

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE
DE BOBO-DIOULASSO
(U.P.B)

INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT
ET DES RECHERCHES AGRICOLES
(I.N.E.R.A)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL
(I.D.R)

CENTRE REGIONAL DE RECHERCHES
ENVIRONNEMENTALES ET
AGRICOLES DU NORD - OUEST
(CRREA-NO)

PROGRAMME GRN-SP



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*Présenté en vue de l'obtention du
DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL*

OPTION : AGRONOMIE

THÈME :

***CONTRIBUTION A L'ANALYSE DES CRITERES DE DURABILITE DU ZAI
DANS LE YATENGA : EFFETS DU ZAI SUR LE NIVEAU ORGANIQUE ET MINERAL
DES SOLS ET SUR LES RENDEMENTS DU SORGHO
DANS LE YATENGA ET LE ZANDOMA***

Directeur de mémoire : Dr BACYE Bernard

Maître de stage : Mr SAWADOGO Hamado



Juin 2000

DAKIO Louba

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	V
RESUME.....	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	VIII
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES ANNEXES.....	X
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	X
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : LE ZAI ET SON MILIEU.....	4
CHAPITRE I : MILIEU DE L'ETUDE	6
1-1 milieu physique	6
1-1.1 Situation géographique.....	6
1-1.2 Géomorphologie.....	6
1-1.3 Végétation.....	6
1-1.4 Sols	7
1-1.5 Climat	7
1-1.5-1 Pluviométrie	8
1-1.5-2 Températures.....	8
1-1.5-3 Humidité atmosphérique et évaporation.....	9
1-1.5-4 Vents et saisons	9
1-2 Milieu humain et activités socio-économiques	10
1-2.1 Population	10
1-2.2 Activités socio-économiques.....	11
1-2.2-1 Agriculture	11
1-2.2-2 Elevage.....	12
1-2.2-3 Autres activités.....	12
1-2.3 Zonage de la région	13
CHAPITRE II : ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE « ZAI ».....	14
2.1 Définition de quelques mots et concepts utilisés.....	14
2-1.1 « Zipellé »	14
2-1.2 « zaï »	14
2-1.3 Paysan Innovateur.....	14
2-1.4 Matière organique.....	15
2-1.5 Eléments minéraux nutritifs des plantes	15
2-2 Historique et évolution du « zaï »	17

	II
2-3 Caractéristiques techniques de l'innovation.....	17
2-3.1 Creusage des poquets.....	17
2-3.2 Epannage de la matière organique.....	18
2-3.3 Semis.....	19
2-3.4 Sarclo-binages.....	19
2-3.5 Différents types de « zaï » dans la zone.....	19
2-3.5-1 Le « zaï » traditionnel :.....	19
2-3.5-2 Les « zaï » améliorés :.....	19
2-3.5-3 Les « zaï » mécaniques.....	20
2.3.6 Types de sols concernés par le « zaï ».....	20
2-3.7 Difficultés et avantages liés à la pratique du « zaï ».....	21
DEUXIEME PARTIE : EXPERIMENTATIONS AU CHAMP.....	22
CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE.....	23
3-1 Problématique des ressources organiques pour le « zaï ».....	23
3-1.1 Situation des ressources naturelles.....	23
3-1.2 Rôle des ressources organiques dans le système.....	23
3-2 Problématique du bilan organique et minéral de la parcelle sous « zaï ».....	25
3-2.1 Termes et méthodes d'évaluation du bilan organique.....	25
3-2.2 Termes et méthodes d'évaluation du bilan minéral.....	26
3-3 Objectifs et justifications de l'étude.....	27
3-3.1 Objectifs globaux.....	27
3-3.2 Objectifs spécifiques.....	27
3-3.3 Justification.....	28
CHAPITRE IV : APPROCHE METHODOLOGIQUE.....	30
4-1 Démarche de recherche.....	30
4-1.1 Choix des exploitations.....	30
4-1.2 Opérations exécutées et paramètres suivis.....	31
4-1.2-1 Choix des parcelles expérimentales.....	31
4-1.2-2 Choix du matériel végétal.....	31
4-1.2-3 Caractérisation des sols.....	31
4-1.2-4 Echantillonnage et caractérisation chimique de la matière organique.....	32
4-1.2-5 Caractérisation du « zaï » pratiqué.....	32
4-1.2-6 Choix des doses de matière organique à tester.....	33
4-1.2-7 Dispositifs expérimentaux.....	33
4-1.2-8 Méthodes d'analyses de laboratoire.....	36
4-1.2-9 Suivi des pratiques paysannes du « zaï ».....	37
4-1-2-10 Observation de la croissance et du développement des plants.....	37
4-2 Approche du bilan organo-minéral de la parcelle sous « zaï ».....	38
4-2-1 Bilan organique.....	38
4-2-2 Bilan minéral.....	41
4-2-3 Les limites de ce bilan sous «zaï ».....	44
4.3 Chronogramme des observations.....	45

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS	47
5-1 Caractéristiques de la campagne agricole.....	47
5.2.- Caractérisation des sols et de la matière organique.....	47
5.2.1- <i>Caractéristiques des sols utilisés</i>	47
5.2.2 <i>Caractéristiques chimiques de la fumure utilisée</i>	49
5-3 Améliorations paysanne du « zaï ».....	50
5-3.1 <i>Planification des opérations d'aménagement</i>	50
5-3.2 <i>Taille des poquets</i>	52
5-3.3 <i>Les semis</i>	53
5-3.3-1 <i>Densité de semis</i>	53
5-3.3-2 <i>Méthodes de semis</i>	54
5-3.4 <i>Dose de fumure pratiquée</i>	55
5-3.5 <i>La gestion des parcelles</i>	56
5-3.6 <i>La récolte et la gestion des résidus</i>	57
5-3.7 <i>Discussions partielles</i>	58
5-4 Effets de la pratique culturale.....	59
5-4.1 <i>Effets sur les semis et la levée</i>	59
5-4.1-1 <i>les semis</i>	59
5-4.1-2 <i>Les levées</i>	60
5-4.2 <i>Effets de la pratique culturale sur la croissance des plants</i>	61
5-4.3 <i>Effets sur l'épiaison des cultures</i>	64
5-4.4 <i>Les rendements expérimentaux</i>	65
5-4.4.1 <i>Cas de l'étude comparée de la dose de matière organique combinée au type d'aménagement</i>	66
5-4.4.2 <i>Cas du test de comparaison de trois sources de matière organique</i>	71
5-4.5 <i>Discussion des résultats</i>	73
5-5 Approche du bilan organo - minéral.....	75
5-5.1 <i>Les réserves organo – minérales des sols</i>	75
5-5.2 <i>Les apports organiques et minéraux</i>	76
5-5.2-1 <i>Les apports organiques</i>	76
5-5.2-2 <i>Les apports atmosphériques</i>	76
5-5.3 <i>Absorption des éléments minéraux par les cultures</i>	78
5-5.3-1 <i>Les teneurs en éléments minéraux des cultures</i>	78
5-5.3-2 <i>Immobilisation des éléments minéraux par les cultures</i>	79
5-5.4 <i>Quel bilan en tirer</i>	81
5-5.4.1 <i>Bilan organique</i>	82
5-5.4-2 <i>Le bilan minéral</i>	85
5-5.5 <i>Conclusion partielle</i>	88

	IV
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS.....	90
* Conclusions essentielles de l'étude	90
- <i>Les améliorations paysanne du « zai »</i>	90
- <i>Les productions</i>	90
- <i>Le niveau organique et minéral des sols</i>	91
* Recommandations	91
- <i>Pour l'étude</i>	91
- <i>Pour la structure de recherche et le projet C.E.S-II</i>	92
- <i>Pour les décideurs politique</i>	93
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	94
ANNEXES.....	97

REMERCIEMENTS

Le présent rapport est le résultat d'un travail de neuf (9) mois que nous avons effectué à l'Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (IN.E.R.A) du Burkina Faso, sous l'encadrement d'une équipe de chercheurs et d'un professeur de l'Institut du Développement Rural (I.D.R) de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.

Ce travail qui pour notre part s'inscrit dans le cadre du stage de fin d'études d'Ingénieur du Développement Rural (option agronomie),a été rendu possible grâce à bienveillance ; de la Direction des études et des stages de l'I.D.R d'une part, de la coordination du projet C.E.S-II et de l'équipe GRN/SP-Nord Ouest d'autre part. Aussi nous est-il sincèrement agréable, aux termes de ce stage, de leur exprimer à tous nos sincères remerciements.

Nous saisissons l'occasion de ce rapport pour réitérer nos sentiments de profonde gratitude :

- à Monsieur BACYE Bernard notre directeur de mémoire, pour son suivi, ses conseils, et pour la patience dont il a fait preuve à notre égard.
- à Monsieur HIEN. G. Fidèle, coordonnateur du projet C.E.S-II qui a bien voulu, non seulement nous recevoir dans son équipe, mais aussi accepté de trouver, au dépend de son calendrier, le temps et les ressources nécessaires à la planification de cette étude.
- à Monsieur SOHORO Adama, chef de programme de l'équipe GRN/SP – Nord Ouest, en qui nous avons toujours trouvé une grande disponibilité malgré ses occupations.
- à Monsieur SAWADOGO Hamado notre maître de stage qui, au risque de sa vie n'a ménagé aucun effort pour nous éviter le découragement et les écueils, et pour lequel nous nourrissons l'espoir qu'il trouve à travers le présent rapport, une petite consolation.

A toute l'équipe IN.E.R.A / TOUGAN ; en particulier Monsieur SANON A., Monsieur SERME Sounkali et Madame KOMBOUDRI , pour la chaleur de leur collaboration.

Ces remerciements vont aussi :

- à toute l'équipe O.R.F.A auprès de laquelle nous avons trouvé l'abri et le réconfort nécessaires pour cette épreuve,

- au Directeur Provincial de l'Agriculture du Yatenga ; Monsieur THIONBIANO Mahamane et à ses collaborateurs, en particulier Monsieur SAWADOGO ISSA, pour l'assistance morale, matérielle et technique dont nous avons bénéficié de leur part pendant ce stage.

Nous manquons de mots pour exprimer au réseau des *Paysans Innovateurs* (P.I) du Yatenga et du Zandoma avec lesquels nous avons travaillé, l'admiration et le respect que nous avons pour leur courage et pour leur savoir. Nous gardons d'eux, un très beau souvenir.

Que chacun trouve à travers ces quelques lignes, le résultat de ses sacrifices et la satisfaction d'un service rendu, d'un exemple donné.

RESUME

La zone de stage (le Yatenga) se situe au nord du Burkina Faso, à la lisière du Sahel Burkinabe. Dans cette partie du pays où la sécurité alimentaire n'est plus assurée depuis le cycle de sécheresse qui a démarré autour des années 70, le « zaï » a été identifié comme une technique simple et adaptée permettant de récupérer les sols dégradés (les zipellés), et de capter et valoriser jusqu'aux plus petites quantités d'eau tombée. Ladite technique fait cependant appel à des ressources agro-biologiques et socio-économiques dont la disponibilité reste limitée dans la zone.

C'est pour répondre aux interrogations sur les facteurs limitant l'adoption et l'expansion du « zaï », que la présente étude a été initiée depuis 1998 par l'INE.R.A et ses partenaires.

Pour la présente étape, l'étude avait pour objectifs globaux d'établir à l'échelle de la parcelle sous « zaï », le bilan de l'utilisation de la matière organique, et de proposer aux paysans, des doses pratiques de fumure pour une gestion plus rationnelle de la matière organique, jamais suffisante pour fumer toute l'exploitation en une même année.

L'expérimentation mise en place à cet effet sur six (6) exploitations conduites par des paysans innovateurs a ainsi testé deux (2) doses de matière organique, associées aux deux (2) types d'aménagement les plus usités dans la zone.

Malgré les limites réelles du bilan organo-minéral élaboré, l'étude a révélé des résultats instructifs sur la très grande variabilité de la pratique et sur les effets positifs de la matière organique sur d'une part le développement, l'épiaison et les rendements d'une culture de sorgho, et d'autre part sur l'évolution du niveau organique et minéral des sols.

Ces effets sont plus élevés avec la dose paysanne (complète) de matière organique. Ils sont encore plus accrus en présence d'un dispositif permettant en plus de la fumure, d'améliorer la disponibilité de l'eau aux cultures.

Dans les conditions un peu particulières de la présente campagne (assez bien arrosée à partir de l'installation des pluies), les rendements moyens obtenus sur les tests n'ont pas été très significatifs sur le plan statistique. Ils semblent cependant suffisants pour susciter la curiosité et l'intérêt des paysans qui se sont déclarés prêts à essayer la demi-dose de matière organique.

Devant les limites du bilan organo-minéral brut sur lequel s'est basée la réflexion, l'étude met en relief l'intérêt pour la recherche de travailler à la conception d'une clef méthodologique pour l'établissement du bilan particulier de la parcelle sous « zaï », dans le contexte particulier d'une concentration de l'eau et de la matière organique dans les poquets de « zaï ».

Mots clefs : « zaï », zipellés, paysan innovateur, éléments minéraux, matière organique yatenga.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Ressources en sol (en ha) par provinces	7
Tableau 2: Moyennes mensuelles de Température(T), d'humidité relative(Hr), d'évaporation(E) et de parcours de vent(V).....	10
Tableau 3 : Situation démographique de la région	11
Tableau 4 : effectifs de quelques espèces animales en 1997	12
Tableau 5: Chronogramme des observations de la campagne	46
Tableau 6 : types de sols utilisés pour l'expérimentation.....	47
Tableau 7 : Caractéristiques en début de cycle des sols sur l'horizon 0-30cm.	49
Tableau 8 : caractéristiques chimiques de la matière organique utilisée	49
Tableau 9 : dimensions du « zaï » chez quelques paysans suivis.....	52
Tableau 10 : dose de compost apporté (en t/ha).....	56
Tableau 11 : Evaluation par comptage des taux de levée des parcelles.....	61
Tableau 12 : Situation comparée de l'épiaison des cultures aux dates d'observations (en %).....	65
Tableau 13 : rendements grain et paille des tests.....	72
Tableau 14 : réserves organo - minérales des sols (stock début cycle).....	75
Tableau 15: Quantités de matière organique apportées par les composts.....	76
Tableau 16 : Quantité d'éléments minéraux d'origines atmosphérique et organique.....	77
Tableau 17 : Exportations des éléments minéraux par les cultures (%)	79
Tableau 18: bilan organique par confrontation des entrées et des sorties en t/ha.....	83
Tableau 19 : Bilan organique théorique (selon le modèle PIERI, 1989).	84
Tableau 20 : Bilan minéral apparent de culture (kg/ha).....	86

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Zone de l'étude : carte de situation et de zonage.....	5
Figure 2 : moyennes pluviométriques des onze dernières années	8
Figure 3: Compartiment matière organique du sol	16
Figure 4: Schématisation des entrées et sorties du stock minéral d'un sol.....	16
Figure 5: Structure des composants agro-biologiques du compost destiné au zai.....	29
Figure 6 : Quantité de compost produite, superficie aménageable en zai.....	29
Figure 7: dispositif expérimental pour l'étude de trois doses de matière organique appliquées à deux types d'aménagement (exemple du site de Kouba)	35
Figure 8 : dispositif expérimental pour l'étude comparée de deux sources de matière organique.....	36
Figure 9 : courbe de croissance des plants (site de Bogoya)	62
Figure 10 : Courbe de croissance des plants (site de Somiaga)	63
Figure 11 : Courbe de croissance des plants (site de Ranawa)	63
Figure 12 : Courbe de croissance des plants (site de Gourcy)	64
Figure 13 : rendements grain et paille du test de Bogoya (kg / ha)	66
Figure 14: rendements grain et paille du test de Gourcy (kg / ha)	67
Figure 15 : rendements grain et paille du test de Ranawa.	68
Figure 16: rendements grain et paille du test de Kouba (kg /ha.....	69
Figure 17 : rendements grain et paille du test de Soumiaga (kg /ha).....	70
Figure 18 : rendements grain et paille du test de Komsilga.....	71
Figure 19 : évolution du rapport P/N sur le test de Soumiaga	78
Figure 20 : évolution du rapport P/N sur le test de Kouba	78
Figure 21 : évolution du rapport P / N sur le test de Gourcy	79

