un aperçu global de la situation révèle une baisse générale non significative de la teneur en phosphore entre 2005 et 2006. Les parcelles ayant reçu le compost C4 et C1 présentent la plus faible baisse (17 %) tandis que le traitement BV et T enregistrent les plus fortes baisses respectivement 19 et 20 %. L'arrière effet de l'âge du compost n'a pas eu d'influence significative sur la teneur en phosphore du sol.

3.1.1.4 Effets sur la somme des bases (S)

La somme des bases est la quantité de cations métalliques (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) échangeables fixés sur le complexe absorbant du sol à un moment donné (Soltner, 1986). Les résultats sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Variation de la somme des bases (méq/100g) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture

Traitements	Année 2005	Année 2006	Taux de variation (%)
C4	3,25 ± 0,48	3,86 ± 0,43	+ 19
BV	3,18 ± 0,20	3,66 ± 0,20	+ 15
C1	3,21 ± 0,28	4,38 ± 0,14	+ 37
T	3,05 ± 0,18	3,89 ± 0,20	+ 28
Significativité	NS	NS	

C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 compost de un mois, T : témoin. Les traitements suivis de la même lettre dans la même année ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %. NS : Non Significatif.

En 2006, l'analyse de variance ne révèle pas de différence significative entre les traitements au seuil de 5 %. Cependant, l'analyse du taux de variation révèle que le traitement C1 présente la plus forte augmentation tandis que BV enregistre la plus faible augmentation. Alors l'arrière effet du C1 est supérieur aux autres traitements sur les bases échangeables. Le témoin présente également un arrière effet supérieur à celui de C4 et BV. L'observation du

tableau 6 montre qu'en 2005, l'analyse de variance n'a pas montré de différence significative entre les traitements au seuil de 5 % de probabilité.

En comparant les résultats de l'année 2005 à ceux de 2006, on constate un accroissement de la somme des bases pour tous les traitements appliqués. Cependant, l'analyse statistique ne révèle pas de différence significative entre les traitements en 2006. En considérant le facteur année de culture, il y a une augmentation significative de la somme des bases avec les traitements C1 (37 %) et témoin (28 %). L'arrière effet de l'âge du compost influence très peu les bases échangeables du sol.

3.1.1.5 Effets sur la capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange cationique (CEC) est la quantité maximale de cations de qu'un poids de sol (habituellement 100 g) est capable de retenir. Elle est liée au taux et à la nature des colloïdes (Soltner, 1986). Les résultats sont consignés dans le tableau 7.

Tableau 7: Etat de la CEC (en méq/100g) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture

Traitements	Année 2005	Année 2006	Taux de variation (%)
C4	4,64 ± 0,39	5,16 ± 0,43 a	+ 11
BV	4,31 ± 0,20	5,80 ± 0,20 ab	+ 35
C1	4,61 ± 0,28	6,15 ± 0,14 b	+ 33
T	4,50 ± 0,18	6,09 ± 0,20 b	+ 35
Significativité	NS	S	

C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 compost de un mois, T : témoin. Les traitements suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

NS : Non Significatif, S : Significatif.

Le tableau 7 montre que la plus forte valeur de la CEC est obtenue avec le traitement C1 tandis que la plus faible valeur est enregistrée avec le traitement C4. L'analyse statistique révèle par ailleurs des différences significatives entre C4 et C1 d'une part et entre C4 et T d'autre part. Le traitement BV reste similaire statistiquement à C4, C1 et T. Néanmoins, les moyennes arithmétiques permettent de faire le classement suivant dans l'ordre décroissant : C1 > T > BV > C4. Cependant, si des différences significatives s'observent entre les traitements en 2006, cela n'était pas le cas en 2005. L'analyse statistique n'a révélé aucune

différence significative entre les traitements en première année. La comparaison des résultats des deux années laisse voir une augmentation de la CEC du sol. La plus forte augmentation (35 %) s'observe avec C1 et T. Le traitement C4 présente la plus faible augmentation (11 %).

En conclusion, l'arrière effet du compost de 4 mois est négatif significativement par rapport au témoin. Il est nulle pour le traitement BV et C1. En considérant l'année de culture, l'arrière effet des traitements influence positivement la CEC du sol. L'arrière effet de l'âge du compost influence également la variation de la CEC.

3.1.1.6 Effets sur le pH (eau)

Les résultats du pH (eau) sont présentés par le tableau 8.

Tableau 8 : Variation du pH (eau) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture

Traitements	Année 2005	Année 2006
C4	6,460 ± 0,1	6,807 ± 0,1
BV	6,520 ± 0,0	6,697 ± 0,1
C1	6,500 ± 0,2	6,563 ± 0,3
T	6,550 ± 0,1	6,783 ± 0,0
Significativité	NS	NS

C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 compost de un mois, T : témoin. Les traitements suivis de la même lettre dans la même année ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %. NS : Non Significatif.

En 2006, le pH (eau) dans le traitement C4 a augmenté de manière hautement significative ($P < 0,004$). Par contre l'augmentation dans les autres traitements n'a pas été significative. Cependant, l'analyse de variance ne révèle pas de différence significative entre les traitements en 2006. En considérant les moyennes arithmétiques, le traitement C4 présente la valeur la plus élevée suivi du témoin, de BV et de C1. Le traitement C4 a induit l'arrière effet le plus important. En 2005, l'analyse de variance n'a pas montré de différence significative entre les traitements.

En conclusion, l'arrière effet de l'âge du compost influence très peu le pH (eau) du sol.

3.1.1.7 Effets sur le pH (KCl) du sol

Le tableau 9 présente les résultats de l'arrière effet des différents substrats organiques.

Tableau 9 : Variation du pH (KCl) du sol (0-10 cm) après 2 années de culture

Traitements	Année 2005	Année 2006
C4	6,17 ± 0,2	5,78 ± 0,2 a
BV	6,10 ± 0,0	5,52 ± 0,0 b
C1	6,13 ± 0,1	5,56 ± 0,1 ab
T	6,12 ± 0,1	5,49 ± 0,2 b
Significativité	NS	S

C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 compost de 1 mois, T : témoin. Les traitements suivis de la même lettre dans la même année ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %. NS : Non Significatif, S : Significatif.

En 2006, le traitement C4 présente la plus forte valeur de pH (KCl) suivi de C1, BV et T. L'analyse statistique montre une différence significative entre C4 et BV d'une part et entre C4 et T d'autre part. L'arrière effet du témoin induit la plus faible valeur de pH, donc enregistre le pH le plus acide contrairement à l'arrière effet du traitement C4 qui entraîne le pH le moins acide. Si la nature du substrat a influencé le pH (KCl) en deuxième année de culture, cela n'était pas le cas en première année de culture.

En comparant les résultats des deux années, on constate une tendance à la baisse, ce qui est contraire à l'évolution du pH (eau). En effet, le pH (KCl) a diminué dans toutes les parcelles. L'analyse de variance montre que la diminution est hautement significative ($P < 0,001$) au seuil de 5 %.

L'écart entre pH (KCl) et pH (eau) a évolué dans le sens de l'acidification. En 2005, l'écart allait de 0,29 (C4) à 0,43 (T) tandis qu'en 2006, il évolue de 0,30 (C4) à 1,3 (T). Les différences ont apparues avec l'année de culture qui a influencé significativement le pH (KCl). L'arrière effet du compost de 4 mois influence positivement et de manière significative le pH (KCl) du sol par rapport au témoin.

3.1.1.8 Effets sur la macrofaune du sol

Les tableaux 10 et 11 présentent les résultats. Le tableau 10 présente la population de macrofaune sur l'horizon 0-10 cm.

Tableau 10 : Composition et abondance de la macrofaune du sol sur l'horizon 0-10 cm (individu / m²) / traitement

Macrofaune	C4	BV	C1	T
Termites	28	23	4	158
Fourmis	0	50	0	11
Larves de coléoptères	0	4	2	2
Larves de diptères	2	0	0	4
Myriapodes	16	4	0	7
Vers de terre	7	5	2	0
Autres	0	0	2	0
Total / m ²	53	85	9	181

C4 : compost de 4 mois, BV : bouse de vache, C1 : compost de 1 mois, T : témoin

La population de macrofaune échantillonnée se situe dans l'horizon 0-30 cm. L'effectif de la population de macrofaune est exprimé en densité (individu / m²) et réparti selon les horizons 0-10 et 10-30 cm. Au total, 1285 individus / m² ont été récoltés à l'échelle de la parcelle étudiée soit 25,6 % situé sur l'horizon 0-10 cm et 74,4 % sur l'horizon 10-30 cm. Les individus identifiés appartiennent à plusieurs groupes parmi lesquels on peut citer le groupe des termites, des fourmis, des myriapodes, des vers de terre, des coléoptères, et enfin le groupe des diptères plus un groupe d'individus non identifiés. Les fourmis sont essentiellement représentés par *Camponotus spp*, *Dorolys spp*, et *Pachycondyla spp*. Le groupe des coléoptères est composé des larves des *Elatéridae* et des *Scarabaeidae*. Les myriapodes échantillonnés regroupent les *Diplopodes* les *Chilopodes* et les *Symphiles*.

L'effectif le plus élevé sur l'horizon 0-10 cm s'observe avec le témoin (tableau 10) avec un taux de 55,12 % du total des individus échantillonnés suivi du traitement BV (25,94 %) et C4 (16,21). Les individus de la macrofaune sont faiblement représentés dans le traitement C1 (2,70 %). L'analyse des résultats révèle un écart très important entre le témoin et le C1. On remarque une forte représentation des termites dans tous les traitements même sur l'horizon 10-30. Aussi, en terme de diversité de groupes de macrofaunes échantillonnés, le

traitement BV et T présentent cinq groupes différents de macrofaune. Trois groupes de macrofaune sont présents dans les traitements C4 et C1.

Le tableau 11 présente les résultats de l'horizon 10-30 cm.

Tableau 11 : Composition et abondance de la macrofaune du sol sur l'horizon 10-30 cm (individu / m²) / traitement

Macrofaune	C4	BV	C1	T
Termites	132	208	43	366
Fourmis	5	50	4	9
Larves de coléoptères	0	4	2	0
Larves de diptères	2	2	0	0
Myriapodes	9	9	2	0
Vers de terre	2	2	5	4
Autres	4	92	4	0
Total / m ²	153	366	59	379

C4 : compost de 4 mois, BV : bouse de vache, C1 : compost de 1 mois, T : témoin

En analysant le tableau 11, on constate une augmentation de l'abondance de la macrofaune avec la profondeur. La même tendance sur la répartition des individus de la macrofaune dans les différents traitements sur l'horizon 0-10 se maintient pour l'horizon 10-30 cm à la seule différence que l'arrière effet du traitement BV se montre plus important sur la macrofaune en deuxième année. Cependant, l'arrière effet de BV sur la macrofaune reste inférieur à celui du témoin. Le groupe des termites, des fourmis et des vers de terre sont le plus représentés. En terme de diversité, le traitement BV présente la forte diversité de groupes (6) tandis que le témoin enregistre la faible diversité (3 groupes). L'analyse des résultats montre que l'arrière effet de l'âge du compost influence très peu l'abondance et la diversité des groupes de macrofaune du sol puisque aucune différence significative n'a été observée.

3.1.1.9 Corrélation entre la matière organique et la macrofaune du sol

La figure 6 exprime la corrélation entre la matière organique et la macrofaune du sol. Le coefficient $R^2 = 0,6708$ révèle une corrélation plus ou moins importante. En effet, il traduit le degré de corrélation entre ces deux paramètres.

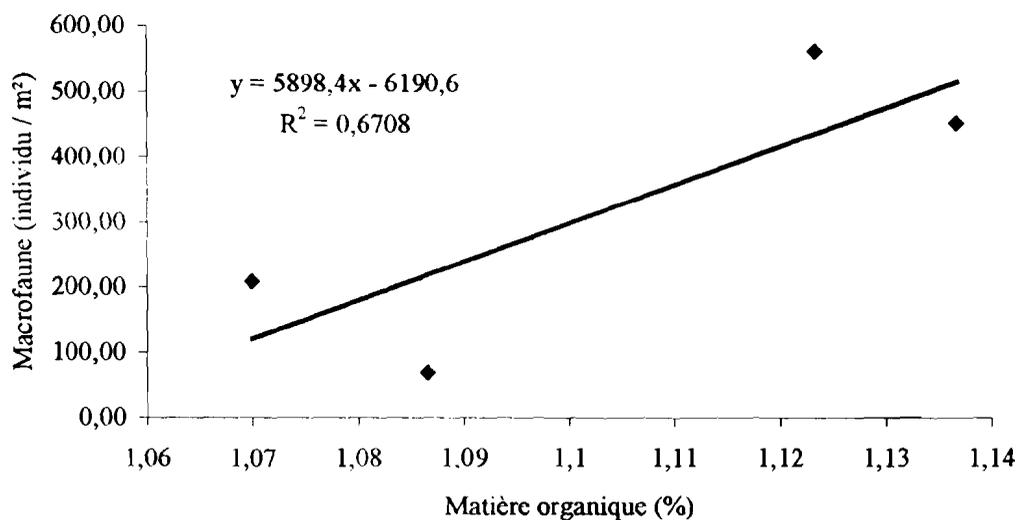


Figure 6 : Corrélation entre la matière organique et la macrofaune du sol

3.1.2 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur la production de sorgho

3.1.2.1 Influence sur la croissance du sorgho

Les courbes de croissance des plantes évoluent de manière similaire durant tout le stade végétatif du sorgho (figure 7). L'augmentation de la hauteur des plantes est perceptible à partir de 6 Semaine Après Semis (SAS) jusqu'à 10 SAS puis se stabilise à partir de 11 SAS. Les courbes des traitements C4 et BV se rapprochent le plus, tout en restant inférieures à celles de C1 et T. Les moyennes des hauteurs varient de 80 cm à 182 cm pour C4, de 76 cm à 189 cm pour BV, de 112 cm à 198 cm pour C1 et de 94 cm à 192 cm pour le témoin. Une analyse globale des courbes révèle un meilleur développement des plantes au niveau de la parcelle traitée avec le compost C1. Cependant, l'analyse des résultats n'a pas révélé de différence importante entre les traitements durant toute la période végétative. L'arrière effet de l'âge du compost n'a pas eu d'impact significatif sur la croissance en hauteur du sorgho.

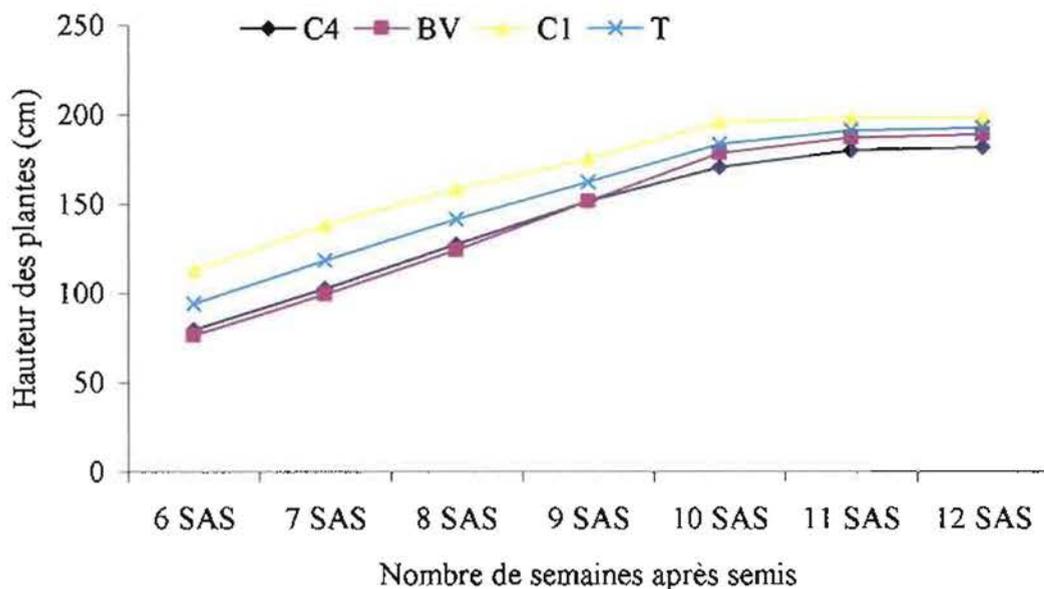


Figure 7 : Evolution de la taille des plantes en 2006 au cours du temps

C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 : compost de 1 mois ; T : témoin ; SAS : Semaine Après Semis.

3.1.2.2 Influence sur la production de feuilles

La figure 8 présente les résultats. Le nombre de feuilles par plante évolue de la même manière pour tous les traitements du sorgho. Les courbes croissent de 7 SAS jusqu'à 9 SAS, puis décroissent jusqu'à 12 SAS. La courbe du traitement C1 est supérieure, suivi de celle du témoin, du C4 puis de BV (figure 8). Dans l'ensemble, les traitements ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5 %. L'arrière effet de l'âge du compost influence très peu la production de feuilles.

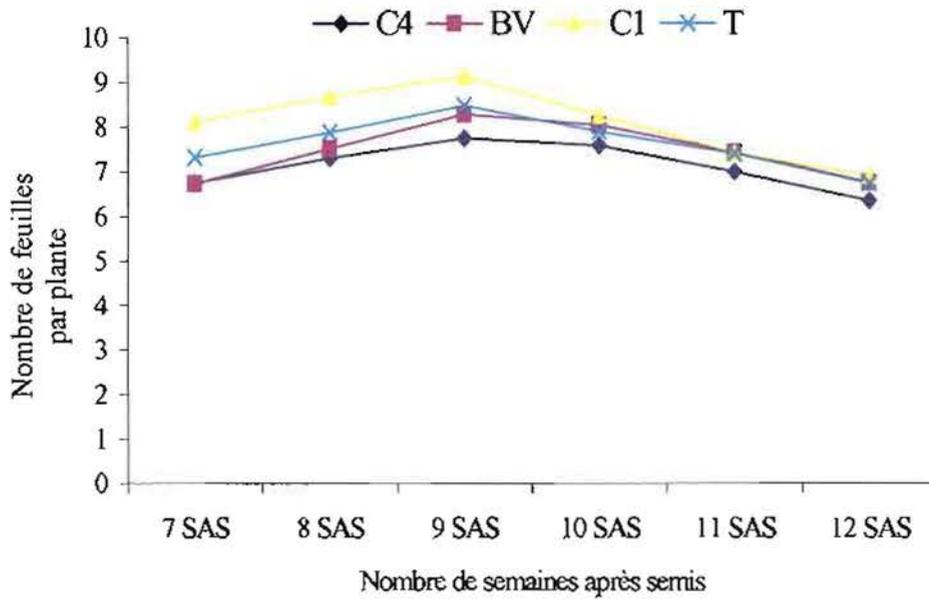


Figure 8 : Evolution du nombre de feuille par plante au cours du temps

(C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 : compost de 1 mois ; T : témoin) ; SAS : Semaine Après Semis.

3.1.2.3 Influence sur la floraison du sorgho

La figure 9 présente les résultats. Le fort taux de floraison s'observe à 10 SAS au niveau du traitement C1 avec un taux de 79,2 %, suivi du témoin avec 52,1 %, ensuite vient le traitement BV qui présente un taux de 47,9 % et enfin le traitement C4 avec un taux de 29,2 %. La floraison totale est observée au niveau de toutes les parcelles à 12 SAS (figure 9). L'analyse des résultats montre que l'arrière effet du compost influence très peu la floraison du sorgho.

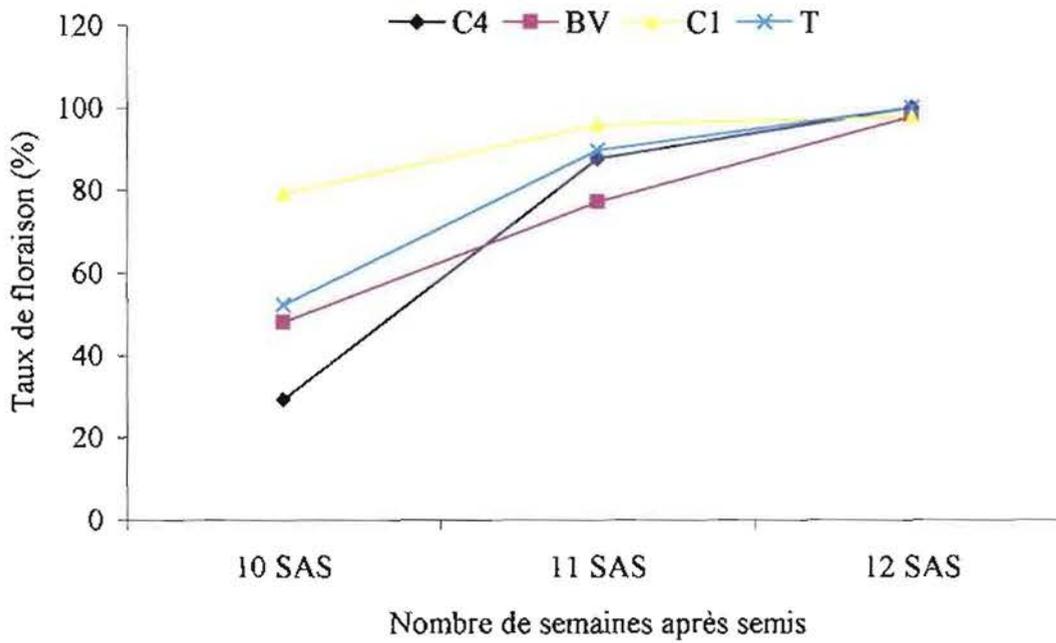


Figure 9 : Evolution du taux de floraison au cours du temps

(C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 : compost de 1 mois ; T : témoin) ; SAS : Semaine Après Semis.