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Le « zaï » en quinconce ou «zaï-yossa » (site de Soumiaga)	98
Annexe 2 : Le « zaï-diguette » (site de Soumiaga)	99
Annexe 3 : Le « zaï-diguette » (grands poquets du site de Gourcy)	100
Annexe 4 : Courbe de croissance des plants (test du site de komsilga).....	101
Annexe 5 : Courbe de croissance des plants (test du site de kouba).....	101
Annexe 6 : Evolution de la teneur en éléments minéraux des pailles et des grains.....	102
Annexe7 : Exportations des éléments minéraux par les cultures.....	103
Annexe 8 : Quelques éléments de caractérisation des sols en fin de campagne.....	104
Annexe 9 : Taille des plants aux différentes dates d'observations.....	105
Annexe 10 : Situation comparée des plants au stade gonflement-épiaison	106
Annexe 11 : Relevés pluviométriques (mm) de la campagne 1999 à Ouahigouya.....	107
Annexe 12 : Relevés pluviométriques (mm) de la campagne 1999 à Gourcy.....	108
Annexe 13 : Relevés pluviométriques (mm) de la campagne 1999 à Ranawa.....	109

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

(A)	: Réserve minérale totale du sol,
(B)	: Réserve minérale mobilisable du sol,
(C)	: Stock assimilable du sol,
B.U.N.A.S.O.L	: Bureau National des Sols du Burkina Faso,
C.Biom	: Biomasse organique du sol,
C.E.S	: Conservation des Eaux et des Sols,
C.Fom	: Fraction organo-minerale du sol,
C.I.L.S.S	: Comité Permanent Inter Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel,
C.Lib	: Fraction Organique Libre du sol,
C.R.P.A/N	: Centre Régional de Promotion Agro-pastorale du Nord,
D.A	: Densité Apparente,
D.P.T	: Développement Participatif de Technologies,
D.R.A/N	: Direction Régionale de l'Agriculture du Nord,
E.M.N	: Eléments Minéraux Nutritifs du sol,
F.U.G.N	: Fédération des Unions des Groupements Naam,
G.N.R /S.P	: Gestion des ressources Naturelles / Systèmes de Production,
I.N.S.D	: Institut National de Statistiques et de Démographie,
I.R.A.T	: Institut de Recherche d'Agronomie Tropicale,
IN.E.R.A	: Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles,
M.O	: Matière Organique
O.R.F.A	: Organisation Recherche Formation Appui et Accompagnement aux Communautés de base,
P.A.E	: Projet Agro-Ecologie,
P.A.F	: Projet Agro-Forestier,
P.I	: Paysan Innovateur,
P.P.D.S	: Plus Petite Différence Significative,
S.P.A.I	: Sous Produits Agro-Industriels,

INTRODUCTION

Le problème de la sécurité alimentaire reste toujours posé dans de nombreux pays sahéliens d'Afrique, en dépit d'énormes efforts menés par les gouvernements de ces pays et les organismes non gouvernementaux. En effet, dans la plupart des ces pays, l'agriculture qui est essentiellement pluviale est handicapée par de nombreuses contraintes parmi lesquelles, la sécheresse et la désertification. Telle que définie par la convention des Nations Unies de lutte contre la désertification, ce phénomène est la dégradation des sols des zones arides, semi-arides et sèches sub-arides par suite de divers facteurs liés aux variations climatiques et aux activités humaines.

Cette même convention recommande la participation des populations bénéficiaires à toute action de lutte contre la désertification.

Le Burkina Faso n'échappe pas à cette réalité de la désertification, surtout dans sa partie Nord, et cela justifie pour une large part sa présence au sein du Comité Permanent Inter - Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (C.I.L.S.S.) et les multiples actions entreprises dans ce sens par ses différents acteurs au développement.

La région du « Yatenga » fait partie de cette zone. Située à la lisière du Sahel burkinabé, ladite région, depuis le cycle de sécheresse qui a démarré autour des années 70 connaît malgré une démographie galopante, de grandes fluctuations inter-annuelles de sa production, et un déficit céréalier devenu presque chronique (C.R.P.A./N., 1994). Cette situation a déjà contraint à l'exode un grand nombre de bras valides (INSD, 1996). Malgré cet exode, la pression humaine sur les terres cultivables s'est accrue de façon considérable, avec comme conséquences, une régression continue de la jachère et du couvert végétal, et l'apparition un peu partout d'immenses étendues de terres dégradées et incultes (les « zipellés » en langue locale « mooré »), atteignant par endroit plus de 20 % des terroirs villageois.

Ce phénomène de dégradation de l'espace, qui a progressivement modifié les rapports terre/exploitant et contraint les exploitations à la recherche forcenée d'une amélioration, explique de façon implicite dans cette partie du pays, les multiples initiatives paysannes en matière de conservation des eaux et des sols. Parmi ces initiatives on peut citer : les diguettes en terre et les cordons pierreux ; la fabrication et l'utilisation de la matière organique ; la pratique du « zaï »¹.

¹Potet, poche d'eau ou trou creusé dans le sol afin de l'ameublir localement pour recevoir les semences.

Conçu en effet pour capter et valoriser jusqu'aux plus petites quantités d'eau tombée, le « zaï » fait partie des pratiques traditionnelles aujourd'hui revalorisées par les paysans pour minimiser le caractère aléatoire de la production agricole pluviale (Fornage, 1993) dans la zone. Les services techniques semblent l'avoir découvert autour des années 80, période à laquelle remontent les premières descriptions ; puis, mue par une certaine impulsion politique, la technique s'imposera progressivement comme une alternative au faible niveau d'investissement des exploitations. En effet, c'est à cette période que fut exécutée au sein du Ministère de l'Action Coopérative Paysanne, un projet expérimental « zaï ». C'est également à partir de cette période que la recherche sera interpellée quant à la durabilité de ce système dont l'adoption et l'expansion font appel à des ressources agrobiologiques et socio-économiques dont la disponibilité reste limitée dans la zone.

C'est pour répondre aux interrogations sur les facteurs limitant l'expansion du « zaï » et sur l'efficience de l'utilisation des ressources naturelles dont le « zaï » est tributaire qu'une étude a été initiée par l'INERA et ses partenaires en 1998.

Deux (2) premières étapes de cette étude (KENILL,1999) ont déjà été consacrées d'une part, à l'état des connaissances sur le « zaï » et d'autre part à l'évaluation des ressources agrobiologiques à l'échelle du terroir et des flux de matières organiques dans l'exploitation. La présente contribution correspond donc à la troisième étape de la recherche. Pour cette étape dont la démarche comporte une expérimentation et des observations en plein champ, quatre (4) objectifs spécifiques sont retenus à savoir :

- observer les pratiques paysannes de gestion de la matière organique et expliquer les améliorations apportées dans ce sens à la technique du « zaï »,
- mesurer l'impact de la quantité et de la qualité de la matière organique combinée avec le type d'amélioration apporté par les paysans au dispositif spatial des poquets de « zaï »,
- mesurer l'efficience, au cours du cycle de culture, de l'utilisation de la matière organique et des éléments minéraux (N et P notamment),
- identifier et évaluer sur les exploitations visitées et ce parallèlement à l'expérimentation, toute initiative paysanne digne d'intérêt pour le présent thème d'étude.

La synthèse des résultats que nous présentons s'articule ainsi qu'il suit en deux (2) grandes parties :

- dans une première partie intitulée « **le « zaï » et son milieu** », nous présentons le milieu de l'étude et une synthèse de l'état des connaissances sur le « zaï ».
- dans la seconde partie intitulée « **expérimentations au champ** », nous exposons notre approche méthodologique, la synthèse de nos observations sur l'amélioration paysanne du « zaï » et sur ses effets sur le niveau organique et minéral des sols et sur les rendements du sorgho.

Nous terminons par la **conclusion générale et les recommandations pour l'étude.**

PREMIERE PARTIE :
LE « ZAÏ » ET SON MILIEU

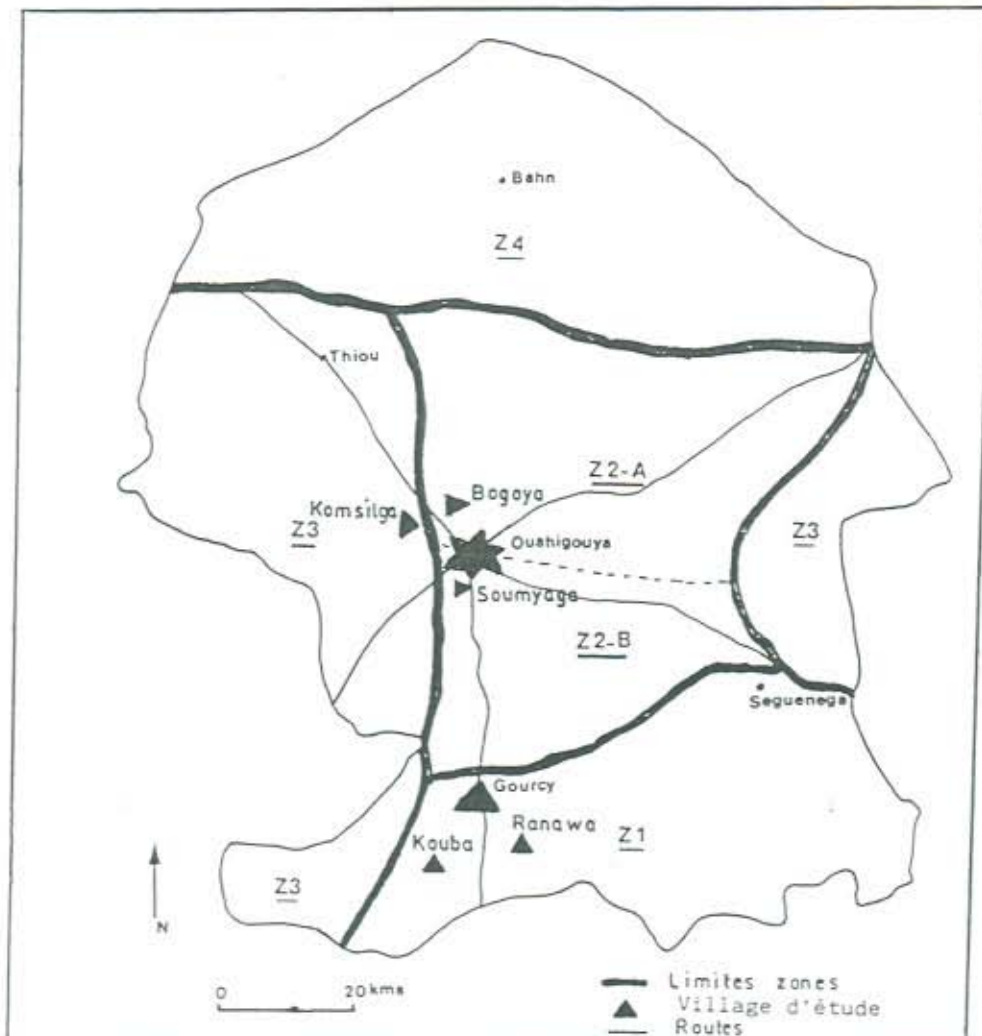
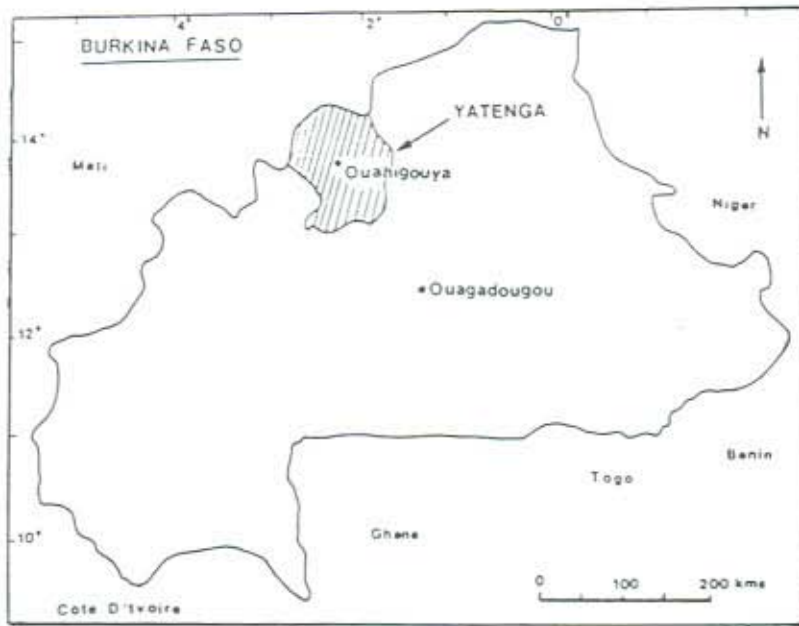


Figure 1 : Zone de l'étude : carte de situation et de zonage

Source : DUGUE (1989)

CHAPITRE I : MILIEU DE L'ETUDE

1-1 MILIEU PHYSIQUE

1-1.1 Situation géographique

La zone de la présente étude correspond à l'ancienne province du Yatenga (Figure 1), aujourd'hui subdivisée en trois (3) nouvelles provinces : le Yatenga, le Lorum et le Zandoma. Elle s'inscrit dans les coordonnées géographiques suivantes : 13°6' et 14°26' de latitude nord, et 1°43' et 2°55' de longitude ouest. Sa superficie est d'environ 12.300 km², soit 4,5 % du territoire national.

1-1.2 Géomorphologie

Le modelé physique a été largement décrit par Marchal cité par DUGUE (1989). Le Yatenga serait à la marge du plateau mossi et du Sahel burkinabé. Sa moitié sud correspond à la zone septentrionale du plateau mossi (alternance de tables cuirassées et de dépressions). La partie centrale reste quant à elle intermédiaire entre le plateau mossi et l'erg dunaire situé plus au nord.

1-1.3 Végétation

Les formations végétales rencontrées dans la partie sud sont caractéristiques du plateau, bien que plus dégradées. Il s'agit d'une savane arborée à base :

- de *Khaya senegalensis*, *Tamarindus indica*, *Sclérocaria birrea* et *Parkia biglobosa* dans les zones basses ;
- de *Parkia biglobosa*, *Acacia albida*, *Sclerocaria birrea* et *Butyropernum parkii* sur les champs les plus fertiles ;

Tandis que les hauts de pente sont recouverts de formations très dégradées comportant des vieux arbres (*Combretum micranthum*, *Guiera senegalensis*), et une strate herbacée peu dense à base de *Loudetia togoensis*.

Dans la zone centrale, elles évoluent vers des formations plus typiquement sahéliennes, avec une forte régression du *Butyropernum parkii* et du *Parkia biglobosa* qu'on ne retrouve plus que dans les zones de bas-fond. Les arbres et arbustes épineux dominant, avec apparition de taches d'*acacia seyal*, d'*Acacia radiana* et de *Balanites aegyptiaca*. Quelques parcs d'*Acacia albida* subsistent.