3.1.2.4 Influence sur le rendement grain du sorgho

Les rendements grain du sorgho sont consignés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Variation du rendement grain (kg/ha) de sorgho après 2 années de culture

Traitements	Année 2005	Année 2006	Taux de variation (%)
C4	1873 ± 407	1284 ± 159 a	- 31
BV	2389 ± 233	1684 ± 159 ab	- 30
C1	2258 ± 768	1873 ± 36 b	- 17
T	2178 ± 902	1631 ± 598 ab	- 25
Significativité	NS	S	

(C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 compost de 1 mois, T : témoin). Les traitements suivis de la même lettre dans la même année ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %. NS : Non Significatif, S : Significatif.

En 2006, le compost d'un mois d'âge (C1) a induit le meilleur rendement grain suivi de BV, T et C4. L'analyse statistique révèle une différence significative entre le rendement grain obtenu dans le traitement C1 et celui obtenu dans le traitement C4. Le faible rendement est enregistré avec le compost C4. Comme les autres paramètres, l'impact des traitements en première année n'a pas été significatif sur le rendement grain au seuil de 5 % de probabilité.

En comparant les rendements obtenus en 2005 à ceux obtenus en 2006 (tableau 12), on constate une baisse généralisée des rendements grain. La plus grande baisse s'observe avec le traitement C4 avec un taux de (31 %), tandis que la plus faible baisse s'observe dans le traitement C1. La différence significative entre C4 et C1 montre que l'arrière effet de l'âge du compost influence la production du sorgho. Cela signifie que le compost d'un mois d'âge a un arrière effet plus important sur le rendement grain que celui de C4. La baisse générale des rendements grain met en exergue l'influence de l'année de culture sur la production de sorgho. L'arrière effet du compost d'un mois d'âge influence positivement mais non significative la production de sorgho. Il en de même pour BV.

3.1.2.5 Influence sur le rendement paille de sorgho

Les résultats sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Variation du rendement en paille (kg/ha) de sorgho après 2 années de culture

Traitements	Année 2005	Année 2006	Taux de variation (%)
C4	6376 ± 1170	2146 ± 656	- 66
BV	6166 ± 2505	2304 ± 841	- 63
C1	5719 ± 1191	3293 ± 228	- 42
T	7050 ± 3846	3030 ± 1517	- 57
Significativité	NS	NS	

(C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 compost de 1 mois, T : témoin). Les traitements suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents seuil de 5 %. NS : Non Significatif.

En 2006, les rendements paille sont restés comparables l'un à l'autre sans différence significative. D'après l'analyse de variance, la nature du substrat apporté n'a pas influencé significativement le rendement paille du sorgho en deuxième année de culture. Cependant,

l'année de culture a significativement influencé le rendement paille. C'est ainsi que l'on observe au niveau du tableau 13 une chute allant de 42 % à 66 % des rendements paille. Le rendement paille a suivi la même évolution que le rendement grain. L'arrière effet de l'âge du compost n'a pas eu d'impact significatif sur le rendement paille du sorgho mais influence significativement la variation du rendement paille de sorgho.

3.1.2.6 Influence sur le rapport grain / paille

Les résultats sont présentés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Variation du rapport grain / paille après e années de culture

Traitements	Année 2005	Année 2006	Taux de variation (%)
C4	0,29 ± 0,03	0,60 ± 0,17	+ 104
BV	0,39 ± 0,11	0,73 ± 0,21	+ 89
C1	0,39 ± 0,07	0,57 ± 0,03	+ 44
T	0,31 ± 0,05	0,54 ± 0,14	+ 74
Significativité	NS	NS	

(C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 compost de 1 mois, T : témoin). Les traitements suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents seuil de 5 %. NS : Non Significatif, S : Significatif.

Le tableau 14 montre qu'en 2006, la valeur la plus élevée du rapport grain sur paille s'observe dans le traitement bouse de vache. Par contre, les autres traitements entraînent des valeurs qui se rapprochent. L'analyse statistique ne révèle pas de différence significative entre les traitements. Cependant, en 2005 on observait de faibles valeurs du rapport grain / paille qui restent similaires dans tous les traitements.

En comparant les résultats des deux années, on constate une forte variation du rapport grain / paille. Ainsi, le traitement C4 enregistre la plus forte augmentation, suivi de BV, de T et C1. L'analyse statistique montre que l'année de culture influence significativement l'augmentation du rapport grain sur paille. L'arrière effet de l'âge du compost agit significativement sur la variation du rapport grain / paille entre la première et la deuxième année.

3.1.2.6 Exportations minérales et indices d'efficacités

Le tableau 15 présente les quantités de nutriments exportées par le sorgho en 2005 et en 2006.

Tableau 15 : Exportation de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) par la culture de sorgho en 2005 et en 2006 (kg/ha)

Traitements	Année 2005			Année 2006		
	N	P	K	N	P	K
C4	61,4	17,5	150	57,9	25,6	593
BV	69,5	21,6	148	67,7	26,8	711
C1	104,1	23,3	122	72,9	29,4	756
T	65	17,7	135	70,9	28,7	663
Significativité	NS	NS	NS	NS	NS	NS

C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 : compost de 1 mois ; T : témoin
N : azote; P : phosphore; K : potassium, NS : Non Significatif.

L'analyse de variance ne révèle pas de différence significative entre les traitements pour les différentes exportations en 2006 et en 2005. Elle révèle cependant une réduction non significative de l'exportation de l'azote dans les parcelles amendées et une augmentation significative ($P = 0,015$) de l'exportation du phosphore dans le traitement C4. L'augmentation de l'exportation du potassium entre 2005 et 2006 est également hautement significative ($P < 0,001$) au niveau de toutes les parcelles (tableau 15). L'année de culture influence significativement l'exportation du potassium dans tous les traitements. Il en est de même pour l'exportation du phosphore dans le traitement C4.

- *Efficacité de recouvrement apparent de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K)*

L'efficacité de recouvrement apparent reflète l'aptitude de la plante à exporter les nutriments (N, P, K) après un apport de fertilisants au sol. Les résultats sont présentés dans le tableau 16.

Tableau 16 : Efficience de recouvrement apparent de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) en 2005 (%)

Traitements	ERAN	ERAP	ERAK
C4	- 10,4	- 3,0	+ 161,8
BV	+ 5,5	+ 21,2	+ 26,9
C1	+ 129,3	+ 82,8	- 113,8

C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 : compost de 1 mois ; T : témoin ; N : azote, P : phosphore, K : potassium ; ERAN : efficience de recouvrement apparent de l'azote ; ERAP : efficience de recouvrement apparent du phosphore ; ERAK : efficience de recouvrement apparent du potassium.

L'observation du tableau 16 montre que le traitement C4 n'a pas permis une bonne absorption de l'azote et le phosphore apportés en 2005 par le compost. Seul le potassium a été bien absorbé par la plante. Par contre, le traitement BV a stimulé l'absorption de l'azote, du potassium et du phosphore. Le traitement C1 a stimulé le plus l'absorption en azote et en phosphore à l'exception du potassium.

- Efficience Agronomique (EA) de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) en 2005

Les résultats sont présentés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Efficience agronomique de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) en 2005 (kg/kg)

Traitements	EAN	EAP	EAK
C4	- 8,83	- 41,68	- 34,10
BV	+ 2,56	+ 11,40	+ 4,31
C1	+ 2,64	+ 11,94	+ 6,86

C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 : compost de 1 mois ; T : témoin ; N : azote ; P : phosphore ; K : potassium ; EAN : efficience agronomique de l'azote ; EAP : efficience agronomique du phosphore ; EAK : efficience agronomique du potassium.

L'efficacité agronomique exprime la productivité de l'unité fertilisante. Le tableau 17 montre que l'efficacité agronomique est élevée dans les parcelles traitées avec BV et C1. Par ailleurs, l'effet de C1 reste légèrement supérieur à celui de BV. Par contre, l'efficacité agronomique est très faible dans les parcelles traitées avec C4. L'analyse du même tableau montre que le phosphore est effectivement un facteur limitant pour la production du sorgho. En outre, la production est conditionnée par une bonne assimilation du phosphore.

- Efficacité physiologique de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) en 2005 et en 2006

Cet indice nous renseigne sur la manière dont l'élément absorbé a été utilisé, plus précisément sa distribution ou sa répartition dans les grains et dans les pailles. Les résultats sont consignés dans le tableau 18

Tableau 18 : Efficacité physiologique de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) en 2005 et en 2006 (kg/kg)

Traitements	Année 2005			Année 2006		
	EPN	EPP	EPK	EPN	EPP	EPK
C4	- 94,53	+ 94,19	- 1,31	+ 14,34	+ 33,79	+ 0,99
BV	+ 28,03	- 16,15	+ 11,81	+ 18,67	+ 33,72	+ 1,01
C1	+ 13,95	+ 236,82	+ 15,57	+ 16,50	+ 33,75	+ 1,00

C4 : compost de 4 mois ; BV : bouse de vache ; C1 : compost de 1 mois ; T : témoin ; N : azote ; P : phosphore ; K : potassium ; EPN : efficacité physiologique de l'azote; EPP : efficacité physiologique du phosphore; EPK : efficacité physiologique du potassium.

L'efficacité physiologique du phosphore dans les parcelles amendées en 2006 reste similaire. Il en est de même pour celle du potassium. Cependant, on observe une différence considérable entre les traitements en rapport avec l'efficacité physiologique de l'azote (tableau 18). Ce qui laisse penser que l'arrière effet de l'âge du compost et la nature du substrat influencent l'efficacité physiologique de l'azote. Ce qui n'est pas le cas avec l'efficacité physiologique du phosphore et du potassium.

Cependant, l'efficacité physiologique calculée pour chaque type de substrat apporté en 2005 (tableau 18) montre une variation importante suivant le type d'élément concerné. On observe de très faibles valeurs de l'efficacité physiologique de l'azote et du potassium dans le

traitement C4 en 2005. Seul le traitement C1 induit des valeurs toutes positives de l'efficacité physiologique de l'azote, du phosphore et du potassium en 2005.

L'examen des résultats de l'année 2005 et 2006 montre une meilleure valorisation des nutriments prélevés par la plante dans la production de grain en 2006. Cela s'est traduit par des valeurs élevées de l'efficacité physiologique des différents nutriments. L'âge du compost et l'arrière effet des substrats organiques influencent l'efficacité physiologique de l'azote.

3.2 DISCUSSION

3.2.1 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur les caractéristiques chimiques du sol

3.2.1.1 Sur le carbone total du sol

La nature et la forme de la matière organique appliquée distinguent les traitements entre eux. En effet tous les traitements n'apportent pas la même quantité de matière sèche (carbone) au sol même si la dose de 5 t/ha était uniforme pour tous les traitements. Malgré cela, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements en première année. Cependant, l'analyse de l'arrière effet des différents traitements révèle quelques différences significatives entre les traitements.