1-1.4 Sols

Selon DUGUE (1989), les unités de paysage et les terrains qui y sont associés s'organisent suivant un gradient de pente généralement faible variant de 0,5 à 2 %. A ces unités correspondent des types caractéristiques de sols (tableau 1), classés selon le BUNASOLS (CRPA-N.1994) en cinq groupes :

- **Groupe 1** : « Sols minéraux bruts » (lithosols sur cuirasse surtout), plus ou moins dures et peu profonds, inaptes aux cultures (12,44 % des surfaces).
- **Groupe 2** : « sols peu évolués » présentant un horizon humifère de 20 à 80 cm (57,12 % des superficies), plus répandus, ils sont susceptibles de se prêter aux activités agricoles sous réserve de pratiques conservatoires.
- **Groupe 3** : « sols ferrugineux lessivés » profonds (10,66 % des superficies), situés sur glacis moyens et ayant en commun une fertilité chimique faible à moyenne. Ils sont assez sensibles à l'érosion.
- **Groupe 4** : « association de sols bruns » et de « sols ferrugineux » ; ce groupe rassemble des sols d'une profondeur satisfaisante (80 à 120 cm), mais ne représente que 0,29 % des superficies.

En somme, la majeure partie des sols reste sensible à l'érosion, mais les possibilités agropastorales restent suffisantes, sous réserve d'une utilisation adéquate des ressources.

Tableau 1 : Ressources en sol (en ha) par provinces.

Provinces	Groupes				
	1	2	3	4	5
Lorum	10 000	223.000	101.250	3.100	43.375
Yatenga	123.700	368.251	32.750	500	145.402
Zandoma	22.750	126.925	-	-	56.250
Total (ha)	156.450	718.176	134.000	3.600	245.027
(%)	12.44	57.12	10.66	0.29	19.49

Source : BUNASOLS, Cité par CRPA-N(1994).

1-1.5 Climat

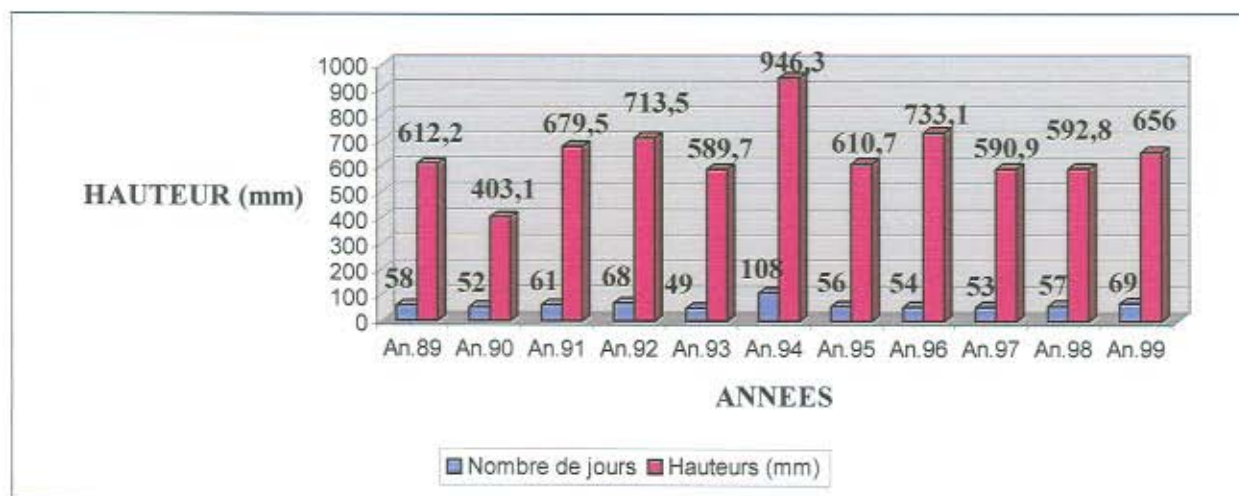
La majeure partie du Yatenga est couverte par un climat de type subsahélien (GUINKO, 1984) caractérisé par une pluviométrie de 500 à 700 mm et une longue saison sèche de 7 à 9 mois.

Seule une petite portion de l'extrême nord plonge dans la zone sahélienne (DORO, 1991). Les principaux éléments de ce climat sont :

1-1.5-1 Pluviométrie

La pluviométrie de la zone se caractérise par une très grande variabilité inter-annuelle (fig.2) et par une mauvaise répartition spatio-temporelle. Elle est d'une forte agressivité en début de saison.

Pour les onze (11) dernières années, le maximum d'eau tombée à Ouahigouya est de 946,3 mm et le minimum de 403,1 mm, respectivement en 1994 et 1990. La période végétative est courte (95 à 112 jours en allant du nord vers le sud (CRPA-Nord, 1994) et cela détermine pour une large part la distribution géographique des grandes cultures et les mouvements des grands troupeaux, à la recherche de pâturages et de points d'eau.



Source : Station météorologique de Ouahigouya.

Figure 2 : moyennes pluviométriques des onze dernières années

1-1.5-2 Températures

Elles se caractérisent par d'assez fortes variations (tableau 2). Pendant la saison froide (décembre - février), les moyennes enregistrées sont de l'ordre de 25°C ; elles sont de l'ordre de 33°C pendant la saison chaude (avril - mai)

Ces températures interviennent directement dans le bilan hydrique et sur l'assiduité des populations à l'exécution de certains travaux de contre saison (aménagements notamment) de par leur influence sur la transpiration.

1-1.5-3 Humidité atmosphérique et évaporation

L'humidité relative de l'air est faible en saison sèche ; elle amorce sa remontée un peu avant l'arrivée des premiers vents de mousson, pour atteindre son maximum au mois d'août. A l'opposé, l'évaporation est généralement plus élevée, notamment en saison sèche ; et atteindrait le double des quantités d'eau météoriques annuelles reçues.

1-1.5-4 Vents et saisons

Les activités socio-économiques et partant, toute la vie de la communauté s'organisent autour de deux (2) saisons à savoir :

- une saison sèche de 7 à 9 mois, généralement subdivisée en deux parties dont :
 - * La première froide, va de novembre à février. C'est la période par excellence des activités maraîchères. Pour les éleveurs, la plupart des épizooties (peste des petits ruminants et des bovins) et des endémies (méningite, rougeole) apparaissent pendant cette période (BOURZAT, 1985).
 - * La seconde chaude, va de mars à mai et marque la période la plus pénible pour les hommes et les animaux. Pendant cette période en effet, les principaux points d'eau tarissent, les arbres perdent leurs feuilles et la végétation herbacée devient très inflammable. Les pertes de poids des animaux sont spectaculaires et atteignent 20 à 25 % du poids vif (BOURZAT, 1985). Nonobstant la prédominance d'un vent chaud, sec et chargé de poussière (l'harmattan), en provenance des hautes pressions sahariennes ; cette saison est aussi celle des aménagements.
- une saison pluvieuse, encore appelée hivernage de 4 à 5 mois, signalée par la réapparition sur certains arbres de nouvelles feuilles et de fleurs.

Cette seconde saison qui va de juin à octobre est sous la prédominance d'un courant d'air humide en provenance des hautes pressions océanique mousson). C'est la période des grandes cultures (mil, sorgho) et l'attention que les producteurs lui accordent exprime assez clairement leur dépendance vis à vis de son résultat ; pendant cette période, toutes les ressources humaines et financières mobilisables doivent concourir à la réussite de la campagne.

Tableau 2: Moyennes mensuelles de Température(T), d'humidité relative(Hr), d'évaporation(E) et de parcours de vent(V).

		JANV	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
T (°C)		24,7	25,8	31,7	33,5	32,9	32,4	28,1	25,8	26,4	29,2	28,4	24,7
E (MM)	PICHE	94	101	129	124	109	106	54	24	26	59	83	83
	BAC	99	108	138	135	120	117	71	42	46	73	92	90
V (HM)		448	458	554	717	917	743	776	30	100	109	*	44
Hr (%)		32	27	28	44	64	68	90	98	98	80	52	41

SOURCE: Station météorologique de Ouahigouya (1999).

1-2 MILIEU HUMAIN ET ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES

1-2.1 Population

Historiquement, le Yatenga aurait été fondé à la fin du XVème siècle par YADEGA qui l'aurait baptisé de son propre nom « Yadéga-tenga », la terre de Yadéga (MARCHAL ,CITE PAR DUGUE 1989).

Une situation politique stable durant plusieurs siècles permit par la suite une colonisation mossi importante, puis un accroissement démographique régulier qui s'est accéléré au 20è siècle malgré une importante migration à partir des années soixante (Dugue,1989). BILLAZ (1980) cité par le même auteur estime que dans la tranche de 20 à 29 ans, un homme sur deux était absent.

Ce flux migratoire permet un tant soit peu de ralentir, voire de stabiliser l'accroissement de la population résidente, et d'injecter dans l'économie de la région, des revenus monétaires indispensables en cas de mauvaises récoltes. Selon le recensement de 1997, la population de ladite zone était estimée à 683 556 habitants dont 53,57 % de femmes, pour une population active (14-65 ans) de 310 543 habitants soit 45 % de la population résidente (INSD, 1998). Les densités, croissantes du nord vers le sud (Tableau 3), sont révélatrices des problèmes sociaux, notamment fonciers.

Tableau 3 : Situation démographique de la région.

Années	Population (Nbre d'habitants)	Densité(nb. d'habitants/km ²)
1910	200 000	16
1930	300 000	24
1960	400 000	32
1975	530 000	43
1985	537 205	43.6
1998	683 556	55.53

Source : DUGUE (1989) et INSD (1998).

1-2.2 Activités socio-économiques

1-2.2-1 Agriculture

L'agriculture occupe plus de 90 % de la population. Il s'agit d'une agriculture essentiellement pluviale (très tributaire des aléas climatiques), de type extensif et caractérisée par :

- un rétrécissement continu de l'espace cultivable ;
- une disparition de la jachère ;
- une forte dispersion du parcellaire de chaque exploitation ;
- une absence de rotation véritable en raison de la faiblesse des superficies réservées aux légumineuses ;
- une faible intégration agriculture-élevage ;
- et somme toute, de faibles rendements et une faible capacité d'investissement ; l'essentiel des revenus dégagés de l'exploitation étant immédiatement réinjecté dans l'achat de céréales.

En fait, malgré le courage reconnu aux producteurs et les améliorations techniques enregistrées, les effets cumulés de plusieurs années de sécheresse font que cette agriculture n'arrive plus à couvrir de façon directe l'ensemble des besoins alimentaires des populations. La région a ainsi connu plusieurs famines en 1913, 1940, 1971-1974, 1982-85 (DUGUE, 1985) dont certaines sont restées gravées dans la littérature orale mossi sous diverses appellations (CRPA-Nord, 1995) :

- Piswaï ; famine de 1913

- Pilimpikou ; famine de 1920
- Anampamoré, famine de 1988.

Le maraîchage constitue l'une des principales activités de contre saison pour les jeunes ; vu par les paysans comme une alternative aux départs massifs vers la Côte d'Ivoire et les centres urbains et parallèlement par les organismes de développement comme un moyen :

- d'endiguer le déficit céréalier devenu presque chronique dans la zone,
- d'améliorer et d'accroître le revenu des ménages,
- de contribuer à l'amélioration du régime alimentaire des populations.

1-2.2-2 Elevage

L'élevage, tout comme l'agriculture est aussi de type extensif. Il se heurte sur le terrain à de nombreux problèmes parmi lesquels : l'insuffisance et/ou la mauvaise gestion des pâturages et des points d'eau, la faible disponibilité des sous produits agro-industriels (S.P.A.I.), l'insuffisance de couverture sanitaire et de structures coopératives d'approvisionnement et d'écoulement.

Comparée aux autres régions du pays, les troupeaux de caprins et d'ovins sont dominants (Tableau 4) et le cheptel connaît des problèmes d'alimentation en saison sèche. En effet, l'extension des zones de cultures, l'abandon des jachères et la faible pluviométrie ont des effets catastrophiques sur la disponibilité en fourrage (BOURZAT, 1985).

Tableau 4 : effectifs de quelques espèces animales en 1997

Type de troupeau	Effectifs	Densité (nombre. têtes/km ²)	
		Yatenga	Passoré
Bovins	140.500	14.1	9.2
Ovins	591.500	17.9	9.2
Caprins	708.100	23.3	-

Source: Enquête Nationale Effectifs du Cheptel (1990).

1-2.2-3 Autres activités

En dehors de l'agriculture et de l'élevage, la grande majorité de la population (hommes, femmes et même enfants dans les grands centres) exerce de façon secondaire ou principale, une activité commerciale. Il est en effet reconnu de tradition que le « Yadéga » est un commerçant.

1.2.3 Zonage de la région

La zone d'étude se caractérise par une grande diversité des situations géographique et agraire. Le zonage proposé par DUGUE (1989) permet d'y distinguer (Figure 1):

- une zone sud (Z1), la mieux arrosée dans laquelle on assiste de nos jours, en raison de la forte pression foncière et de la baisse de la pluviométrie, à une extension des cultures par réduction des jachères et substitution du sorgho au coton et aux pâturages. Dans cette zone, les innovations ont été assez largement diffusées.
- une zone centrale (Z2) correspondant à l'ancien périmètre du G.E.R.E.S. Elle est caractérisée par une forte densité de population (70 à 100 habitants/km²), une saturation du foncier, une forte dégradation des terrains situés sur glacis et une monoculture du mil et du sorgho.

Les organisations de développement ont jadis beaucoup privilégié cette zone du fait de la proximité de la capitale régionale Ouahigouya.

- deux (2) marges (Z3), constituées par les périphéries ouest et est. Ces zones se caractérisent par leur faible densité de population (<20 habitants/km²), et une très faible diffusion des innovations, voire une méconnaissance des techniques. La jachère de moyenne durée y est encore possible ;
- une zone septentrionale (Z4, marge sahélienne), moins arrosée et moins peuplée que les trois autres, présentant des caractéristiques sahéliennes de végétation et de système d'exploitation jadis basé sur la complémentarité entre agriculture et élevage.

CHAPITRE II : ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE « ZAI »

2.1 DEFINITION DE QUELQUES MOTS ET CONCEPTS UTILISES.

2-1.1 « Zipellé »

Le « zipellé » ou sol blanchi en mooré, désigne selon les spécialistes, un sol ferrugineux tropical très dégradé, à croûte de battance et à horizon A partiellement ou complètement décapé par l'érosion, laissant apparaître l'horizon B en surface (DUGUE, 1982 ; FORNAGE, 1993 ; ZOMBRE, 1991).

Pour ROOSE et PICHOT cités par KENI (1999), il existerait deux variétés de zipellé à savoir les glacis limono - sableux de haut de pente (couleur blanche) et les glacis gravillonnaires (rouges) mais stérilisés du fait de l'érosion. En général, à une teneur en argile et à une profondeur suffisante correspond une aptitude élevée du « zipellé » à la récupération.

2-1.2 « zaï »

Le mot « zaï » en langue mooré signifierait se dépêcher de faire, de prendre, de creuser, d'aller vite, pour gagner à manger (AGRIPROMO,1993).

Pour BOLOGO (1998), ce mot qui vient du terme « zeega » répond magnifiquement à l'utilisation de la technique du « zaï » qui incite les paysans à se hâter pour creuser en saison sèche les sols tassés et encroûtés.

DORO (1991), VLAAR (1992) ; et WRIGHT (1985) décrivent la technique qui signifierait potet, poche d'eau ou trou creusé dans le sol afin de l'ameublir localement pour recevoir les semences. D'autres auteurs dont SAWADOGO (1995) et KABORE (1993) la présentent respectivement comme une pratique paysanne de récupération des zones incultes et comme une technique intensive de gestion de fumure et de conservation des eaux. En effet, la description technique de l'ouvrage (cf.2.3) lie intimement la confection du poquet (trou) à l'apport de la matière organique. Pour les différents paysans innovateurs rencontrés, il n'y aurait pas de « zaï » à proprement parler, sans apport de matière organique.

2-1.3 Paysan Innovateur

Toute proposition d'innovation transite par des porteurs sociaux qui occupent une place dans une structure sociale (BOLOGO, 1998). Le « zaï » n'échappe pas à cette réalité. Aussi les

paysans innovateurs se définissent-ils comme étant une tranche de paysans ouverts au monde extérieur et bénéficiant de fait très souvent de formations techniques leur permettant de participer activement à la vie associative et de constituer dans leur village de véritables pôles de diffusion.

2-1.4 Matière organique

La matière organique du sol est par opposition aux constituants minéraux, toutes les substances d'origine végétale ou animale présentes dans le sol (MUSTIN 1987 ; BOIFFIN cité par GRET, 1979) ; ces dernières étant elles-mêmes un mélange variable de quatre grandes classes de composés organiques (vivante, fraîche, transitoire et stabilisé)..

La représentation schématique du « compartiment matière organique » du sol en relation directe avec le bilan carboné du système sol - plante (Figure 3) permet de distinguer deux sous-compartiments ; la fraction organique libre (C.Lib) et la fraction organo-minérale (C.Fom) auxquels s'ajoute celui de la biomasse organique (C.Biom.) qui, associé aux deux premiers est l'agent essentiel du fonctionnement du compartiment (PIERI,1989). La matière organique du sol constitue l'élément fondamental de sa productivité (NYANGEZI, 1989 ; BACYE et al., 1998) en raison de ses multiples actions favorables sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

Les matériaux utilisés pour la fumure des champs, se caractérisent quant à eux par une grande diversité, tant dans leur nature que dans leur qualité. L'usage du terme matière organique dans notre rapport renvoie donc indistinctement à différentes catégories de matériaux (compost, fumier d'étable ou fumier de fosse à fumier) décrits par divers auteurs (FORNAGE, 1993 ; DUGUE, 1989 ; MUSTIN, 1987), et habituellement utilisés par les paysans pour la fertilisation de leurs champs.

2-1.5 Eléments minéraux nutritifs des plantes.

Les éléments minéraux nutritifs (E.M.N) de la plante proviennent de la solubilisation progressive des constituants minéraux et organiques du sol (PIERI, 1989).

Selon leur degré de disponibilité, on en distingue dans le sol trois « compartiments minéraux » : (A) ou réserve totale, (B) ou éléments mobilisables, et (C), compartiments des éléments échangeables dans un ordre croissant de disponibilité (Fig.4)

Parmi les 16 éléments aujourd'hui reconnus comme essentiels à la croissance et à la production végétale, les macro éléments (N, P et K) assument des fonctions essentielles. C'est pourquoi en ce qui concerne notre étude, les analyses porteront essentiellement sur ces éléments.

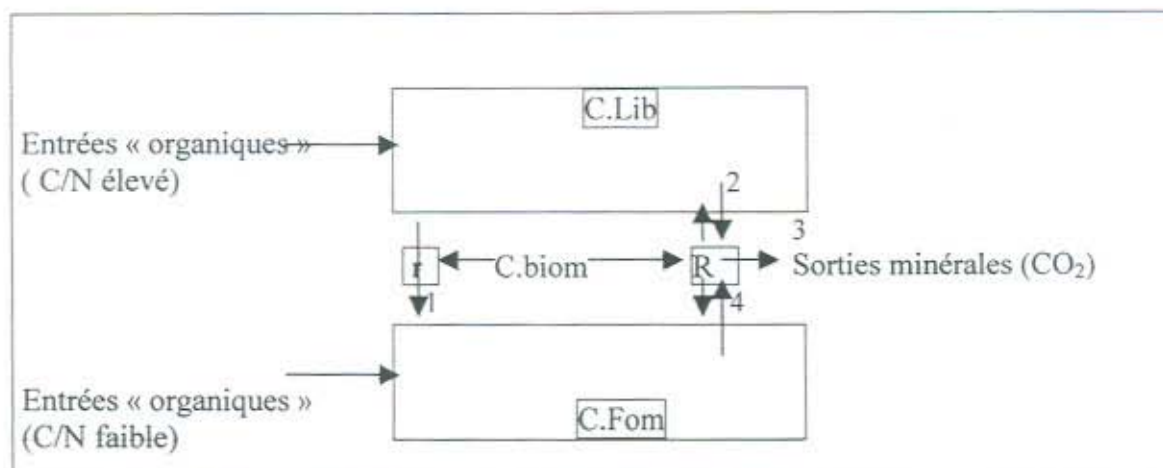


Figure 3: Compartiment matière organique du sol

Source : PIERI.C (1989).

Compartiment (C.M.O.)

C.lib : fraction organique libre
 C.fom : fraction organo-minérale
 C.biom : biomasse organique

Fonctionnement interne

1 : humification
 2 : décomposition physique et consommation du C par organismes hétérotrophes
 3 : consommation de C par microorganismes
 4 : respiration biologique
 2 + 3 + 4 = minéralisation

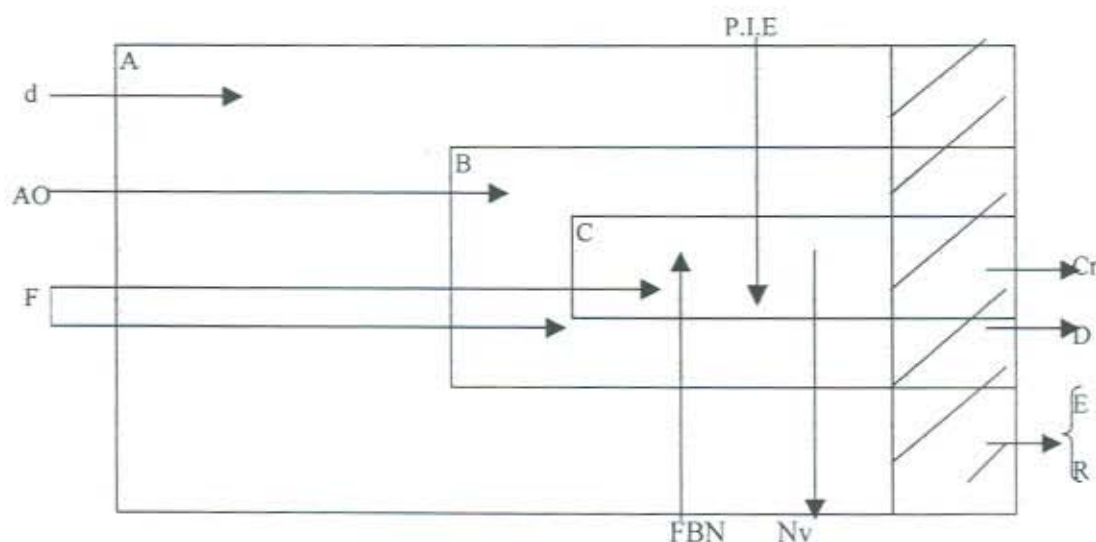


Figure 4: Schématisation des entrées et sorties du stock minéral d'un sol.

Source : PIERI (1989)

Entrées

d : dépôts météoriques
 A.O : apports organiques
 F. : engrais (a : solubles ; b : peu solubles)
 P.i.e.: eau de pluie, d'irrigation, effluents divers
 F.B.N. : fixation biologique de N₂.
 A : réserve totale, B : éléments mobilisables,

Sorties

Cr : exportations par les cellules
 D : pertes par lixiviation
 E : pertes par érosion
 R : pertes par ruissellement
 Nv : volatilisation de N.
 C : éléments échangeables.

2-2 HISTORIQUE ET EVOLUTION DU « ZAÏ ».

Pour la plupart des producteurs rencontrés, le « zaï » serait une pratique ancestrale qui aurait été entre temps abandonnée à cause surtout de sa pénibilité de mise en œuvre. Elle fut réhabilitée entre 1982 et 1984 après les années de grande sécheresse, à la faveur de la connaissance et de l'appui de la main d'œuvre saisonnière « Dogon », utilisateur de ladite technique au Mali, puis améliorée par des structures de développement comme le Projet Agro - Ecologie (PAE) et le Projet Agro - Forestier (PAF). Les recherches dignes d'intérêt scientifique semblent lui reconnaître de nos jours un caractère sous régional.

En effet, Kassogué et al, cités par KENI (1999) pensent que les « Dogons » (ethnie au sud du Mali), jadis contraints à se réfugier dans les falaises pour échapper à la captivité, auraient pu avoir inventé la « technique des cuvettes » pour cultiver les terres squelettiques revêtant les flancs des falaises qu'ils habitaient. Pour ces auteurs, la « technique des cuvettes » qui n'est autre que les poches (trous) ou « wego » en langue « Dogon » creusées dans le sol, aurait été couramment employée il y a déjà 20 ans. Pour VLAAR (1992), la même technique est connue au Niger sous l'appellation de « tassa».

2-3 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE L'INNOVATION

La pratique du « zaï » peut être considérée comme la résultante de l'enchaînement dans le temps et dans l'espace de quatre opérations principales à savoir :

2-3.1 Creusage des poquets

Le creusage des poquets consiste à faire dans le sol, des trous ou poquets destinés à recevoir le fumier et les semences.

La période la mieux indiquée pour cela est en saison sèche, celle allant de mars à juin (DORO, 1991). On évite ainsi que l'harmattan n'y dépose trop de graines de mauvaises herbes ou ne les comble.

Les poquets de zaï (« zaï-boko ») sont creusés perpendiculairement à la pente du terrain, en allant du bas vers le haut. Ils sont disposés en quinconce ou en ligne, la terre de déblai, disposée en aval constituant un ados permettant de piéger les débris végétaux transportés par le vent et les eaux de ruissellement.

Les dimensions des trous sont fonction du type de sol, de la pente du terrain et de la culture. Elles sont plus larges sur sols pauvres de glakis (15 à 25 cm de profondeur sur 20 à 50 cm de diamètre), et plus réduites (5 à 20 cm de profondeur sur 15 à 30 cm de diamètre) sur sol sableux, argileux de bas de pente ou de bas-fond (KABORE et al, 1993, ; VLAAR, 1992 ; DORO, 1991 ; SAWADOGO, 1995 ; WRIGHT, 1982 ; OUEDRAOGO, 1989).

La densité de culture est de 20 à 25 000 poquets/ha (AGRIPROMO n° 83), mais pourrait atteindre selon la spéculation 27 775 à 31 250 poquets/ha respectivement pour le mil et le sorgho (KY et al, 1995).

En général, les larges poches sont meilleures (WRIGHT, 1982) ; mais c'est aussi accroître les risques d'asphyxie en cas d'imperméabilité et de forte pluviométrie. Aussi les larges poches sont-elles souvent très espacées pour tenir compte de ce risque et de la pénibilité du travail. Une importante baisse de productivité peut cependant résulter de cette faible densité quand bien même le rendement au poquet pourrait être accru compte tenu d'un meilleur approvisionnement en eau.

En conséquence, seule une longue pratique peut aider à déterminer un meilleur cadre pour chaque cas.

2-3.2 Epannage de la matière organique

L'épandage du fumier a lieu avant les premières pluies (avril à mai). Cette opération consiste la première année à remplir aux 2/3 les poquets de « zaï » en y jetant une ou deux poignées d'adulte de fumier ou de compost que l'on recouvrira d'une mince couche de terre afin d'éviter les pertes solides et gazeuses respectivement par érosion et par volatilisation.

Le contenu d'une poignée étant variable, la quantité de matière ainsi placée par poquet est estimée à 200-500g (Ouedraogo, 1989 ; Dugué, 1989 ; Doro, 1991), pour une dose de 3 à 5 tonnes à l'hectare, soit 30 charretées.

En principe, pour les 2 à 3 années suivantes, les paysans n'appliqueraient plus de fumier car, sur les parcelles ainsi fumées, les cultures profitent toujours du reliquat de fumure de la première année.

2-3.3 Semis

Cette troisième opération, intervient juste avant les premières pluies (semis à sec) ou après, quand les paysans estiment que le sol a reçu assez d'eau. Un léger coup de pioche ou de plantoir en bois suffit à enfouir les graines.

2-3.4 Sarclo-binages

Cette dernière opération qui est généralement associée au démariage consiste à débarrasser les cultures des mauvaises herbes et à ameublir le sol. Elle est souvent limitée aux poquets les premières années, et parfois un simple désherbage à la main suffit. Cette pratique favorise la régénération des ressources ligneuses.

2-3.5 Différents types de « zaï » dans la zone

Selon la terminologie employée par les différents acteurs au développement dans la zone, on dénombre un certain nombre de variantes du « zaï » que l'on peut regrouper en trois types :

2-3.5-1 Le « zaï » traditionnel

Comparé à la pratique traditionnelle du semis à plat sans préparation préalable des poquets (« Roguemik-budbo »), cette technique consiste à faire simplement des trous ordinaires (de dimensions réduites) dans lesquels on appliquait sans la recouvrir de petites quantités de fumier ou de terreau (« tampouré »). Elle a été désignée sous le nom de « Geng-budo » par les « paysans innovateurs » rencontrés.

2-3.5-2 Les « zaï » améliorés

Nous avons emprunté cette appellation à la Fédération des Unions des Groupements Naam (FUGN) ; mais les innovations présentées ont été recensées auprès de différents acteurs sous différentes appellations en langue traditionnelle mooré. Comparé au « zaï » traditionnel (le « Geng-budbo »), les améliorations portent sur les dimensions (plus importantes) des trous, leur disposition (alignée en ou en quinconce) et la façon d'apporter le fumier (qualité et quantité plus appréciables, recouvrement...). On recense dans ce second type :

- le « zaï » en ligne ou « zaï-rullisi » dont les poquets sont alignés dans tous les sens. Proposé à l'époque par les services de vulgarisation pour son caractère spectaculaire

(beau à voir sur le terrain), il a été cependant vite abandonné par les paysans à cause de son efficacité limitée à freiner le ruissellement.

- le « zaï » en quinconce ou « zaï-yossa » dont les poquets, comparés aux précédents sont plus grands et disposés en quinconce entre deux lignes (cf. annexes 1 et 2).
- le « zaï » concentré ou « zaï-diguette » qui se distingue des deux premiers par la disposition continue de la terre de déblai le long de la ligne de poquets, donnant l'impression d'un buttage (cf. annexe 3).

2-3.5-3 Les « zaï » mécaniques

Tout comme la précédente, cette appellation regroupe plusieurs variantes de « zaï » vulgarisées par les différents acteurs. Quoique améliorée elle aussi, cette catégorie de « zaï » semble avoir été volontairement dissociée des deux précédentes par les acteurs au développement à cause de l'origine bien plus extérieure de ses améliorations et au regard surtout des moyens logistiques particuliers que nécessite sa mise en œuvre ; il s'agit :

- du « zaï » mécanique, (simple ou croisé), vulgarisé par la F.U.G.N . Le « zaï » est obtenu par le passage ou par deux passages croisés d'une charrue ;
- du sous-solage croisé en culture attelée, vulgarisé par la recherche. Dans ce cas, le « zaï » est obtenu par deux passages croisés d'une « dent de sous-solage » (la IR-12), montée sur le corps d'une charrue bovine (FORNAGE, 1993);
- et du « zaï » motorisé, encore en expérimentation dans le nord de la région par les services de l'environnement et de l'eau. Le « zaï » est ici obtenu par le passage d'une charrue réversible, montée sur un tracteur d'une puissance assez élevée.