Le constat général est la diminution du taux de carbone dans toutes les parcelles à la deuxième année comparée à la première année. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Sédogo (1981) ; Bacye (1998) ; Cattan *et al.* (2001). Ils confirment la tendance à la baisse du carbone total du sol après la mise en culture. En effet, Cattan *et al.* (2001) ont observé respectivement une perte de 17 % et 14 % de carbone sur deux années de culture (année 5 par rapport à année 3) sur sol gravillonnaire et sablo-limoneux. Par ailleurs, Bacyé (1998) a observé une chute rapide du taux de carbone après 505 jours d'incubation de la poudrette de fumier en milieu réel sur sol sableux de bas de pente et sur sol hydromorphe de bas-fond et a expliqué ces résultats par les variations des conditions pédoclimatiques au cours de l'année. Il s'agit notamment des conditions d'humectation et de dessiccation et les alternances de températures qui favorisent la minéralisation de la MO. En outre, la baisse hautement significative ($P < 0,001$) du taux de carbone entre 2005 et 2006 serait due à ce phénomène. Le taux de baisse observé (19 % à 25 %) reste supérieur à ceux déjà notés par (Cattan *et al.*, 2001). L'appauvrissement des sols en carbone pourrait également être imputable à l'érosion du sol favorisée par les conditions de sol ferrugineux tropical lessivé induré moyennement profond, caractéristique des parcelles étudiées pouvant occasionner un ruissellement avec lessivage de la matière organique du sol d'où cette baisse générale. Ajoutons que la baisse rapide du taux de carbone serait également liée à la quantité de matière organique apportée quand on sait que la décomposition de la MO est d'autant plus rapide que les quantités apportées sont faibles (Sédogo, 1981). Ce phénomène est aggravé dans les conditions d'apport de MO à un sol pauvre en MO.

Dans les traitements C4 et C1, le taux du carbone est inférieur à celui du témoin, malgré les apports de matière organique en première année. Cela peut s'expliquer par l'effet inductive de la matière organique apportée sur les microorganismes du sol confirmant ainsi l'assertion de Janssen (1993) notant que l'apport de matière organique au sol stimule l'activité biologique du sol. Sédogo (1981) a expliqué ce phénomène par le « priming-effect » ou effet d'activation apparent qui est en fait l'induction d'une minéralisation de la matière organique par l'activité biologique. De ce fait, l'incorporation de la matière organique au sol aurait stimulé l'activité biologique et entraîné une minéralisation du carbone d'où la forte baisse dans les parcelles amendées.

Le taux de carbone élevé dans le traitement BV n'est pas flagrant car la bouse de vache est d'après les résultats de plusieurs études, la matière organique de référence (Sédogo, 1981, Bacyé *et al.*, 1993). Cependant, sa disponibilité en quantité suffisante limite son utilisation. L'observation du taux élevé va dans le même sens que les études de Ouédraogo *et al.* (2006). En effet, ils ont démontré que la dynamique du carbone est plus liée à la qualité qu'à la quantité de la matière organique apportée. L'incorporation d'un matériel organique de faible qualité chimique peut entraîner une baisse importante du taux de carbone du sol par rapport au témoin tandis qu'un matériel organique de meilleure qualité biochimique réduit la baisse du taux de carbone voire son maintien (tableau 3). Cependant, au regard du tableau 1, le taux de carbone élevé serait lié à l'influence du carbone apporté par la bouse de vache, notamment à la qualité et à la quantité du carbone (tableau 1) appliqué en 2005. En comparant l'arrière effet des composts (C4 et C1) à celui de la bouse de vache, on se rend compte effectivement que la bouse de vache est une MO de bonne qualité.

La différence significative entre C1 et C4 laisse supposer que le compost de 4 mois apporté dans les parcelles était dans un état de décomposition très avancée par rapport à C1. En effet, le compost de quatre mois (C4) est considéré comme de qualité supérieure à celui d'un mois d'âge mais nos résultats démontrent le contraire. Dans le contexte de notre étude, le compost de 4 mois n'est pas la meilleure formule. D'après le tableau 1, le compost de 4 mois a apporté plus de carbone au sol que celui d'un mois d'âge pourtant l'arrière effet de C1 sur le carbone est supérieur à celui de C4. Ce qui laisse présager que l'âge du compost expliquerait ces résultats. Cette différence peut également résulter d'éventuelles irrégularités liées au proportionnement des matériaux lors du compostage.

3.2.1.2 Sur l'azote du sol

L'azote total du sol a suivi la même évolution que le carbone. En effet, la chute très rapide des teneurs en azote total est la conséquence de la forte minéralisation du carbone. Cela se traduit par une diminution du rapport C/N constatée au niveau de toutes les parcelles traitées. Ces résultats sont analogues à ceux de Bacyé *et al.* (1993) et Sédogo (1981). La mise en culture a entraîné une baisse de l'azote du sol comme dans le cas du carbone. Cette baisse peut provenir entre autres de l'absorption par les cultures, de la perte par volatilisation (liée aux labours qui exposent l'azote du sol), par lixiviation ou par dénitrification (liée aux conditions humides). Dans notre contexte, les trois premières formes de perte sont privilégiées.

En effet, le lessivage ou la lixiviation est la migration des éléments hors du profil cultural. La lixiviation ou lessivage est facilitée par les conditions d'humidité élevée. La période critique en cours de culture est le tout début de la saison des pluies, où l'on observe une intense minéralisation de la matière organique du sol et l'apparition d'un flux de nitrates (Blondel 1971 cité par Piéri, 1989). A cette période, la physiologie des plantes ne permet pas une utilisation efficace de l'azote minéral libéré car leur enracinement est peu profond et leur demande en azote quantitativement faible. Le minimum de nutriments restant dans le sol est utilisé intensément par les plantes pendant leur phase critique (la floraison) et provoque un déficit au niveau du sol. Ce phénomène s'explique par une mauvaise synchronisation de la minéralisation et les besoins des plantes comme l'indique (Lavelle *et al.*, 1991). Ceux-ci montrent que tout défaut d'ajustement de la quantité et de la distribution dans le temps et dans l'espace des nutriments libérés avec la demande des plantes peut entraîner leur perte par lessivage ou par volatilisation surtout lorsque les mécanismes compensateurs de la réorganisation dans la biomasse microbienne n'interviennent pas. D'après l'efficacité de recouvrement en 2005 (tableau 16), le compost de 4 mois n'a pas stimulé significativement l'absorption de l'azote apporté d'où un risque de perte en azote élevé au niveau du traitement C4. Cela explique les résultats antérieurs.

Les apports de substrats organiques devraient permettre d'améliorer le niveau d'azote des parcelles amendées ; mais au contraire, on constate que le témoin présente la teneur en azote la plus élevée en 2006. En plus, la baisse est plus importante avec les divers substrats organiques. L'explication rejoint celle donnée par Sédogo (1993) et Bacyé (1993) concernant la variation du taux de carbone en rapport avec la stabilité relative de la matière organique des

sols cultivés sans restitution. Selon ces deux auteurs, la matière organique des sols cultivés sans restitution organique autre que les racines se trouve en grande partie associée aux colloïdes minéraux et peut être considérée comme relativement stable. Houot *et al.* (2003) notent également que l'azote organique des composts les plus stabilisés de déchets verts se minéralisent à une vitesse de 0,29 mg / kg / j contre une vitesse de minéralisation du sol seul de 0,26 mg / kg / j. La minéralisation de l'azote dans la parcelle témoin s'apparente à celle du sol seul. La stabilité de la matière organique du sol dans les différentes parcelles après apport de substrat expliquerait ces résultats. La légère hausse de la teneur en azote de la parcelle témoin en 2006 serait due à la contribution de la biomasse racinaire ou microbienne.

3.2.1.3 Sur le phosphore total

Les substrats organiques n'ont pas influencé significativement la teneur en phosphore du sol. Le stock initial de phosphore dans chaque parcelle expliquerait cet état des faits. La teneur initiale en phosphore du sol étant très faible ; alors de faibles apports en phosphore ne peuvent influencer significativement sa teneur. A ce propos, Compaoré et Sédogo (2002) affirmaient que la culture continue sans apport de phosphore dépend des réserves de phosphore du sol disponible pour les plantes et que la culture continue avec peu ou pas d'engrais entraîne une décroissance du phosphore biodisponible et du phosphore organique du sol.

3.2.1.4 Sur les bases échangeables

Les résultats montrent une augmentation des bases échangeables en deuxième année de culture. Cette hausse des bases échangeables peut être liée à l'amélioration du complexe absorbant en deuxième année avec l'intégration de la matière organique dans la fraction fine du sol.

3.2.1.5 Sur la Capacité d'Echange Cationique (CEC)

La capacité d'échange cationique a connu une légère hausse entre 2005 et 2006. D'après les études, la CEC est beaucoup plus liée à la teneur en matière organique qu'au taux de l'argile. Cependant on observe une baisse de la matière organique du sol entre 2005 et 2006 au niveau de tous les traitements. L'augmentation pourrait être liée à une contribution de la biomasse racinaire ou à la biomasse microbienne en décomposition. Dans les parcelles traitées, la matière organique minéralisée serait intégrée dans la fraction fine et aurait contribué à l'augmentation de la CEC malgré la diminution de la matière organique.

3.2.1.6 Impact de l'arrière effet sur le pH du sol

La baisse du pH (KCl) au cours des deux années de culture correspond à l'évolution habituelle des sols sous culture continue. En effet les sols sous culture continue perdent progressivement leurs calcium ou accumulent des ions acides (provenant de l'activité microbienne à travers la décomposition de la matière organique, la respiration et la nitrification et les ions aluminium) et s'acidifient. Dans notre cas, la baisse du pH (KCl) serait plutôt due à une augmentation non proportionnelle des ions acides et basiques liée à leur quantité ou à leur valence. Le niveau non amendé présente le pH le plus acide par rapport aux niveaux amendés. Cela traduit bien le rôle que joue la matière organique dans l'élévation du pH des sols. La baisse très significative ($P < 0,001$) du pH (KCl) et l'augmentation apparente du pH (eau) ont induit des écarts très élevés entre le pH (KCl) et le pH (eau) dans les parcelles traitées en 2006. La différence entre ces deux valeurs de pH indique le pouvoir tampon de la matière organique du sol. La nature des substrats organiques apportés en première année justifierait également ces résultats. Malgré un pH (eau) apparemment élevé, la tendance à l'acidification est forte sans restitution de la matière organique.

3.2.1.7 Impact de l'arrière effet sur la macrofaune du sol

La macrofaune d'après Bachelier (1978) concerne les animaux d'une longueur de 4 à 80 mm environ (de diamètre compris entre 0 et 2 mm) et regroupe les vers de terre, les termites, les fourmis, les larves d'insectes (*Coléoptères*, *Diptères*, *Hémiptères* et *Lépidoptère* etc.) les cloportes, les myriapodes (*Chilopodes*, *Diplopodes* et *Symphiles*), les limaces, les escargots, les araignés et opilions. Madong (2004) note que les individus de la macrofaune du sol ne sont pas que les habitants du sol, ils font partie intégrante de l'écosystème. La macrofaune du sol est un maillon essentiel du cycle bio géochimique. Elle a une influence marquée sur la biochimie des sols (Bachelier, 1978). En effet, elle participe à la décomposition des matières organiques apportées au sol et contribue à l'amélioration de la fertilité physique, chimique et biologique du sol. De ce fait, la macrofaune du sol est le plus souvent utilisée comme indicateur de fertilité (Madong, 2004). La macrofaune facilite le travail des microorganismes. Les études de Ouédraogo *et al.* (2004) ont révélé que sans intervention de la macrofaune du sol, les microorganismes sont peu efficaces dans la décomposition de la MO de pauvre qualité à l'intervalle d'une saison.