2.3.6 Types de sols concernés par le « zaï »

Selon KABORE (1993) et DUGUE (1989), les sols concernés par le « zaï » sont :

- les sommets de buttes et de collines, généralement incultes du fait de leur faible profondeur et de leur forte proportion en graviers ;
- les sols de haut de glacis et de haut de pente « zenka », de type gravillonnaire ;
- les sols dénudés, à couche superficielle décapée et à couvert végétal quasi nul,

« zipellés » ;

- les sols de moyens et bas glacis.

En somme, trois critères fondamentaux à savoir la nature du sol, la situation topographique et le niveau de rendement espéré après traitement, permettent aux paysans de juger de l'adaptation d'un sol au « zaï ». Aussi considèrent-ils comme inadaptés, les sols de bas-fonds « baongo », les sols de champs de case « Samandé » et les sols sableux (Bissigou »).

D'un point de vue climatique, la technique du « zaï » est adaptée à la zone Soudano-sahélienne. Dans les zones plus humides, des problèmes liées à l'asphyxie des plants apparaissent, alors que dans les zones plus sèches, il y a des risques de brûlures par le fumier (VLAAR,1992) .

2-3.7 Difficultés et avantages liés à la pratique du « zaï »

Bien que considéré comme une technique maîtrisée par les paysans et demandant peu d'investissements extérieurs (KENI, 1999), le « zaï » a néanmoins des exigences économiques dont le coût assez élevé de l'aménagement et la nécessité d'une disponibilité suffisante en main d'oeuvre et en matière organique. A cela s'ajoutent parfois des difficultés d'ordre socio -culturel (principalement le régime foncier traditionnel), qui imposent aux paysans qui n'ont que l'usufruit de leurs parcelles, de rester prudents quant aux aménagements.

Malgré ces difficultés, les avantages concédés par le recours à cette pratique, parmi lesquels la possibilité de récupérer et de remettre en culture des sols dégradés, la possibilité de semer plus tôt et l'accroissement important des rendements résultant d'une meilleure gestion de l'eau et de la fumure sont tels que les paysans semblent assez facilement s'accommoder de ces risques.

DEUXIEME PARTIE :
EXPERIMENTATIONS AU CHAMP

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

3-1 PROBLEMATIQUE DES RESSOURCES ORGANIQUES POUR LE « ZAĪ »

3-1.1 Situation des ressources naturelles

Les deux premières étapes de la présente étude (KENI, 1999) confirment pour la région, une forte pression sur les ressources :

- forte occupation du sol par les cultures (45 à 55 % des superficies). Les jachères sont insignifiantes (3 à 9 %).
- forte dégradation des ressources végétales ; les zones sans végétations occupant des proportions remarquables (45 à 46 % des terroirs à Soumyaga et Kao).

Les capacités fourragères sont faibles, car la production de la biomasse herbacée (862 à 1 217 kg M.S/ha à Soumyaga) n'est pas suffisamment supplée en saison sèche par le potentiel ligneux accessible au bétail, jugé d'une appétibilité médiocre ; elles semblent, à ce stade de l'étude bien en deçà des possibilités de production de matière sèche dans le cas d'une mise en culture.

- utilisation compétitive des ressources végétales.

Cette situation de saturation et de dégradation de l'espace cultivable est révélatrice des problèmes sociaux, notamment fonciers que vivent les paysans dans la zone. En effet, bien que le droit d'usage soit reconnu à tous par le régime foncier traditionnel, les difficultés d'accès à la terre figurent parmi les obstacles à la réalisation de la sécurité alimentaire dans la région ; la majorité des paysans (non-proprétaires fonciers) devant se contenter de sols dégradés ou abandonnés parce que jusque là considérés comme marginaux (zipellés généralement) et dont la valeur agronomique en l'état est quasi nulle.

3-1.2 Rôle des ressources organiques dans le système

C'est dans les conditions ci-dessus décrites que se justifie, dans cette partie du pays, la pratique du « zaï » (techniquement présentée en paragraphe 2.3 comme la résultante de l'enchaînement dans le temps de quatre opérations principales parmi lesquelles l'apport de la

matière organique). La matière organique est donc techniquement indissociable du « zaï » ; or selon HIEN et OUEDRAOGO, (2000), l'analyse de la structure des composants agrobiologiques du compost destiné au « zaï » révèle (fig.5) :

- l'existence d'une liaison entre la quantité de compost produite et le nombre d'animaux disponible sur l'exploitation ; car celui-ci détermine, non seulement la disponibilité du fumier et des litières nécessaires au remplissage de la fosse-compostière, mais aussi les dispositions prises par les producteurs pour s'assurer un stock fourrager suffisant à la saison sèche :

- * environ 33 % des producteurs stockent plus de résidus qu'ils ne peuvent en traiter ; en raison entre autre de la taille réduite de leur troupeau ;

- * alors que d'autres, malgré un troupeau important ne produisent qu'une quantité limitée de compost ; c'est-à-dire n'arrivent tout de même pas à remplir leur fosse principalement par défaut de litières et donc de stocks fourragers.

- une faible représentation du matériel végétal brut (paille sauvage, résidus culturaux) dans cette structure ; cela semble indiquer que l'essentiel de ce matériel doit d'abord transiter par l'étable. La technique de compostage la plus courante est donc celle du « compost de fumier » ; et ceci présente l'inconvénient de rendre les producteurs trop dépendants de la taille du troupeau.

- et par ailleurs une forte concurrence pour les matériaux ; qu'il s'agisse des résidus culturaux, répartis entre l'alimentation du bétail, la fosse compostière et les divers besoins domestiques (chauffage, artisanat, etc...) ou de la paille sauvage. Plusieurs auteurs (DUGUE, 1985 ; BOURZAT et RONDOT in D.S.A.,1985) étaient déjà parvenus à ce constat. En somme, la quantité de compost annuellement produite reste toujours insuffisante pour fumer toute l'exploitation en une même année.

L'étude comparée de la quantité de compost produite, de la taille du troupeau et de la proportion de l'exploitation aménagée en « zaï » (fig. 6) met quant à elle en relief, l'existence d'une autre relation entre la quantité de compost disponible et la superficie aménagée.

Cette observation est vitale car elle met en évidence le caractère limitant de la matière organique pour le système du « zaï ». Cela aurait fait dire à certains producteurs qu'on ne pouvait pas réussir si on ne fait pas de l'élevage (KENI, 1999). Enfin, dans la plupart

des cas, les résidus culturaux constituent l'essentiel de la biomasse entrant dans la fabrication du compost, parce que source presque exclusive de fourrage en saison sèche.

3-2 PROBLEMATIQUE DU BILAN ORGANIQUE ET MINERAL

Les interrogations sur le bilan organo-minéral des parcelles soumises à la pratique du « zaï » sont rendues nécessaires du fait :

- de la faible disponibilité inter-annuelle de la matière organique et de la variabilité d'un producteur à l'autre de la dose appliquée,
- de la gestion cyclique de la fertilité des sols soumis à cette pratique (cf. planification des aménagements), qui suppose que les besoins des cultures puissent être couverts pendant trois (3) à quatre (4) campagnes par les apports effectués la première année,
- de la concentration de l'eau et de la matière organique dans un poquet de « zaï ». Cette situation, dans l'hypothèse d'une création de conditions favorables à la décomposition du compost pouvant accroître le taux de minéralisation de la matière organique du sol et partant, la lixiviation des éléments minéraux ainsi libérés.

Les études sur la question restent cependant encore limitées. En règle générale, le bilan organo-minéral d'un sol cultivé est évalué de la façon suivante :

3-2.1 Termes et méthodes d'évaluation du bilan organique

Les matières organiques qui viennent alimenter le stock organique du sol (Cf figure 3) sont (PIERI, 1989 ; MUSTIN, 1987) :

- les racines, les pailles et toutes les matières organiques à C/N élevé (20-90) entrant dans la fraction organique libre « C. lib » ;
- les produits transformés, à C/N plus bas, proches de la fraction organo-minérale « C.form », c'est-à-dire les fumiers, les composts etc...

La matière organique apportée au sol évolue ; une fraction importante se minéralise rapidement ; l'autre fraction s'humifie pour donner une matière organique de néoformation, plus résistante dite humus stable, qui ne se minéralise que plus lentement.

De façon générale, cette évolution de la matière organique dans le sol consiste en un constant remaniement au cours de processus successifs de minéralisation - réorganisation sous l'action des micro-organismes du sol (Ministère de la Coopération/ GRET, 1979). Cette évolution est variable dans le temps et dans l'espace ; elle croît avec la température avec un optimum voisin de 36°C, et exige une certaine humidité. Elle est nulle en conditions sèches. BACYE et al (1998) mettent effectivement en relief, la liaison entre la vitesse d'évolution de la matière organique et les conditions hydriques, liées à la texture et à la position du sol dans la toposéquence.

Le bilan organique est généralement calculé par des méthodes comme le

modèle de base de Henin et Dupuis (SEBILLOTE, 1991) qui permet d'écrire le bilan de l'année n à n+1 sous la forme :

$$\underbrace{C_{n+1} - C_n}_{\text{Bilan}} = + \underbrace{K_1 m_n}_{\text{Entrée}} - \underbrace{K_2 C_n}_{\text{Sortie}}$$

- Avec :
- m : masse exprimée en carbone des apports de l'année n,
 - K1 : Coefficient isohumique,
 - K2 : Coefficient de minéralisation,
 - Cn ; Cn+1 : Quantité de Carbone (m.o = Cx1,72) de l'année n ou n+1.

L'utilisation d'un tel modèle suppose cependant une connaissance parfaite des différents coefficients de transformation K1 et K2 ; ce qui n'est pas le cas pour cette étude.

3-2-2 Termes et méthodes d'évaluation du bilan minéral

Le bilan minéral d'un sol cultivé est réalisé quant à lui par la somme (Figure 4) :

- des entrées qui comportent ; les apports organiques, les apports d'engrais et les apports d'effluents divers ;
- et des sorties qui comprennent ; les exportations minérales par les cultures, les pertes par lixiviation liées au drainage, les pertes par érosion et par ruissellement ;

A ce schéma s'ajoutent les termes propres au bilan minéral de l'azote ; il s'agit de la fixation biologique (essentiellement symbiotique de l'azote atmosphérique), et de la perte de l'azote par divers processus (dénitrification et volatilisation ammoniacale).

L'évaluation du bilan minéral pose généralement moins de problèmes que celle de la matière organique, et peut être réalisée par deux voies (PIERI, 1989) :

- celle de la balance des entrées et des sorties, qui permet de l'écrire sous l'équation suivante : $\text{Bilan} = \text{Stock Initial} + \text{Apports} - \text{Pertes}$
- et celle de la mesure de la variation dans le temps du stock minéral du sol. Ce procédé permet de poser le bilan sous l'équation :

$$\text{Bilan} = \text{Stock Final} - \text{Stock Initial}$$

Le bilan ainsi élaboré est jugé acceptable si le Stock Final obtenu est inférieur à la somme Stock Initial plus Apports. On considérera alors pertinent d'estimer par déduction (selon la formule ci-après), les pertes par lixiviation à partir de cette variation des stocks :

$$\text{Lixiviation} = \text{Entrées} - \text{Sorties Connues} - \text{Variation Stock}$$

Sorties non connues Apports orga+atmosph. Exportat^o.cult. Bilan.

3-3 OBJECTIFS ET JUSTIFICATIONS DE L'ETUDE

3-3.1 Objectifs globaux

Deux objectifs globaux ont été retenus pour l'étude, à savoir ;

- établir à l'échelle de la parcelle sous technique « zaï », le bilan de l'utilisation de la matière organique et des éléments nutritifs majeurs ;
- proposer aux paysans des doses de fumure organique, notamment au poquet, pour une gestion plus rationnelle de la fertilité des sols et des ressources biologiques dont elle dépend.

3-3.2 Objectifs spécifiques

De façon spécifique il s'agit de :

- a) partir de la matière organique produite sur les exploitations pour conduire au champ (dans cinq villages sites), une expérimentation en vue de :
 - observer les pratiques paysannes de gestion de la matière organique et d'expliquer

les différentes améliorations apportées dans ce sens à la technique du « zaï », par les paysans innovateurs suivis,

- mesurer l'impact de la quantité et de la qualité de la matière organique combinée avec le type d'amélioration apporté par les paysans au dispositif spatial des poquets de « zaï »,
 - mesurer l'efficacité, au cours du cycle de culture, de l'utilisation de la matière organique et des éléments minéraux (N et P notamment),
- b) identifier et évaluer sur les exploitations suivies, et ce parallèlement à l'expérimentation, toute initiative paysanne digne d'intérêt pour le présent thème d'étude.

3-3.3 Justification

L'étude des effets du « zaï » sur le niveau organique et minéral des sols et sur les rendements du sorgho, dans le contexte de ressources agrobiologiques limitées caractérisant la zone de l'étude, se justifie par la nécessité de rationaliser l'emploi de la matière organique, principal facteur limitant à l'expansion du « zaï » dans la zone. En effet, les quantités de matière organique utilisées par unité de surface par les paysans sont parfois extrêmement élevées, avec des risques évidents de gaspillage, alors que les quantités annuellement produites ne sont jamais suffisantes pour fumer toute l'exploitation en une seule année.

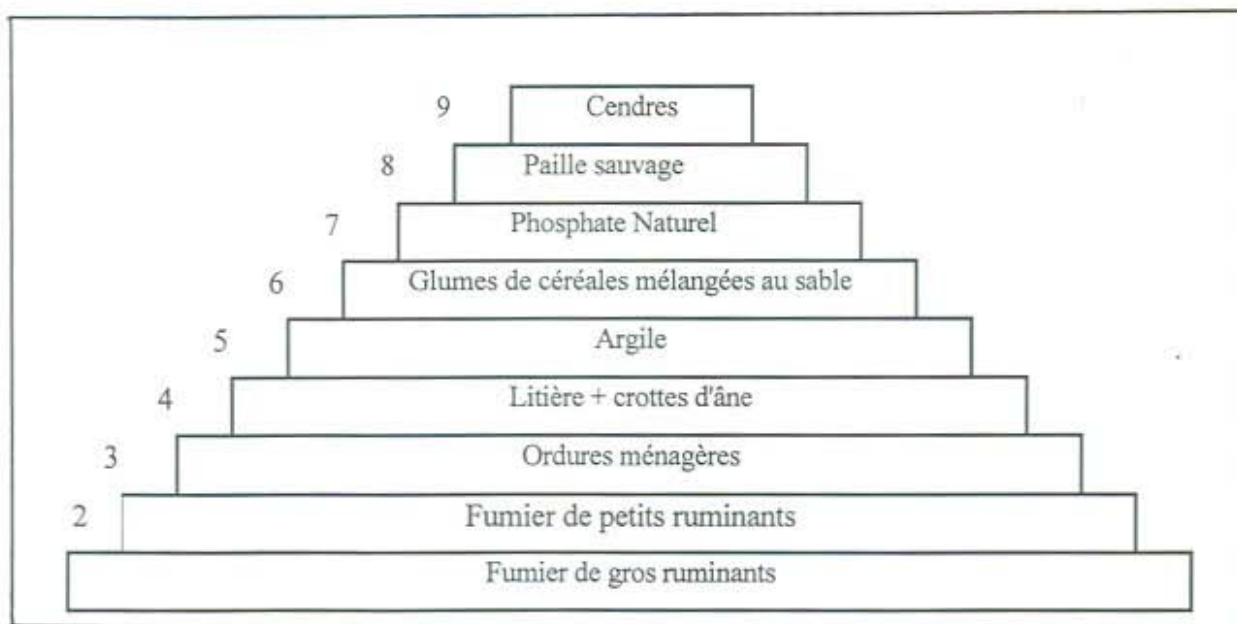


Figure 5 : Structure des composantes agrobiologiques du compost destiné au « zaï », dans un ordre décroissant d'importance.

Source : HIEN et OUEDRAOGO (2000)

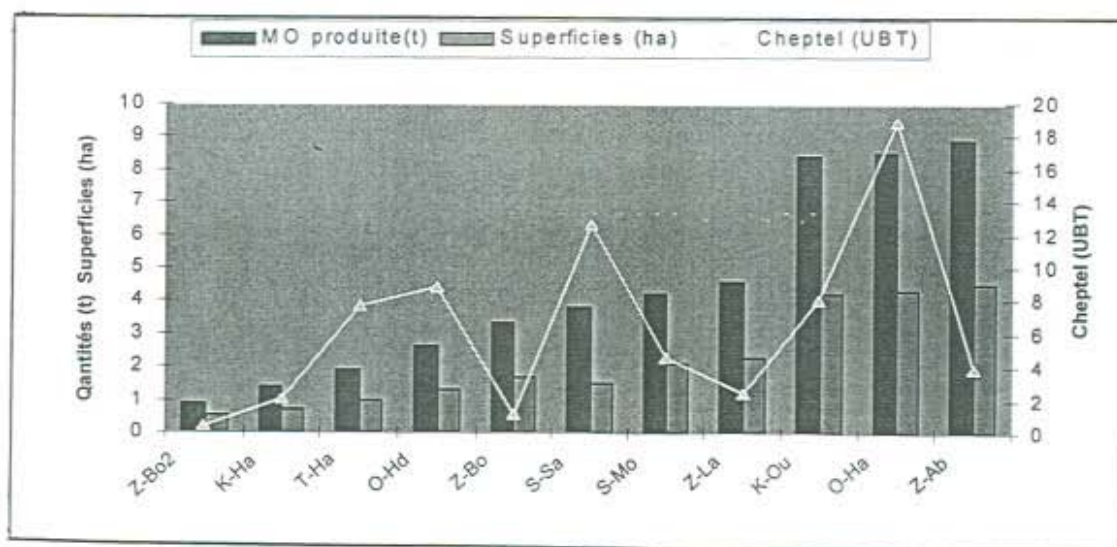


Figure 6 : Quantité de compost produite, superficie aménageable en « zaï » et cheptel disponible dans l'exploitation.

Source : HIEN ET OUEDRAOGO (2000)

CHAPITRE IV : APPROCHE METHODOLOGIQUE

4-1 DEMARCHE DE RECHERCHE

4-1.1 Choix des exploitations

Les deux premières étapes de l'étude ont été conduites dans la seule province du Yatenga, conformément au principe du Développement Participatif de Technologie (D.P.T), avec la participation de 12 *paysans innovateurs*. Pour cette troisième étape, six (6) exploitations dont trois (3) nouvelles ont été dans un premier temps retenues dans six villages (Bogoya, Soumiaga, Gourcy, Kouba, Ranawa et Komsilga) des provinces du Yatenga et du Zandoma, où le « zaï » est pratiqué, avec le sorgho comme culture dominante. Ce choix est basé sur deux (2) critères :

- leur savoir-faire en matière de CES,
- les innovations apportées par chacun d'eux dans le domaine du « zaï » .

Cette répartition prend en compte de façon tacite les deux (2) zones (sud et centre) les plus favorables à la diffusion du « zaï » dans la région, en raison de leur forte densité de population, de la forte pression sur les ressources naturelles et d'un niveau élevé de diffusion des technologies (voir zonage de la région en page 12). Le site de Komsilga a été cependant abandonné par la suite car non seulement le terrain qui a été prêté au paysan par les villageois ne convenait pas au « zaï » mais en plus ce test a connu dès le départ un certain nombre de ratés dans sa mise en place.

Sur chacune des cinq (5) exploitations finalement retenues pour l'étude proprement dite (cf. figure 7), les opérations exécutées et les paramètres suivis sont ci-après résumés en paragraphe 4.1.2.

Parallèlement à cette étude, le site de Komsilga dont le test a été abandonné a bénéficié néanmoins d'un suivi qui a porté sur un test de comparaison de trois sources de matière organique (cf. figure 8) initié par ce paysan. Ce test a autant que possible fait l'objet des mêmes observations que l'étude précédente.

4-1.2 Opérations exécutées et paramètres suivis

4-1.2-1 Choix des parcelles expérimentales

Les sols retenus pour l'étude figurent parmi ceux généralement jugés adaptés au « zaï ». Pour les besoins de suivi de la fertilité, ils ne devraient pas avoir fait l'objet d'apports de fertilisants depuis au moins 5 ans.

4-1.2-2 Choix du matériel végétal

Le choix des variétés de sorgho à cultiver a été laissé à l'appréciation des paysans ; aussi celles utilisées, au nombre de cinq (5) sont-elles toutes locales :

- l'une précoce (cycle de 90 jours) fournie par l'association des groupements « zaï » de Ouahigouya aux paysans expérimentateurs de Soumyaga et de Komsilga qui en sont membres ;
- trois autres, également précoces (cycle de 90 jours) semées sur les sites de Bogoya Ranawa et Gourcy.
- la dernière, semi-précoce (cycle de 120 jours) retrouvée sur le site de Kouba.

4-1.2-3 Caractérisation des sols

Sur chacune des parcelles retenues, les sols ont été caractérisés :

- sur le plan physique et hydrodynamique par la présence d'aménagements anti-érosifs, d'arbres, de termitières, leur localisation dans la toposéquence, leur texture et leur densité apparente en début de campagne,
- et sur le plan chimique par leur teneur en matière organique , en éléments minéraux nutritifs (principalement N, P et K) et leur PH.

Pour les besoins des différentes analyses au laboratoire, deux séries de prélèvements de sol ont été réalisées ; l'une en début de campagne (à la tarière) et l'autre en fin de cycle. Pour la seconde série de prélèvements, les sols étant déjà secs, il a fallu ouvrir quatre petites fosses par parcelle (soit $4 \times 16 = 64$ fosses par test complet). A l'intérieur de la parcelle, l'échantillon primaire est obtenu en prélevant dans chacune des fosses, une petite quantité de terre sur l'horizon 0-30 cm. Pour chacun des deux types d'aménagement (simple et

concentré), les échantillons primaires sont regroupés en deux échantillons moyens en fonction de la dose de fumure (dose normale et demi-dose). Chaque échantillon moyen après mélange fournit un échantillon soumis.

4-1.2-4 Echantillonnage et caractérisation chimique de la matière organique

a) Echantillonnage

L'échantillonnage de la matière organique avait pour but de déterminer la quantité de matière appliquée par poquet de « zaï » et partant, la dose à l'hectare.

Pour ce faire, nous avons procédé au moment de l'application de la fumure, à un prélèvement au hasard de 10 échantillons par site. Il s'agissait de suivre le producteur au champ pendant l'application, et de stopper par moments son mouvement pour prendre la quantité de matière qu'il a en main. Ces échantillons sont pesés pour connaître la quantité moyenne appliquée par poquet. Cette moyenne est extrapolée à l'hectare (en multipliant la quantité moyenne de matière appliquée au poquet par le nombre moyen de poquets à l'hectare) pour avoir la dose utilisée par chaque paysan (dose paysanne).

b) Caractérisation chimique de la matière organique.

La matière organique utilisée provient dans chaque cas de l'exploitation concernée ; sa nature peut donc varier d'un paysan à l'autre. Pour sa caractérisation, un kilogramme de matière de chaque paysan innovateur a été prélevé au hasard au moment du remplissage des poquets. Les échantillons ainsi constitués sont légèrement séchés puis acheminés au laboratoire pour analyse.

4-1.2-5 Caractérisation du « zaï » pratiqué

Le premier constat est que les paysans ne creusent pas tous le « zaï » de la même façon ; la gestion de l'eau peut donc varier d'un paysan à l'autre. Aussi a-t-il été retenu pour cette étude, de conduire le test avec les deux variantes de « zaï » les plus usitées dans la région. Il s'agit (cf. annexes 1 et 2), du « zaï » en quinconce ou « zaï -yossa » (ici désigné par le terme d'aménagement simple), et du « zaï-diguette ». Chaque paysan a cependant sur son exploitation, la latitude de les exécuter conformément à sa pratique. Cette situation nous permet de caractériser le « zaï » tel qu'il est généralement pratiqué dans les conditions réelles.

4-1.2-6 Choix des doses de matière organique à tester

Le second constat est que la quantité de matière organique appliquée au poquet varie généralement d'un paysan à l'autre. Elle peut en effet aller du simple (une poignée) au double (double poignée). Dans l'hypothèse que les quantités ainsi apportées sont généralement élevées, ce qui se traduirait par un gaspillage de matière organique, il a été retenu d'en tester deux (2) doses :

- la dose paysanne, correspondant à la dose habituelle du paysan,
- et la demi-dose consistant en une application de la moitié de la dose habituelle du paysan .

La quantité de matière organique produite dans l'exploitation ne pouvant en effet satisfaire les besoins de l'exploitation en une même campagne, il importe alors de rationaliser les faibles quantités produites.

4-1.2-7 Dispositifs expérimentaux

a) Test d'évaluation des effets de deux doses de matière organique appliquées à deux types d'aménagement.

Dans la mesure où il s'agit d'étudier deux doses de matière organique sous deux types d'aménagement (soit 4 traitements), le dispositif expérimental retenu est un factoriel 2 x 2 en bloc (figure7) dont :

- le premier facteur étudié est le type d'aménagement, examiné à deux niveaux : un aménagement simple consistant en des « zaï » ordinaires et un aménagement concentré consistant en des zaï- diguette. Ce facteur se justifie par le constat que les paysans ne font pas tous le même type de « zaï » et que la collecte de l'eau dans les 2 types de « zaï » n'est pas la même.
- le second facteur étudié est la quantité de matière organique appliquée au poquet. Ce facteur est également examiné à deux niveaux qui sont : la dose paysanne correspondant à la dose habituelle du paysan (variable d'un paysan à l'autre) et la demi-dose consistant en une application de la moitié de la dose du paysan. Le second facteur est en sous bloc.

Le dispositif comporte donc 2 blocs rectangulaires correspondant aux deux niveaux du premier facteur étudié, et 16 bandes rectangulaires de 100 m², à raison de 8 bandes par bloc, réparties entre les deux niveaux du second facteur. L'isolement des traitements est assuré par des allées d'un mètre entre traitements et de 2 mètres entre blocs. Pour la conduite des travaux au champ, l'approche Développement Participatif de Technologies (D.P.T) adoptée par le Projet C.E.S-II invite au respect strict des pratiques paysannes. Aucune modification n'a été de ce fait introduite dans la pratique des paysans expérimentateurs. Les traitements retenus sont donc au nombre de quatre sur un test complet à savoir :

- T1 : dose paysanne de compost, en aménagement simple ;
- T2 : demi-dose paysanne de compost en aménagement simple ;
- T3 : dose paysanne de compost en aménagement concentré ;
- T4 : demi-dose paysanne de compost en aménagement concentré.

Aucun paysan n'étant disposé, dans les conditions de sols retenues pour l'étude à faire du « zaï » sans fumure, il n'est pas prévu de traitement témoin.

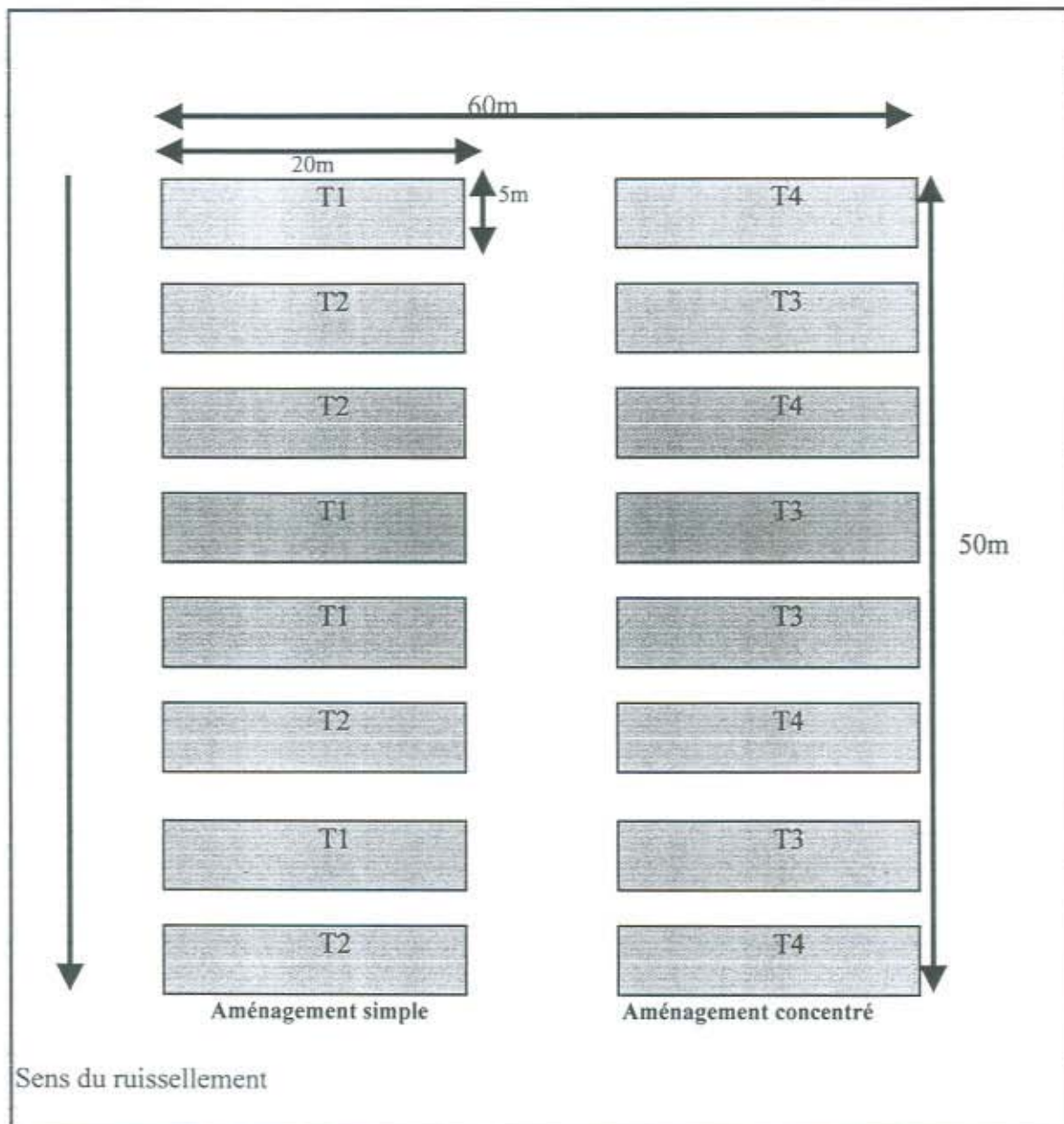


Figure 7: dispositif expérimental pour l'évaluation des effets de deux doses de matière organique appliquées à deux types d'aménagement (exemple du site de Kouba)

b) Test d'évaluation des effets de trois sources de matière organique

Le dispositif pour l'étude comparée de trois sources de matière organique comporte trois parcelles portant chacune un traitement (figure 8). Les parcelles sont disposées dans le sens est-ouest, perpendiculairement à la plus grande pente. Les trois traitements à savoir :

- P1 : parcelle fumée au compost ;
 P2 : parcelle fumée au fumier de la fosse à fumier ;
 P3 : parcelle fumée à la poudre d'étable;

sont toutes testées sur un seul type de « zaï » (en quinconce), sans fumure minérale.