D'une manière générale, les résultats révèlent une faible représentation de la macrofaune du sol sur la parcelle étudiée. Cependant, il ne faudrait pas perdre de vue que la

méthode de capture et de comptage utilisée présentent des limites. En effet, l'acuité visuelle de l'opérateur, la couleur et la taille des individus de la macrofaune peuvent influencer les résultats. Aussi, le point de prélèvement de l'échantillon choisi au hasard peut se positionner sur une grosse racine. Lavelle *et al.* (1991) rapportent également que le tri manuel ne permet pas bien souvent de récolter plus d'un tiers des individus. Néanmoins, Lavelle *et al.* (1981) ; Lavelle et Kohlman (1984) ; Rajagopal et Veeresh (1984) cités par Kouassi (2002) notent que le tri manuel de petites unités d'échantillons (25 cm x 25 cm x 30 cm) a donné plus de satisfaction, même si les plus petits organismes y sont sous-estimés.

L'abondance et la diversité des groupes de macrofaune varient selon les traitements. La quantité d'éléments grossiers de MO présente dans les différentes parcelles seraient à l'origine de cette variation. Le niveau de la MO organique peut être élevé mais tant qu'elle n'est pas accessible à la macrofaune du sol, elle reste moins efficace sur celle-ci. La concentration de la macrofaune dans les horizons de profondeur est liée aux facteurs pédoclimatiques. Les horizons de profondeur sont le plus souvent des horizons d'accumulation qui réunissent les conditions favorables au développement de la macrofaune. D'après les résultats, les termites dominent en effectif sur tous les traitements. En effet, les termites sont un élément essentiel et omniprésent de la macrofaune du sol en Afrique (Lavelle *et al.*, 1991 ; Kouassi, 2002). L'effectif de la macrofaune varie selon les types d'utilisation du sol (Madong, 2004).

On constate une faible représentation des vers de terre par rapport aux termites et aux fourmis. D'après les études de Lavelle *et al.* (1991) ; les vers de terre dominent dès que la pluviométrie annuelle est supérieure à 1000 mm mais lorsqu'elle tombe en dessous de 800 mm environ, ils disparaissent des savanes et les termites deviennent l'élément essentiel. La pluviométrie de la zone d'étude étant inférieure à 1000 mm, cela pourrait bien expliquer cette faible représentation des vers de terre.

3.2.1.8 Impact de l'arrière effet sur la corrélation entre la matière organique et la macrofaune du sol

La corrélation entre la matière organique et la macrofaune du sol est influencée par les apports des substrats organiques. Des études déjà réalisées révèlent que l'incorporation des matières organiques au sol influence l'activité biologique y compris celle de la macrofaune. Dans notre cas, le taux de la matière organique et l'abondance de la macrofaune du sol sont corrélés, c'est-à-dire qu'il existe une liaison entre ces deux variables. Cette corrélation est la

résultante de l'arrière effet des différents traitements. La corrélation étant positive, cela veut dire que les deux variables évoluent dans le même sens. On peut donc admettre qu'une augmentation ou qu'une diminution de la matière organique du sol implique une évolution relative et proportionnelle de l'effectif de la macrofaune selon le cas. Le coefficient de corrélation mesure le degré d'association des deux variables ; autrement dit, l'intensité de la liaison entre la matière organique et la macrofaune du sol.

3.2.2 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur la phénologie du sorgho

Les différentes mensurations effectuées au cours du cycle de développement du sorgho n'ont pas permis de noter une différence significative entre l'arrière effet des différents traitements. Tous les traitements ont influencé de la même manière la croissance du sorgho. L'âge du compost n'a donc pas eu d'impact significatif sur le développement du sorgho. Les figures 7, 8 et 9 traduisent les différentes phases de développement de la plante. En effet, durant la phase végétative, la plante se développe en augmentant de taille et en produisant des capteurs d'énergie (feuilles). A un moment du cycle de développement de la plante, la croissance diminue voire s'arrête et il y a formation de nouveaux organes (fleurs) qui seront le siège de l'activité de la reproduction. Ainsi, la floraison prend le relais et entraîne la production de grain. La nature des substrats apportés expliquerait ces résultats.

3.2.3 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur les rendements grains et paille

De façon générale, l'année de culture a influencé le plus la production de sorgho (grain et paille). Nos observations se rapprochent de celles faites par Ganry (1990) mais différent de celles de Mabrouk *et al.* (1998). En effet, Ganry (1990) note que le compost de paille a un effet net au début sur le rendement du soja mais qui semble s'atténuer au cours du temps. En revanche, il observe que l'arrière effet du compost de paille est net sur le maïs et le riz mais non significatif sur le mil. Il faudrait donc nuancer les résultats sur l'arrière effet car son importance peut être fonction du type de culture ou des techniques culturales adoptées (rotation). Quant à Mabrouk *et al.* (1998), l'application de fumier dans la tassa (trou de zaï) au Niger a induit une augmentation du rendement grain en deuxième année par rapport à la première année de culture de mil. Ils mentionnent que l'arrière effet peut tenir pendant deux ans mais un renouvellement du fumier est nécessaire tous les trois ans. Il observe également

que l'arrière effet d'un parcage sur un sol dunaire semble toujours manifeste après trois ans. Ce qui laisse supposer que l'arrière effet est fonction de la texture du sol.

Notre constat va également dans le même sens que celui de Cattan *et al.* (2001) et Sédogo (1981) qui observent une baisse des rendements en deuxième année de culture de sorgho malgré des apports annuels de 5 t/ha de fumure organo-minérale faible. Ces résultats confirment les nombreuses observations faites depuis des années par de nombreux chercheurs (Nicou, 1989 ; Piéri, 1989 ; Cattan et Schilling, 1990 ; Hien, 1990 cités par Sédogo, 1993). En effet, d'une façon générale, il y a baisse de la production après la mise en culture des sols sans restitution (Piéri, 1989).

Dans notre contexte, la baisse des rendements semble être liée à une dégradation de la matière organique du sol qui s'est manifestée par une baisse du taux de carbone et d'azote. En effet, la dégradation de la fertilité du sol est liée à plusieurs facteurs parmi lesquels on peut citer sans être exhaustif, la culture continue sans restitution, l'érosion du sol, etc. Par ailleurs, la nature du substrat et l'âge du compost ont influencé la fertilité du sol. Cette influence se répercute également sur la production du sorgho.

L'analyse de variance a révélé une différence significative entre les traitements C4 et C1 avec une supériorité de C1 pour le rendement grain. Mais il n'y a pas de différence significative entre ces mêmes traitements pour le rendement paille. La forme du substrat organique apporté en première année justifierait ces résultats. Cela semble être en accord avec la cinétique de minéralisation de la matière organique étudiée par (Bacyé, 1993). Une minéralisation importante de la MO en première année pourrait induire un arrière effet moins important sur les rendements.

L'analyse statistique ne révèle pas de différence significative entre les traitements pour le rendement paille. Cependant, la variation inter annuelle du rendement paille permet de caractériser les traitements. La variation traduit l'effet long terme du substrat et serait liée à la quantité de la matière organique apportée.

3.2.4 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur le rapport grain sur paille

On constate une augmentation du rapport grain sur paille avec la baisse du rendement grain et paille en deuxième année. Cette observation est analogue à celle faite par (López-Bellido *et al.*, 2006). Cela indiquerait une tendance à la hausse des rendements grain en 2006. Ce qui n'est pas le cas en observant les rendements grain et paille en 2005 et en 2006 dans les tableaux 12 et 13. Cela s'explique par une variation non proportionnelle du rendement grain et paille à l'intervalle des deux années. Le rendement grain par traitement diminue de 17 % à 31 % tandis que le rendement paille baisse de 42 % à 66 % entre 2005 et 2006. En considérant les traitements, l'analyse ne révèle pas de différence significative entre eux. Cependant, les variations inter annuelles des rendements (grain et paille) par traitement sont importantes. Cette variation traduit la capacité de chaque traitement à maintenir des rendements constants c'est-à-dire leur potentiel de maintien des rendements. Ces résultats seraient donc liés à l'arrière effet de l'âge du compost .

3.2.5 Impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur l'exportation des nutriments

Les exportations correspondent aux quantités d'éléments fertilisants contenus dans la matière végétale. En comparant les exportations de la première année de culture à celles de la deuxième année de culture de sorgho, on note une augmentation des quantités de nutriments exportées en deuxième année à l'exception de l'azote avec C4, BV et C1. Cette observation est analogue à celle faite par (Houot *et al.*, 2003). En effet, les nutriments apportés par la matière organique sont très mal valorisés en première année. L'effet sur l'exportation est plus perceptible en deuxième année de culture (tableau 15) qu'en première année de culture. L'analyse du tableau 18 sur l'efficacité physiologique révèle que l'arrière effet de l'âge du compost influence l'exportation et l'utilisation des éléments nutritifs. Les résultats observés en deuxième année expriment l'efficacité de l'effet résiduel des différents substrats organiques.

Les indices d'efficacité permettent de faire une analyse plus approfondie sur l'absorption et l'utilisation des nutriments. Ainsi, l'efficacité de recouvrement apparent exprime le taux d'absorption des nutriments apportés par le substrat. Une efficacité de recouvrement élevée indique qu'une plus grande quantité d'éléments nutritifs provenant du

substrat organique épandu est prélevé par la plante. Elle permet également d'apprécier le risque de perte des nutriments et d'expliquer l'arrière effet.

En effet, l'efficacité de recouvrement apparent est fonction de la disponibilité et l'efficacité des nutriments apportés. D'après Mustin (1986), les plantes semblent se nourrir plus efficacement à partir des réserves organo-minérales des sols cultivés, actifs biologiquement, qu'à partir des apports récents d'engrais chimiques solubles. Il en serait de même pour les substrats organiques apportés en 2005. Cela traduit également la mauvaise valorisation des apports organiques en première année.

Par ailleurs, l'arrière effet des substrats organiques stimule la croissance du sorgho en assurant la fourniture de nutriments indispensables à la plante. La fourniture et l'utilisation des nutriments est fonction des quantités d'éléments disponibles dans le sol, du régime hydrique du sol et de l'état physiologique de la plante. Au stade floraison, il y a une migration des réserves minérales de la tige, des feuilles et du rachis vers la panicule pour assurer la fructification (Jacquinot, 1964 cité par Bazié, 1984). La phase de transfert des nutriments détermine l'importance de l'efficacité physiologique.