L'entretien des parcelles est laissé à l'appréciation du paysan.

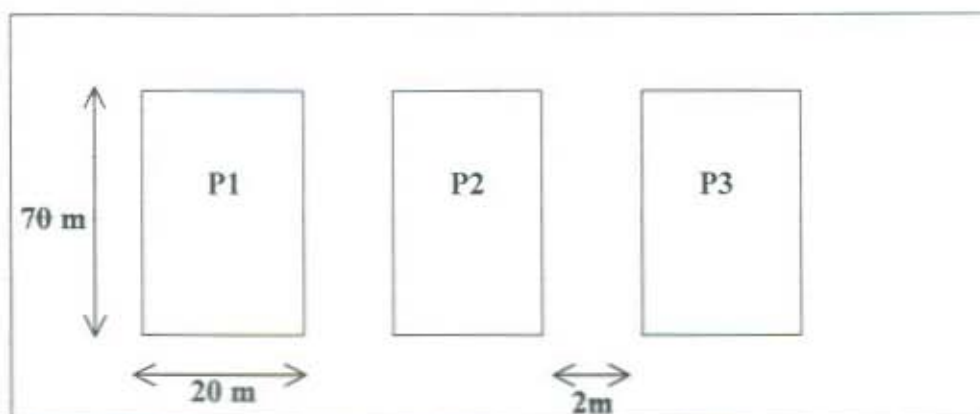


Figure 8 : dispositif expérimental pour l'évaluation de trois (3) sources de matière organique.

4-1.2-8 Méthodes d'analyses de laboratoire

Les différentes analyses réalisées l'ont été selon les méthodes en vigueur au niveau des laboratoires du Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation (CREAF) de Kamboinsé et du Bureau National des Sols (BUNASOLS). Ces analyses ont porté sur :

- le carbone organique, déterminé par la méthode WALKLEY-BLACK . La teneur en matière organique est calculée en multipliant la valeur du carbone obtenue par 1,72 (sol cultivé),
- l'azote total qui a été déterminé par la méthode de KJELDAHL ,
- le phosphore total, extrait par attaque perchlorique à chaud de 1g de sol broyé. Le dosage est effectué par colorimétrie en présence du vanadomolybdate,
- le pH eau et KCl du sol , mesuré par une suspension par la méthode électrométrique au pH-mètre à électrode de verre. Le rapport sol/solution est de 1/2,5.

4-1.2-9 Suivi des pratiques paysannes du « zaï »

Les observations sur les pratiques paysannes du « zaï » ont eu pour but de permettre de comprendre et d'expliquer les améliorations éventuellement apportées par chaque paysan sur son exploitation. Ces observations ont porté sur :

- la planification des aménagements,
- les densités et les modes de semis,
- l'entretien des cultures,
- la récolte et la gestion des résidus cultureux.

Ces données ont été généralement collectées grâce à l'observation directe et aux interviews qui, à l'occasion de chaque passage sur l'exploitation, ont permis de poser des questions de compréhension et d'écouter les paysans faire librement leurs commentaires sur le « zaï » et sur l'expérimentation en cours.

Pour les densités de semis, nous avons sur chaque exploitation procédé au comptage par parcelle du nombre de poquets creusés. Ce nombre a été extrapolé à l'hectare pour avoir la densité de semis.

4 .1.2.10 Observation de la croissance et du développement des plantes

*** les semis et la levée**

Cette évaluation a été effectuée quand cela était possible, à partir de l'arrivée sur le terrain de l'observateur. Dans tous les cas la qualité des levées a été calculée sur les premiers semis par un comptage par parcelle du nombre de poquets levés.

*** la croissance des plants.**

Le suivi de la croissance des plants a porté sur une série de mesures de leur hauteur à différentes dates d'observations. Quatre à cinq mesures ont été ainsi effectuées sur deux lignes retenues dès le départ dans chaque parcelle.

*** l'absorption des éléments minéraux par les cultures**

A partir de la quatrième semaine, et tous les 15 jours environ, des prélèvements de plants ont été effectués. Il s'agissait à chaque prélèvement, de constituer par parcelle un

échantillon primaire composé de 4 plants pris au hasard. Pour chacun des deux types d'aménagement mis en place, les échantillons primaires sont regroupés en deux échantillons soumis en fonction de la dose de fumure (soit 4 échantillons soumis par essai complet et par prélèvement). Ces échantillons ont été pesés, séchés à l'ombre, puis acheminés au laboratoire pour séchage à l'étuve et analyse.

*** la production grain et paille**

L'évaluation des rendements a porté sur une mesure séparée de la production d'une parcelle utile de 54m² obtenue en délimitant de part et d'autre de la parcelle élémentaire, une bordure d'un mètre de large. Pour cette parcelle utile, les tiges et les panicules ont été pesées à l'état humide ; puis :

- deux échantillons de 5 kg, respectivement de tiges et de panicules ont été prélevés . Ils ont été séchés au soleil jusqu'à poids constants ;
- les tiges ont été alors pesées une seconde fois et leur poids sec a été rapporté au poids humide puis extrapolé à l'hectare pour avoir le rendement de matière sèche ;
- les panicules sèches ont été battues, vannées, et leur poids en grain déterminé. Ce poids de grains secs a été, à l'instar de celui des tiges, rapporté au poids des panicules humides de la parcelle, puis extrapolé à l'hectare pour avoir le rendement en grain.

4-2 APPROCHE DU BILAN ORGANO-MINERAL DE LA PARCELLE SOUS « ZAÏ »

4-2-1 Bilan organique

En rapport avec les termes théoriques du bilan organique d'un sol cultivé (PIERI, 1989), les principaux termes d'évaluation que nous avons retenus pour cette étude sont :

- le rendement qui intervient directement par l'accroissement potentiel des restitutions qu'il représente (pailles, racines, glumes),
- les apports organiques qui ont un effet direct sur le solde organique ;
- la minéralisation de la matière organique libre et humifiée.

Les pertes mécaniques de matières solides du fait de la modification du circuit et du débit de l'eau de surface par certaines pratiques agricoles, à défaut d'observations formelles qui permettent de déterminer les excédents de ruissellement pouvant quitter la parcelle et occasionner ces pertes sont considérées comme négligeables. Nous considérons en effet, que les cordons pierreux et les « zaï » mis en place agissent, à l'instar des diguettes en terre (HIEN,1995) comme ouvrages d'absorption du ruissellement et permettent ainsi de minimiser ces pertes solides pouvant résulter d'un ruissellement naturel.

Le bilan organique que nous présentons est donc basé sur les entrées et les sorties du compartiment organique du sol, et estimé grâce aux termes principaux de bilan que nous avons retenus pour le cas spécifique du « zaï ». Dans cette approche qui est basée sur l'équation **Bilan = Stock initial + Apports - Pertes** ;

- le stock initial ou réserve organique du sol (paramètre connu) est calculé grâce aux analyses chimiques d'échantillons de sol prélevés en début de cycle. La réserve en matière organique est obtenue en affectant au poids de terre calculé sur une épaisseur de 30cm, la teneur du sol en matière organique ;
- les apports (également connus) sont calculés grâce à l'analyse au laboratoire des échantillons de composts. Pour un traitement donné, l'apport de matière organique est calculé en affectant à la dose de compost apportée à l'hectare, sa teneur en matière organique ;
- quant aux pertes, principales inconnues de l'équation, elles sont estimées sur la base d'un coefficient de pertes annuelles en matière organique (k) emprunté à la littérature(PIERI, 1989 ; BACYE et al, 1998).

Nous avons ensuite tenté de confronter les résultats de cette approche à ceux de deux (2) méthodes classiques qui sont :

* **le modèle proposé par PIERI** (1989) qui fait intervenir :

- les pertes en matières organiques dues aux techniques culturales,
 $PN_1 = K_s \times \% \text{ de m.o du sol } \times \text{ poids de terre,}$
- les pertes en matières organiques dues à la fumure minérale azotée,
 $PN_2 = B_n \times \text{ dose d'engrais } \times \text{ poids de terre}$ (inexistantes dans le cas de

cette étude en raison de l'absence d'apports d'engrais minéraux),

- les gains annuels en matières organiques dus à l'apport du fumier ;

$$\text{Gains} = h \times \text{Apports compost,}$$

Et propose un bilan sur la forme :

$$\boxed{\text{Bilan organique} = \text{Gains} - \text{Pertes} = h \times \text{Apports en m.o} - \text{PN}_1}$$

Avec : h = taux annuel d'enrichissement,

ks = taux annuel de perte en matières organiques.

Pour l'utilisation de ce modèle, nous retiendrons, à défaut de mesures directes, les valeurs de 10% pour h, et de 2 à 4% pour k, respectivement sur sols limono-sableux et sableux. En effet, les moyennes générales obtenues par PIERI, (1989) pour K à partir de travaux de plusieurs chercheurs sont de 4,7 et 2%, respectivement sur sols sableux et limono-sableux. Le coefficient de 4,7% ayant cependant été obtenu sur des parcelles labourées chaque année en culture attelée, cet auteur estime qu'une valeur inférieure à 4,7% pour des sols sableux travaillés en culture manuelle continue serait réaliste. Aussi propose-t-il de retenir en définitive la valeur de K=4% pour les sols sableux. Des résultats assez similaires sont obtenus par BACYE et al, (1998), dans des conditions proches de la pratique du «zaï» (enfouissement de sachets de m.o), avec des constantes de vitesse de perte K de l'ordre de 0,033 et 0,015% par jour, respectivement sur sols sableux et argilo-limoneux.

Quant au taux annuel d'enrichissement en matière organique(h), les expérimentations à Saria ont permis de relever (PIERI, 1989), un taux d'enrichissement dégressif en fonction des doses de matière organique apportées, avec des valeurs de h = 14 et 5% pour respectivement 4,5 et 36 t/ha /an de matière organique. Selon ce même auteur, «les informations quantitatives fiables sur l'évaluation de ce taux sont rares ; mais cette expérimentation fournit un intervalle de valeurs encadrant la valeur de 10% souvent avancée dans d'autres conditions ; et qui serait applicable dans notre zone d'étude ».

* et celui du suivi dans le temps de la variations des stocks, basé sur l'équation

Bilan = Stock Final - Stock Initial dans laquelle les différents stocks comparés sont déterminés grâce à l'analyse au laboratoire de deux séries d'échantillons de sols prélevés en début et en fin de cycle.

4-2.2 Bilan minéral

Pour le cas particulier de cette étude, caractérisée par une insuffisance de matériel de mesure des différents paramètres, le bilan minéral de la parcelle sous «zaï» est présenté comme un cas simplifié de bilan, au regard de l'incidence de cette pratique culturale sur les principaux termes de ce bilan qui sont :

* Les fixations biologiques de l'azote atmosphérique

La fixation biologique de l'azote par des micro-organismes non symbiotiques est un phénomène connu, mais dont l'impact réel sur l'équilibre azoté d'un sol serait encore mal connu. En pratique, pour les systèmes de cultures pluviales les plus communes des zones arides et semi-arides, cette source d'apport serait négligeable (PIERI, 1989). Il n'en est pas de même (en conditions hydrique favorables) pour la fixation de l'azote atmosphérique par les associations symbiotiques entre les bactéries fixatrices du type de *rhizobium* et les légumineuses (CHAREAU et VIDAL, cités par PIERI, 1989). A défaut de mesures cependant, nous supposons dans le cas de la présente étude, que la nature très dégradée des sols faisant l'objet de la récupération, leur faible niveau d'enherbement en première année et les désherbages réalisés, minimisent considérablement les possibilités de fixation symbiotique de l'azote.

* Les apports par les engrais minéraux.

Le dispositif expérimental n'ayant pas prévu de fumure minérale, ce terme ne sera pas pris en compte dans notre bilan.

* la réserve totale du sol en éléments minéraux

La réserve du sol en début de cycle (Stock Initial) est déterminée sur chaque site par l'analyse chimique d'échantillons de sol. Pour une unité de surface, la réserve est obtenue en affectant à un poids de terre calculé sur l'horizon 0-30cm, les teneurs du sol en éléments minéraux.

* Les apports minéraux d'origine atmosphérique

L'évaluation des apports minéraux par les poussières et par les eaux de pluies a fait l'objet de divers travaux (WETSCLAAR et al, 1963 ; ROOSE, 1981 cités par PIERI, 1989 ;

JEANSEN, cité par HIEN, 1995). Si les quantités d'azote y sont très variables, on observe que les apports de K, Mg et P sont toujours très faibles.

La présente étude n'ayant pas effectué ces mesures, nous avons adopté comme base d'estimation, les résultats obtenus par l'I.N.E.R.A à partir de trois années d'observations à Saria (Burkina Faso).

Ces observations estiment que chaque mm de pluie apporte aux pâturages naturels, 63g/ha d'N, 2,4g/ha de P, et 4g/ha de K (ROOSE, cité par PIERI, 1991). Les apports ont donc été calculés en affectant à la pluviométrie de la campagne ces valeurs empruntées à la littérature.

*** Les apports minéraux d'origine organique (par les composts) .**

Pour la présente étude, les apports organiques constituent l'unique forme de fumure pratiquée, et donc la principale source d'entrée minérale du bilan. Pour les différents sites expérimentaux, les apports minéraux liés à la fumure organique sont obtenus en affectant à la dose de matière organique apportée à l'hectare, les teneurs en éléments minéraux des composts utilisés.

*** les pertes minérales par érosion et par ruissellement**

Tel que présenté par divers auteurs (ROOSE ; PIERI ; BAILLY et al ; BIROT et GALABERT ; in IRAT, 1968 ; NICOU et OUATTARA, 1984 ; NICOU et SOME, 1983), le phénomène de l'érosion comprend non seulement le décapage mécanique de la surface du sol, mais aussi l'appauvrissement en colloïdes et bases des premiers centimètres du sol.

Dans la présente étude, à défaut d'observations, ces pertes sont cependant considérées comme négligeables. Nous considérons en effet, tout comme pour les pertes solides précédemment décrites en (paragraphe 4-2.1), que les cordons pierreux et les «zaï» mis en place agissent, à l'instar des diguettes en terre (HIEN, 1995), comme ouvrages d'absorption du ruissellement et permettent ainsi de minimiser les pertes minérales pouvant résulter d'un ruissellement naturel.

*** Les pertes d'azote sous forme gazeuse**

Les pertes d'azote sous forme gazeuse comprennent :

- les pertes par dénitrification, généralement considérées comme de faible importance (GREENLAND et al, cité par PIERI, 1989). Elles ne sont donc pas prises en compte dans notre cas ;
- et les pertes par volatilisation qui peuvent être considérables dans le cas du brûlis des résidus de récolte ou d'application d'engrais azoté à la surface de sol très sableux et en présence de pailles (Ganry et al cité par PIERI, 1989) ; ce qui n'est pas le cas dans notre expérimentation. Toute fois, la concentration du compost et de l'eau dans les poquets de « zaï » peut entraîner la poursuite du processus de décomposition d'où pourraient résulter des pertes gazeuses. A défaut de mesures cependant, nous les considérons comme négligeables, car l'amélioration paysanne du « zaï » consistant à n'appliquer la fumure qu'à l'approche de l'hivernage et à la recouvrir au besoin d'une mince couche de terre a pour but de minimiser ces pertes.