En 2006, le calcul de l'efficacité physiologique permet de déceler une différence entre les traitements et ce, sur l'utilisation de l'azote. Le traitement BV présente l'efficacité physiologique de l'azote la plus élevée, suivi de C1 et C4. Ces résultats montrent qu'une trop longue période de compostage réduit l'efficacité physiologique de l'azote. La faible différence entre les traitements avec l'efficacité physiologique du phosphore et du potassium serait due aux faibles apports de phosphore et de potassium par les substrats organiques dans les parcelles en 2005 (tableau 1). Cependant, en 2005 l'efficacité physiologique laissait apparaître des différences très considérables entre les traitements pour les efficacités de tous les éléments nutritifs considérés.

L'efficacité agronomique élevée dans les traitements BV et C1 en 2005 traduit une meilleure valorisation des nutriments absorbés par la plante pour la production de grain. Par contre la très faible efficacité agronomique observée dans le traitement C4 en 2005 traduit une mauvaise valorisation des éléments absorbés par la plante.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

La satisfaction des besoins alimentaires des populations ne peut se faire sans l'adoption de pratiques culturales conséquentes, efficaces et durables. L'élaboration de ces techniques culturales devrait intégrer la réalité du paysan afin de faciliter l'appropriation de ces techniques par ces derniers. Ainsi donc, nous nous sommes intéressés à la problématique de l'impact de l'arrière effet de l'âge du compost qui constitue une des préoccupations majeures de certains paysans qui reconnaissent l'importance du compost mais qui éprouvent des difficultés liées à la fabrication du compost. La connaissance de l'impact de l'arrière effet de l'âge du compost est capitale pour optimiser l'utilisation du compost. De ce fait, pour appréhender l'impact de l'arrière effet l'âge du compost sur les propriétés du sol et la production de sorgho, nous nous sommes assignés des objectifs spécifiques.

Le premier objectif de notre étude était de caractériser la fertilité du sol après deux années de monoculture de sorgho avec apport unique de substrats organiques en première année. Cela nous a conduit à la mesure des paramètres chimiques et biologiques du sol. Les résultats obtenus révèlent que les substrats organiques n'ont pas eu d'effet significatif sur les propriétés du sol pendant la première année de culture du sorgho. Cependant, quelques différences significatives entre les traitements apparaissent en deuxième année de culture du sorgho. Ainsi donc, l'arrière effet du compost d'un mois d'âge a influencé positivement et de manière significative la CEC par rapport au compost de 4 mois. Il est de même pour BV sur le carbone du sol par rapport à C4. L'arrière effet du compost de quatre mois d'âge a influencé positivement et de manière significative le pH (KCl) du sol par rapport au témoin et à la bouse de vache. En ce qui concerne l'inventaire de la macrofaune du sol, l'analyse statistique n'a pas montré de différence significative entre les traitements.

Le deuxième objectif était de comparer les rendements (grain et paille) de sorgho dans le but de pouvoir apprécier l'impact de l'arrière effet de l'âge du compost sur la production grain et paille du sorgho. Sachant que la phénologie du sorgho affecte son rendement, nous avons d'abord mesuré la hauteur des plantes, compté le nombre de feuilles par plante et estimé le taux de floraison du sorgho. Nous avons aussi évalué les exportations minérales du sorgho et calculer des indices d'efficacité. Mais l'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements pour tous ces paramètres mesurés à l'exception de l'efficacité de l'azote. En revanche, le compost d'un mois d'âge a induit un rendement

grain significativement supérieur à celui obtenu avec le compost de quatre mois d'âge. Le compost d'un mois d'âge a présenté le meilleur rendement grain. Quant au rendement paille, l'analyse de variance n'a pas révélé de différence significative entre les traitements en 2006 au seuil de 5 % mais a montré que leur arrière effet influence significativement la variation du rendement paille. Il en est de même pour la variation du rendement grain et du rapport grain sur paille. Nous avons également comparé les exportations minérales. L'analyse statistique n'a pas montré de différence significative entre les traitements mais plutôt entre les années. L'analyse des efficacités montre des différences entre les traitements pour l'efficacité physiologique de l'azote en 2006. Ces différences sont dues à la nature du substrat organique. D'après les résultats, le compost d'un mois d'âge assurera une bonne synchronisation entre la mise à disposition des éléments nutritifs du compost et les besoins des plantes. Les hypothèses de départ ont été confirmées pour ce qui concerne le carbone total, l'azote total, la CEC et le pH (KCl) du sol et la production grain de sorgho.

D'une manière générale, la présente étude a permis de relever l'importance de l'arrière effet de l'âge du compost sur les propriétés d'un sol ferrugineux tropical lessivé induré moyennement profond et la production de sorgho. L'analyse globale montre que l'apport des substrats organiques sur ce type de sol a stimulé l'activité biologique. Ce qui a engendré un arrière effet négatif pour certains paramètres. Pour d'autres, il est identique statistiquement à celui du témoin. De cette étude, l'aspect âge du compost retient plus notre attention car le compost d'un mois d'âge a présenté des résultats qui ne sont pas fondamentalement différents de ceux obtenus avec la bouse de vache et le compost de 4 mois et même parfois meilleurs. Cela encourage à la réduction du temps de compostage en un mois. Tout dépend alors du type de proportionnement des différents matériaux de compostage. En matière de gestion de la MO du sol, il est donc préférable d'utiliser de la bouse de vache ou du compost d'un mois d'âge qui maintiennent la matière organique du sol et qui fournissent des rendements acceptables. Cependant, l'utilisation de la bouse de vache même s'il maintient la fertilité du sol et augmente les rendements, elle est source de mauvaises herbes et de parasites du fait qu'elle ne soit pas compostée. L'utilisation du compost d'un mois d'âge est alors meilleure car le compostage permet de résoudre ce problème phytosanitaire. En plus, l'optimisation de la durée du compostage entraîne des résultats semblables à ceux de la bouse de vache d'après nos résultats.

Comparativement à d'autres études, le compost a eu un arrière effet identique à l'effet de première année sur les caractéristiques du sol et parfois meilleur. Pour notre étude, l'année de culture a influencé les résultats et a induit une baisse pour certains paramètres mesurés. L'examen de l'ensemble des résultats nous permet de réaliser que l'impact de l'arrière effet de l'âge du compost dépend des caractéristiques pédoclimatiques.

Après toutes ces analyses, nous pensons que :

- l'utilisation du compost de 1 mois permettra de résoudre la problématique de la disponibilité de la matière organique. Elle permettra d'écourter la durée de fabrication du compost à un mois, de couvrir une grande superficie avec le compost et de réduire les charges liées à la production du compost ;

- des efforts doivent être consentis en matière de vulgarisation pour informer les populations de l'importance de l'utilisation du compost d'un mois d'âge ;

- ce thème doit être approfondi afin d'éclairer davantage l'arrière effet du compost. Pour ce faire, nous estimons qu'il est nécessaire pour les études à venir, que le proportionnement des matériaux lors du compostage soit pris en compte et que les études se fassent dans d'autres conditions pédoclimatiques avec d'autres types de cultures afin de compléter la présente étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anderson J. M. et Ingram, J. S., 1989.** Tropical Soil Biology and Fertility. Handbook of Methods. CAB International, Suxes, 117 p.
- Atlas du Burkina, 1998.** Editions Jeune Afrique, 67 p.
- Bachelier G., 1978.** La faune des sols son écologie et son action, Initiations-Documentations n° 38, ORSTOM, Paris, 391 p.
- Bacýé 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), Thèse Doctorat. Sciences Agronomiques, ORSTOM, Aix Marseille III, 243 p.
- Bacýé B., Moreau R. et Feller C., 1998.** Décomposition d'une poudrette de fumier dans un sol sableux de versant et un sol argilo-limoneux de bas-fond en milieu soudano-sahélien, Etude et Gestion des Sols, 5, 2, pp 83-92.
- Bationo A. and Mokwunye A. U., 1991.** Role of manure and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production, with special reference to the sahelian and sudanian zones of West Africa. Fert. Res. 29:117-125.
- Bationo A. And Vlek P. L. G, 1998.** The role of nitrogen fertilisers applied to food crops in Sudano-Sahelian zone of West Africa in : « Soil fertility in west african land use systems », Proceeding of the Regional Workshop, University of Hohenhing, ICRISAT Sahelian centre and INRAN, Weikerheim : Margraf, Germany, pp 41-51.
- Bazié, Y., 1984.** Valorisation des résidus cultureux dans la zone du plateau mossi : ...amélioration de la qualité des composts (Station Agronomique de SARIA)- Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur du Développement Rural, option Agronomie IDR/UPB, Bobo-Dioulasso, 104 p.
- Berger M., 1991.** La gestion des résidus organiques à la ferme, in : « Savane d'Afrique, terres fertiles ? » Actes des Rencontres Internationales 10-14 Décembre 1990, Montpellier, Ministère de la Coopération et du Développement/ CIRAD, pp 293-315.
- Berger, M., 1996.** L'amélioration de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne, Collection Agriculture et Développement, n° hors série, fiches 1-8.
- Bland R. G. and Jaques H. E., 1947.** How to know the insects, third edition, wmc Brown Company publishers, Dubuque, Iowa, 409 p.

- Bolan N. S., Adriano D. C., Natesan R. and Koo B. J., 2003.** Effects of organic amendments on the reduction and phytoavailability of chromate in mineral soil. *J. Environ. Qual.*, 32:120-128.
- BUNASOLS, 1985.** État de connaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso. Document technique N°1; 50 p+ annexes.
- Cattan P., Letourmy P., Zagré B., Minougou A. et Compaoré E., 2001.** Rendement de l'arachide et du sorgho en rotation sous différents itinéraires techniques au Burkina Faso, *Cahier d'études et de recherches francophones / Agricultures*. Vol. 10, N° 3 pp 159-172. John Libbey.
- CEAS, 2004.** Etude pédologique du jardin de recherche appliquée et de formation, Echelle 1/100^{ème}, Centre Ecologique Albert SCHWEITZER-Burkina Faso, 47 p.
- Chen Y. 2003.** Nuclear magnetic resonance, infra-red and pyrolysis: application of spectroscopic methodologies to maturity determination. *Compost Science & Utilization*, 11, 2:152-168.
- Chenu C. 2002.** Conséquences agronomiques et environnementales du stockage de carbone dans les sols agricoles in : « Stocker du carbone dans les sols agricoles de France », Rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, édité par INRA, pp 60-62
- Compaoré E. et Sédogo M. P., 2002.** Influence des pratiques agricoles sur la fertilité phosphorique dans les sols du Burkina Faso, in : Actes du V^e édition du FRSIT sur « la Recherche Scientifique et Technologique et Stratégies de lutte contre la pauvreté », les communications « Agronomie », CNRST, pp 173-180.
- Dakouo D., Trouche G., Bâ M. et Zongo A., 2002.** Perspectives de lutte contre la cécidomyie du sorgho, *Stenodiplosis sorghicola*, une contrainte majeure à la production de sorgho dans les zones Centre Ouest et Est du Burkina Faso, in : Actes du V^e édition du FRSIT sur « la Recherche Scientifique et Technologique et Stratégie de lutte contre la pauvreté », les communications « Agronomie », CNRST, pp 29-40
- Delville L. P., 1996.** Gérer la fertilité des terres dans les pays du sahel. Diagnostic et conseil aux paysans, col. Le point sur, Coopération Française, CTA, GRET, France, 397 p.
- Dugué P., Le Gal P-Y., Lelandais B., Picard J. et Piraux M., 1998.** Modalités d'intégration de l'agriculture et de l'élevage et impact sur la gestion de la fertilité du sol en zone soudano-sahélienne in : « Soil fertility in west african land use systems », Proceeding of the Regional Workshop, University of Hohenheim, ICRISAT Sahelian centre and INRAN, Weikerheim:Margraf, Germany, pp 369-380.

- Emmerling C. C., Liebner, Haubold-Rosar M., Katzur J., and Schröder D., 2000.** Impact of application of organic waste materials on microbial and enzyme activities of mine soils in the Lusatian coal mining region. *Plant and Soil*, 220:129-138.
- FAO, 1988.** Aménagement du sol : production et usage du compost en milieu tropical, Rome, 165 p.
- FAO, 1994.** Systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne Dakar, Sénégal, 10-14 janvier , FAO / CIRAD.
- FAO, 2005.** Méthode de compostage au niveau de l'exploitation agricole, par Misra R.V., Roy R.N. et Hiraoka H., Rome.
- Feller C. et Beare M.H., 1997.** Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma* 79 (1-4), 69-116.
- Feller C., Bernhardt-Reversat F., Garcia J. L., Pantier J. J., Roussos S. et Van Vliet-Lanoe B., 1983.** Etude de la matière organique de différentes fractions granulométriques d'un sol sableux tropical. Effet d'un amendement organique (compost), cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XX, vol n° 3, pp 223-238.
- Feller C., Ganry F. et Cheval M., 1981.** Décomposition et humification des résidus végétaux dans un agro-système tropical, Extrait de l'Agronomie Tropicale XXXVI-1
- Feller C. et Ganry F., 1982.** Décomposition des résidus végétaux dans un agro-système tropical, Effet du compostage et de l'enfouissement de divers résidus de récolte sur la répartition de la matière organique dans les compartiments d'un sol sableux (1), *Agronomie Tropicale* XXXVII 3, ORSTOM, pp 262-269.
- Fontes J. et Guinko S., 1995.** Carte de la végétation et de l'occupation du sol au Burkina Faso, notice explicative, Ministère de la coopération française. *Projet Campus*, 67 p + bibl, cartes, tabl.
- Franco, C., 2003.** Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage-Recherche d'indicateurs pertinents-Thèse de Doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, décembre 2003, 242p.
- Fuchs J. G., 2002.** Practical use of quality for plant health and vitality improvement, Eds Insam H., Riddech N., Klammer S., *microbiology of composting*, springer-verlag Berlin Heidelberg, pp 436-444.
- Fuchs J. G., Baier U., Berner A., Mayer J., Tamm L. and Schleiss K., 2006.** Potential of different composts to improve soil fertility and plant health, *ORBIT*, Part 2 pp 507-517.

- Ganry F., 1991.** Valorisation des résidus organiques à la ferme et maintien de la fertilité du sol. Un itinéraire technique progressif appliqué à la culture de maïs au sud-Sénégal in : « Savanes d'Afrique, terres fertiles ? Actes des Rencontres Internationales », Montpellier 10-14 décembre 1990, Ministère de la coopération et du Développement / Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), France pp 317-356.
- Gobat J. M., Aragno M. and Matthey W., 2003.** Le Sol vivant Bases de pédologie Biologie des sols, Deuxième Ed., Presse polytechniques et universitaires romandes, 568 p.
- Guinko S., 1984.** Végétation de la haute volta, thèse doctorat ès-Sciences Naturelles. Université de Bordeaux III, tome 1, 318 p.
- Habtegebrial H., Singh B. R. and Haile M., 2007.** Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) and soil properties, *Soil and tillage research* 94 pp 55-63.
- Hien V., Sédogo P. M. et Lompo F., 1994.** Gestion de la fertilité des sols au Burkina Faso. Bilan et perspectives pour la promotion de systèmes agricoles durables dans la zone soudano-sahélienne in : « Promotion des systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne . Dakar, Sénégal, 10-14 janvier » FAO / CIRAD, Rome, pp 47-60.
- Hoitink J. A. H., Stone A. G. and Han D. Y., 1997.** Suppression of plant diseases by compost, *HortScience* 32 pp 184-187.
- Houot S., Francou C., Verge L. C., Bourgeois S., Lineres M., Morel P., Parnaudeau V., Le Bissonais Y., Dignac M. F., Dumat C., Cheiab A. et Poitrenaud M., 2003.** Agriculture et épandage des déchets in : « Les Dossiers de l'environnement de l'IRA » n° 25 (6 ref), INRA, Paris, France, pp 107-123.
- Iannotti, D. A., M. E Grebus, B. L. Toth, L. V. Madden, and A. J. Hoitink. 1994.** Oxygen respirometry to assess stability and maturity of composted municipal solid waste. *J. Environ. Qual.*, 23:1177-1183.
- INERA, 2000.** Rapport sur les acquis scientifiques (1992-1999) du département gestion des ressources naturelles et systèmes de production (GRN/SP). Ouagadougou, 139 p.
- INERA, 2004.** Rapport final du Projet 83 « Recherche sur des technologies de lutte contre la désertification au sahel et étude de leur impact agro-écologique » Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Ouagadougou, 91 p.
- INSD, 1996.** Population résidente des départements, communes, arrondissements et provinces, Institut National de la Statistique et du Développement, 46 p.

- Janssen B.H., 1993.** Gestion intégrée de la fertilisation : l'emploi des engrais organiques et minéraux, in : Rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures, Ponsen et Looijen, Wageningen, Pays-Bas, pp 99-118.
- Kaboré, W-T. et T., 2005.** Usage des fumures organiques dans les systèmes de culture et viabilité des agro-systèmes en zone soudano-sahélienne : cas du zaï à Ziga dans le Yatenga (Burkina Faso), Mémoire de Master Spécialisé de la conférence des grandes écoles en Développement Agricole Tropical, option Agronomie et innovations en milieu rural, CNERAC-Montpellier, 103 p.
- Kara A., Ndjeunga J. et Ouédraogo A., 2002.** Gestion de la fertilité dans les systèmes de production à base de mil et de sorgho au Burkina Faso : pratiques actuelles, contraintes et opportunités in : Actes du Vè FRSIT sur « la Recherche Scientifique et Technologique et Stratégie de lutte contre la pauvreté », les communications « Agronomie », CNRST, pp 213-220.
- Karl M., Müller-Sämman and Kotschi J., 1994.** Sustainable growth, Soil fertility management in tropical smallholding, CTA, GTZ, Weikersheim : Margraf, Germany
- Kouassi P., 2002.** Abondance, diversité et dynamique des populations de termites souterrains d'écosystèmes de savane de Côte d'Ivoire, BIOTERRE, Rev. Inter. Sci. de la Vie et de la Terre, N° Spécial, Acte de colloque international, Centre Suisse du 27-29 Août 2001, Ed. Universitaires de Côte d'Ivoire, Laboratoire de Zoologie-Biologie Animale, UFR Bioscience, Abidjan, Côte d'Ivoire, pp 86-99.
- Larbi M., 2006.** Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques, Thèse Doctorat ès-sciences, Faculté des sciences de l'université de Neuchâtel / Institut de botanique, 161 p. FiBL.
- Le Bissonnais Y. et Le Souder C., 1995.** Etude de gestion des sols, 2,1, pp 43-56.
- López Bellido L., López Bellido R. J. and López Bellido F. J., 2006.** Fertilizer Nitrogen Efficiency in Durum Wheat under Rainfed Mediterranean Conditions : Effect of Split Application. Publish in Agron. J. Nitrogen Management, 98 : 55-62.
- Mabrouk A., Tielkes E. et Krieglin M., 1998.** Conservation des eaux et des sols : Leçons des connaissances traditionnelles de la région de Tahoua, Niger in : « Soil fertility in west african land use systems », Proceeding of the Regional Workshop, University of Hohenheim, ICRISAT Sahelian centre and INRAN, Weikerheim : Margraf, Germany, pp 469-473.

- Madong B., 2004.** Soil Macofauna Community Structure along a gradient of Land Use Intensification in the Humid Forest Zone of Southern Cameroon. Tropical Resource Management Papers, Wageningen University, Pays Bas, 197 p.
- MAE, 2002.** Mémento de l'agronome, Ministère des Affaires Etrangères, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) et Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET), 5^{ème} éd., France, 1691 p.
- MAHRH, 2004.** Résultats de l'enquête permanente agricole, campagne 2002-2003, Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques.
- Mcquilken M. P., Whipps J. M. and Lynch J. M., 1994.** Effects of water extracts of composted manure-straw mixture on the plant pathogen *Botritis cinerea*, World Journal of Microbiology and Biotechnology 10, pp 20-28.
- MFC, 1991.** Mémento de l'Agronome, Ministère Français de la Coopération, 4^{ème} éd., 1635 p
- Monique M., 1983.** Paysage agraire de haute volta, Analyse structurale par la méthode graphique, 115 p+ graphique + carte.
- MRA, 2001.** Statistiques du secteur de l'élevage au Burkina Faso, Ministère des Ressources Animales année 2000.
- Mustin M., 1987.** Le compost, Gestion de la matière organique, Edition François Dubusc, Paris, 954 p.
- Ouédraogo E. et Gouba A. N., 2006.** Gestion durable de la fertilité des sols, CEAS-BF, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Ouédraogo E., 1993.** Etude de l'impact d'un amendement de compost sur sols ferrugineux tropicaux lessivés en milieu paysan. Impact sur la production du sorgho, Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur du Développement Rural, option Agronomie, Université de Ouagadougou, 113 p.
- Ouédraogo E., 2004.** Le compostage pour l'amélioration de la fertilité et de la production agricole au Sahel, imprimerie AD, CEAS, 31 p.
- Ouédraogo E., Mando A. and Brussaard L., 2004.** Soil macrofaunal-mediated organic resource disappearance in semi-arid West Africa. Applied Soil Ecology 27 pp 259-267.
- Ouédraogo E., Mando A. and Zombré N. P., 2001.** Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in west Africa Agriculture, Ecosystems and environment 84, 259-266.

- Pfirter A., Von A., Hirschheydt V. A., Ott P. et Vogtmann H., 1985.** Le compostage. Introduction à l'utilisation rationnelle des déchets organiques, « Migros-S-Production », coopérative migros Argovie / Soleure 46 p.
- Pieri C., 1991.** Les bases agronomiques de l'amélioration et du maintien de la fertilité des terres de savanes au sud du Sahara in : « Savanes d'Afrique, terre fertiles ? Actes des Rencontres Internationales, Montpellier 10-14 Décembre 1990, Ministère de la coopération et du Développement / Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), France pp 43-74.
- Pieri, C., 1989.** Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente années de recherche et de développement au Sud du Sahara. Ministère de la Coopération Française - CIRAD Montpellier, 444 p.
- Pinto Toyi A. K., Bationo A. et Ayuk E., 1998.** Evaluation agronomique et économique des engrais organiques et minéraux dans différentes zones agro-écologiques du Togo in : « Soil fertility in west african land use systems », Proceeding of the Regional Workshop, University of Hohenhng, ICRISAT Sahelian centre and INRAN, Weikerheim : Margraf, Germany, pp 67-72.
- Randrianjafy Z. J. N., 2005.** Le compost biologique pour faire augmenter la production agricole et préserver la stabilité des écosystèmes, 6 p.
- Renard G., Neef A., Becker K., Oppen M. V., 1998.** Soil fertility in west african land use systems, Proceeding of the Regional Workshop, university of Hohenhng, ICRISAT Sahelian centre and INRAN, Weikerheim : Margraf, Germany, 600 p.
- Richard C., Khodja A., Hall ter A., Guyot G., Rossi A., 2006.** Les matières organiques issues de composts pour l'élimination des polluants organiques à la lumière solaire in : Matières organiques en France. Etat de l'Art et Perspectives 22-24 janvier 2006 Carqueiranne.
- Rivero C., Chirenje T., Ma L. Q. et Martinez G., 2004.** Influence of compost on soil organic matter quality under tropical conditions, Geoderma 123 pp 355-361.
- Sédogo P. M., 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 azoté des cultures. Thèse docteur ingénieur, INPL Nancy ,135 p.
- Sédogo P. M., 1993.** Influence des sols ferrugineux lessivés sous cultures : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de Doctorat ès Sciences, Université de Côte d'Ivoire, Abidjan, 330 p.

- Soltner D., 1986.** Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol, col. Sciences et Techniques Agricoles, Angers, 14^{ème} Edition, 465 p.
- Thuries L., Larré-Lorrouy M. C. and Feller C., 2000.** Influences organic fertilization and solarization in a greenhouse on particle size fractions of Mediterrean sandy soil. *Biol Fertil Soils* 32 : 449-457. Springer-Verlag.
- Tisdall J. M., et Oades J.M., 1982.** Organic matter and water-stable aggregates in soils, *J.soils. Sci*, 33, pp 141-163.
- Trouche G., Da S., Pale G., Sohero A., Ouédraogo O. et Den-Gosso G., 2001.** Evaluation participative de nouvelles variétés de sorgho au Burkina, Sélection participative, Montpellier 5-6 Septembre, pp 36-55.
- Waksman, S.A., 1938.** Humus. Origin, chimical composition and importance in nature , 2nd ed. The Williams and Wilkins Company, Baltimore, London, revised.
- Weltzien H. C., Budde K., Ketterer N., Samerski C. et Stindt A., 1989.** Amélioration de la santé de la plante par l'apport de matière organique compostée et d'extraits de compost in: « Alternatives agricoles et auto-suffisance alimentaire pour une agriculture économe et respectueuse de l'homme et de son environnement », Communication de la septième conférence scientifique internationale de l'IFOAM du 2-5 Janvier 1989, IFOAM, pp 395-397.
- Zhang W., Dick W. A., Davis K. R., Tu J.C., Hoitink H. A. J., Duffy B., Rosenberger U. and Défago G., 1997.** Systemic acquired resistance induced by compost and compost water extract in Arabidopsis, *Molecular approaches in biological control*, Delémont, Switzerland, 21: 129-132.
- Zhang W., Han D. Y., Dick W. A., Davis K. R. and Hoitink H. A. J., 1998.** Compost and *American Phytopathological Society*. 88, 5, pp 450-455.

Annexe 1 : FICHE TECHNIQUE SORGHO

VARIÉTÉ SARIASO 14

Synonyme : CEF 322/53-1-1, CIRAD 437
Origine : Burkina Faso (INERA/CIRAD Saria)

DESCRIPTION ET CARACTÈRES AGRONOMIQUES

Cycle semis-floraison : 76 à 82 jours	Vigueur à la levée : très bonne
Cycle semis – maturité : 110 à 115 jours	Résistance à la sécheresse : résistance au stade post-floraison
Photosensibilité : moyenne	Résistance à la verse : assez résistante
Hauteur de plante : 1,90 m	Résistance au Striga : tolérante
Couleur du feuillage : anthocyané	Résistance aux maladies et insectes :
Forme de la panicule : oblongue	-maladies foliaires : assez résistante
Compacité de la panicule : semi-compacte	-moisissures des grains : assez résistante
Couleur du grain : blanc	-cécidomyie : moyennement résistante
Vitrosité du grain : semi-vitreux	

Rendement grain potentiel : 5 t/ha
Rendement grain moyen en milieu paysan : 1,7 t/ha (29 tests région Centre de 1997 à 1999)
Gain moyen de rendement par rapport aux variétés locales en milieu paysan : +30 % (29 tests)

Points forts :

- productivité élevée
- excellente régularité de rendement
- tolérance à la sécheresse post-floraison
- haut degré de résistance aux maladies

Points faibles :

- tâches rouges sur les grains

AIRE DE CULTURE : zone entre les isohyètes 600 et 900 mm

Information complémentaires auprès de :

INERA/Station de Saria, Section Sorgho, BP 10 Koudougou, Tel/Fax : 50-44-00-42.

Annexe 2 : Quelques vues sur les méthodes



Photo n° 1 : Le cadre métallique enfoncé dans le sol



Photo n° 2 : Fouille des monolithes



Photo n°3 :Mensuration des plants

Annexe 3 : Quelques vues sur les différents stades de développement du sorgho



Photo n° 4 : Vue d'ensemble de l'essai au stade végétatif



Photo n° 5 : Vue d'ensemble de l'essai au stade de floraison-épiaison

Annexe 4 : Données sur la phénologie du sorgho

Tableau 2: Evolution de la taille de sorgho au cours du temps (cm)

Bloc	Traitement	6 SAS	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS	11 SAS	12 SAS
BLOC I	C4-B1	86,63	110,31	130,50	152,63	175,44	183,69	184,25
	BV-B1	60,88	84,31	111,56	141,13	171,31	182,25	185,38
	C1-B1	108,00	133,13	153,19	166,88	191,44	194,31	195,13
	T-B1	108,69	133,56	154,31	173,19	194,50	199,31	199,50
BLOC II	C4-B2	64,50	83,00	106,44	133,56	153,38	166,00	169,94
	BV-B2	104,38	130,69	152,56	169,88	192,06	196,00	196,13
	C1-B2	115,88	144,38	167,44	189,38	206,19	207,94	208,00
	T-B2	114,56	145,00	170,38	187,38	209,13	210,56	210,81
BLOC III	C4-B3	87,38	114,56	144,56	168,19	182,25	189,75	190,69
	BV-B3	63,19	82,88	108,63	143,50	171,75	182,63	184,81
	C1-B3	113,56	136,44	154,50	169,13	189,19	191,50	192,06
	T-B3	58,50	76,88	99,13	125,69	146,69	163,13	166,94

Tableau 3: Evolution du nombre de feuille au cours du temps

Bloc	Traitement	7 SAS	8 SAS	9 SAS	10 SAS	11 SAS	12 SAS
BLOC I	C4-B1	8	8	8	8	7	7
	BV-B1	6	7	8	8	7	6
	C1-B1	8	8	9	8	7	7
	T-B1	8	9	9	9	8	7
BLOC II	C4-B2	6	6	7	7	7	6
	BV-B2	8	8	9	8	7	7
	C1-B2	9	10	10	9	8	8
	T-B2	8	9	9	8	7	6
BLOC III	C4-B3	7	8	8	8	7	6
	BV-B3	6	8	8	9	8	7
	C1-B3	8	8	9	8	7	6
	T-B3	6	6	7	7	7	6

Suite Annexe 4

Tableau 4: Evolution du taux de floraison au cours du temps (%)

Bloc	Traitement	10 SAS	11 SAS	12 SAS
BLOC I	C4-B1	31,25	68,75	0,00
	BV-B1	37,50	18,75	43,75
	C1-B1	62,50	31,25	0,00
	T-B1	68,75	31,25	0,00
BLOC II	C4-B2	12,50	50,00	37,50
	BV-B2	75,00	18,75	6,25
	C1-B2	87,50	6,25	6,25
	T-B2	87,50	12,50	0,00
BLOC III	C4-B3	43,75	56,25	0,00
	BV-B3	31,25	50,00	12,50
	C1-B3	87,50	12,50	0,00
	T-B3	0,00	68,75	31,25

Annexe 5 : Données sur les rendements du sorgho

Tableau 5: Evolution du rendement grain et paille au cours des deux ans (kg/ha)

		Année 2005		Année 2006	
Traitements		Rendement grain	Rendement paille	Rendement grain	Rendement paille
BLOC I	C4-B1	2209,60	8080,81	1262,63	2525,25
	BV-B1	2304,29	6439,39	1704,55	2209,60
	C1-B1	2209,60	7070,71	1893,94	3440,66
	T-B1	2714,65	10101,01	1893,94	4103,54
BLOC II	C4-B2	1988,64	6376,26	1136,36	1388,89
	BV-B2	2651,52	9343,43	1830,81	3188,13
	C1-B2	3049,24	7323,23	1893,94	3409,09
	T-B2	2683,08	9343,43	2051,77	3693,18
BLOC III	C4-B3	1420,45	5839,65	1452,02	2525,25
	BV-B3	2209,60	4356,06	1515,15	1515,15
	C1-B3	1515,15	5145,20	1830,81	3030,30
	T-B3	1136,36	3093,43	946,97	1294,19

Annexe 6 : Données sur l'inventaire de la macrofaune du sol

Tableau 6: Composition et abondance de la macrofaune du sol exprimé en individu / m²

Bloc	Traitement	Horizon	Termites	Fourmis	Coléoptères	Diptères	Myriapodes	Vers de terre	Autres	
BLOC I	C4	0_10	0	0	0	0	37	16	0	
		10_30	352	0	0	0	27	0	0	
	BV	0_10	48	0	0	0	11	11	0	
		10_30	107	11	0	0	11	5	245	
	C1	0_10	5	0	5	0	0	0	0	
		10_30	117	0	0	0	0	0	0	
	T	0_10	272	11	0	5	11	0	0	
		10_30	885	5	0	0	0	0	0	
	BLOC II	C4	0_10	0	0	0	0	0	5	0
			10_30	27	0	0	0	0	5	0
BV		0_10	5	149	5	0	0	0	0	
		10_30	133	133	0	5	5	0	27	
C1		0_10	0	0	0	0	0	0	0	
		10_30	0	0	0	0	0	0	0	
T		0_10	21	5	0	0	0	0	0	
		10_30	91	16	0	0	0	5	0	
BLOC III		C4	0_10	85	0	0	5	11	0	0
			10_30	16	16	0	5	0	0	11
	BV	0_10	16	0	5	0	0	5	0	
		10_30	384	5	11	0	11	0	5	
	C1	0_10	0	0	0	0	0	0	5	
		10_30	0	11	0	0	0	11	5	
	T	0_10	181	16	5	5	11	0	0	
		10_30	123	5	0	0	0	5	0	