* Les exportations minérales par les plantes

Toute plante prélève dans le sol une certaine quantité d'éléments minéraux et les stocke dans ses tissus. Pour les plantes cultivées, il y a nécessairement à la récolte une exportation d'une partie de ces éléments.

Les mobilisations (par les pailles) et les exportations (par les grains) ont été calculées à partir de la teneur en éléments de ces matériaux que nous avons rapportés aux rendements. Dans la mesure où il nous est difficile d'évaluer la proportion de paille non restituée aux parcelles, nous avons d'abord considéré l'ensemble de ces mobilisations comme exporté. Cette surestimation des exportations est corrigée dans le bilan par la prise en compte des apports organiques.

* les pertes minérales par lixiviation

Dans un grand nombre de pays tropicaux, la perméabilité des sols baisse rapidement dans les horizons profonds ; il en résulte un engorgement temporaire lorsque les pluies sont importantes et violentes. Cet excès d'eau tendra à s'écouler à l'intérieur du profil, entraînant avec elle les éléments minéraux du sol. Par un dispositif expérimental il est généralement possible de recueillir des échantillons de cette eau et de les analyser. Ces échantillons sont représentatifs des qualités physico-chimiques des eaux de drainage et reflètent la richesse

chimique des solutions du sol et le niveau de saturation du complexe absorbant (ROOSE et GODEFROY in IRAT, 1968).

Bien que non mesurées dans notre cas, par défaut de matériel, ces pertes existent et seront donc estimées par déduction (paragraphe 3-2.4). En général, c'est la pluviométrie en début de saison, l'enracinement de par sa cinétique d'installation, et le flux des nitrates qui déterminent l'importance de la lixiviation. Dans le cas présent, notre hypothèse est que la concentration des eaux et de la matière organique dans les poquets de « zaï » favorise la minéralisation du stock organique et peut ainsi entraîner des pertes plus ou moins importantes par lixiviation.

Pour le cas de cette étude, si les stocks initiaux et finaux (déterminés en début et en fin de cycle par des analyses chimiques de sols), les apports retenus (apports organiques et atmosphériques) et certaines pertes (exportations par les cultures) sont considérées connues, il n'en est pas de même pour les pertes par lixiviation que nous avons tenté d'estimer. Notre cheminement pour l'établissement du bilan a donc consisté :

- en l'élaboration préalable d'un **bilan minéral apparent (ou brut)**, par simple confrontation des entrées sous forme de fumure et des sorties dues aux exportations minérales des cultures. Cette estimation nous permet, si les fumures sont quantitativement inférieures aux exportations, d'affirmer que les cultures puisent dans les réserves du sol.
- Puis en une approche, par la méthode du suivi de la variation dans le temps du stock minéral, d'un bilan qui, s'il s'avérait pertinent, devait nous permettre d'estimer par déduction les pertes par lixiviation.

4-2.3 Les limites de ce bilan sous « zaï »

Dans les conditions de cette étude, les limites de l'approche que nous avons retenue pour le calcul du bilan se résument :

- à l'absence de mesures sur les pertes minérales par lixiviation ; ce qui nous a contraint à les estimer. Du reste, l'état superficiel des sols dans la plupart des cas ne permet qu'un faible drainage profond,
- et dans une moindre mesure à l'absence de mesures du ruissellement qui aurait

mieux renseigné sur les pertes éventuelles par érosion ; le « zaï » étant d'abord une technique de collecte du maximum d'eau de pluie qui vise à empêcher le ruissellement ;

- au niveau de précision des opérations de prélèvements et d'analyse des échantillons de sols et de composts dont dépendra en grande partie la pertinence d'un bilan fondé sur la variation dans le temps des stocks organiques et minéraux du sols.

4-3 Chronogramme des observations

Le chronogramme des travaux et des observations au cours de la campagne est ci-après présenté en tableau 5.

Tableau 5: Chronogramme des observations de la campagne

Sites	Bogoya	Komsilga	Somiaga	Gourcy	Ranawa	Kouba
Opérations						
Caractérisation physique des sols et 1 ^{er} prélèvement de sol	mai 99	Mai 99	Mai 99	mai 99	Mai99	mai 99
Echantillonnage de la m .o. et application de la m.o.	27 mai 99	13 juil. 99	27 mai 99	28mai	28 mai 99	28 mai 99
Pluie avant semis	21 mai 99	11 juil. 99	26 juin 99	26 juin 99	28 mai 99	17 juin 99
Premier semis	5 juin 99	13 juil. 99	27 juin 99	28 juin 99	24 mai 99	18 juin 99
Pluie après semis	24 juin 99	23 juil. 99	2 juil. 99	9 juil 99	11 juin 99	21 juin 99
Date de levée	28 juin 99	17 juil. 99	2 juil. 99	13 juil 99	15 juin 99	23 juin 99
Premières observations : comptage des poquets de zaï	31 juil. 99	26 juil. 99	10 août 99	16 août 99	16 août 99	29 août 99
Premier sarclage – démariage	20 juil. 99	3 sept. 99	8 août 99	20 août 99	31 juil. 99	14 juil. 99
1 ^{ère} mesure hauteur et prélèvement de plants	5 août 99	-	4 août 99	-	3 août 99	3 août 99
2 ^{ème} mesure de hauteur et prélèvement de plants	21 août 99	21 août 99	23 août 99	20 août 99	22 août 99	20 août 99
2de désherbage	8 sept 99	-	-	-	10 sept. 99	14 août 99
3 ^{ème} mesure de hauteur et prélèvement de plants	6 sept. 99	6 sept. 99	7 sept. 99	10 sept. 99	9 sept. 99	11 sept. 99
Montaison gonflement des plants	6 sept. 99	16 sept. 99	7 sept 99	15 sept. 99	9 sept. 99	11 sept 99
Floraison à 50 – 60%	16 sept. 99	20 sept. 99	20 sept. 99	24 sept. 99	20 sept. 99	21 sept. 99
4 ^{ème} mesure de hauteur des plants	29 sept. 99	-	30 sep. 99	24 sept. 99	2 oct. 99	3 oct. 99
5 ^{ème} mesure de hauteur des plants	25 oct. 99	29 oct. 99	30 oct. 99	6 – 7 oct. 99	30 - 31 oct.	3 – 4 nov. 99
Récolte et 1 ^{ère} pesée à l'état frais des productions	24-25 oct. 99	30 oct. 99	26-28 oct. 99	6 – 7 oct. 99	30 - 31 oct.	2 – 4 nov. 99
5 ^{ème} prélèvement de plants pour le laboratoire	25 oct. 99	29 oct. 99	27-28 oct. 99	6 – 7 oct. 99	30 - 31 oct.	3 6 4 nov. 99
2 ^{ème} pesée à l'état sec des productions	4 déc. 99	8 déc. 99	7 déc. 99	10 déc. 99	11 déc ; 99	10 déc. 99
2 ^{ème} prélèvement de sol pour labo	15-16 déc. 99	13 déc. 99	18-19 déc. 99	29 – 30 déc.	3 – 4 déc. 99	25-26 déc.
Prélèvement d'échantillons de sols pour le laboratoire.	--	--	19Juin.00	20Juin.00	-	20 juin 00

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

5-1 CARACTERISTIQUES DE LA CAMPAGNE AGRICOLE

Les pluviomètres acquis dans le cadre de l'étude ayant été tardivement installés, le régime pluviométrique a été apprécié grâce aux relevés :

- de la station météorologique de Ouahigouya pour les tests de Somyaga, Bogoya et Komsilga ;
- du Groupement Villageois (G.V) de Ranawa pour le test dudit village ;
- et de la Direction Provinciale de l'Agriculture du Zandoma (Gourcy), pour les tests de Gourcy et de Kouba.

Dans l'ensemble, la campagne a connu une installation tardive des pluies. Le cumul pluviométrique est cependant proche de la normale car les précipitations ont été par la suite assez régulières jusqu'aux récoltes. La pluviométrie utile (semis-récolte) peut ainsi être évaluée à 650,5mm à Gourcy, 653,4mm à Ranawa et 578mm à Ouahigouya ; ce qui couvre assez correctement les besoins annuels en eau d'une culture de sorgho ; estimés dans la zone à 482 – 682 mm pour des variétés de 100 – 135 jours (CHANTEREAU et NICOU, 1991).

5.2.- CARACTERISATION DES SOLS ET DE LA MATIERE ORGANIQUE

5.2.1- Caractéristiques des sols utilisés.

Les caractéristiques des sols utilisés pour l'expérimentation sont ceux mentionnés aux tableaux 6 et 7 ci-dessous.

Tableau 6 : types de sols utilisés pour l'expérimentation

Nom du paysan innovateur	Village	Type de sols (CPCS) et caractéristiques physiques
Kindo Ousséni	Bogoya	Sols minéraux bruts sur buttes cuirassées
Zoromé Ousséni	Somyaga	Sols ferrugineux tropicaux lessivés(légèrement indurés)
Ouédraogo Harouna	Ranawa	Sols ferrugineux tropicaux lessivés(gravillonnaires en surface)
Ouédraogo Ali	Gourcy	Sols minéraux bruts (situés en sommet de butte)
Bissiri Hamadé	Kouba	Sols ferrugineux tropicaux lessivés
Zallé Abdoulaye	Komsilga	Sols ferrugineux tropicaux lessivés(à fort recouvrement gravillonnaire en surface)

On y distingue deux (2) types de sols :

- les sols ferrugineux tropicaux lessivés présents chez 4 paysans. Ce sont des sols de texture variée (tableau 7), sujets à l'érosion. Le recouvrement gravillonnaire est très élevé en surface, conséquence de l'entraînement des éléments fins du sol par l'eau et le vent.
- les sols minéraux bruts sur buttes cuirassées. Ce sont des sols superficiels d'où part le ruissellement des eaux. Le plus souvent ils ne sont pas faits pour l'agriculture, même avec des dispositifs anti-érosifs simples.

Le tableau 6 résume leurs caractéristiques granulométriques et chimiques. Ce sont tous des sols acides. Leur teneur en matière organique inférieure à 2% indique qu'ils sont pauvres à très pauvres, et par conséquent peu indiqués pour l'agriculture. Ils sont en outre pauvres à très pauvres en Azote (N) et en phosphore (P), mais avec un rapport C/N moyen à élevé et peuvent sous réserve de pratiques agricoles appropriées être réhabilitées pour l'agriculture.

De l'avis des paysans, ces sols figurent parmi ceux généralement réservés au « zaï », et parmi les plus convoités par les adeptes du « zaï » en raison du fait qu'ils leur garantissent une triple sécurité :

- en année de forte pluviométrie ce sont ces sols qui, travaillés au « zaï », fournissent les meilleurs rendements en raison de leur bon drainage ;
- en année de faible pluviométrie, ces sols bien travaillés au « zaï » assurent toujours des rendements satisfaisants et en général supérieurs à ceux de hautes terres non aménagées.
- considérés comme marginaux, ils sont relativement plus accessibles aux allochtones.

Pour ces raisons, ces paysans innovateurs ainsi que nombre de propriétaires terriens avertis sont de plus en plus réticents désormais à se séparer de leurs sols minéraux, notamment ceux situés sur pente et sur sommet de butte. Cette situation semble déjà constituer une nouvelle contrainte pour les paysans usagers qui risquent à terme de voir s'amenuiser la gamme de terres auxquelles ils avaient jusque là un accès facile.

Tableau 7 : Caractéristiques de l'horizon 0-30 cm en début de cycle.

Eléments	Bogoya	Komsilga	Somiaga	Ranawa	Kouba	Gourcy
Argile %	12,12	23,87	21,31	37,37	19,55	27,44
Limon %	17,25	25,22	26,64	20,0	43,7	32,54
Sables fin %	58,3	24,85	39,42	17,37	28,77	28,41
Sables grossiers %	12,32	26,05	12,62	25,25	7,96	11,61
Texture (*)	S.a	L.A.S	L.A.S	As	L.s.a	L.A.S
Azote total (g/kg)	0,35	Nd	0,32	0,34	0,44	0,32
Phosphore total (g/kg)	0,006	Nd	0,30	0,34	0,23	0,27
Phosphore. B.(g /kg)	0,007	Nd	0,012	0,002	0,005	0,006
Potassium total (g/kg)	1,21	Nd	13,35	3,17	9,45	6,38
Carbone (%)	0,36	Nd	0,56	0,53	0,85	0,61
M.O. totale %	0,60	Nd	0,97	0,92	1,48	1,07
C/N	10,38	Nd	17,46	15,54	19,58	18,89
PH eau	5,9	Nd	5,23	5,18	5,93	5,93
PH kcl	4,45	nd	4,10	4,66	5,07	4,87

(*) Selon le Triangle des textures (G.E.P.P.A.)

S.a = Sable argileux.

A.s = Argiles sableuses.

Nd = Non déterminé

L.A.S= Limons Argilo-Sableux.

L.s.a = Limons sablo-argileux.

5-2.2 Caractéristiques chimiques de la fumure utilisée

Les caractéristiques chimiques des différents composts utilisés par les paysans dans le cadre de l'expérimentation sont ci-après présentées au tableau 8.

Tableau 8 : Caractéristiques chimiques de la matière organique utilisée

Origine du compost		Eléments de caractérisation			
Nom du paysan	Village	M.O (%)	C/N	Nt (g/kg)	Pt (g/kg)
Kindo Osséni	Bogoya	11,3	10,9	6,04	1,41
Zallé Abdoulaye	Komsilga	13,7	12,4	6,39	1,28
Bissiri Amadé	Kouba	16,6	12	8,03	1,05
Ouédraogo Ali	Gourcy	20,1	13,8	8,45	1,45
Ouédraogo Arouna	Ranawa	23,4	15,3	8,89	1,31
Zoromé Ousséni	Soumiaga	16,1	10,9	8,59	6,23

La comparaison de ces données à celles tirées de la littérature (MUSTIN, 1987 ; FORNAGE, 1993 ; SEDOGO in DGIGMA et al, 1989) révèle :

- de bons taux en matière organique,
- une décomposition assez avancée des matériaux dans la plus part des cas (un fumier bien décomposé a un rapport C/N voisin de 10, contre 40 et plus pour la paille mal décomposée).

Contrairement aux premières appréciations de terrain qui désignaient le compost de Zallé Abdoulaye comme étant le mieux décomposé, les meilleures décompositions sont observées chez Zoromé Ousséni, et chez Kindo Ousséni (tous deux disposant chacun d'un puits non tarissable à proximité de sa fosse). Les matériaux les moins bien décomposés sont observés chez Ouédraogo Arouna (qui dispose d'un puits tarissable), et chez Ouédraogo Ali (qui, situé en plein centre urbain, est obligé d'acheter à la fontaine publique, son eau d'arrosage). Cette situation d'arrosage limitée semble cependant avoir eu un impact positif sur la teneur en éléments minéraux de ces composts.

- des taux élevés d'azote total, supérieurs dans la plupart des cas aux valeurs observées par d'autres auteurs ;
- et cependant, des taux faibles d'acide phosphorique (sauf chez Zoromé Ousséni). Cette pauvreté en P pourrait être en rapport avec d'une part la carence prononcée des sols en cet élément et donc du matériau végétal transformé, et d'autre part l'absence d'apport de phosphate dans la fosse compostière (seuls Kindo Ousséni et Zoromé Ousséni ont en effet apporté respectivement 50kg et 450kg de Burkina-Phosphate à leur compostière).

5-3 AMELIORATIONS PAYSANNES DU « ZAÏ »

5-3.1 Planification des opérations d'aménagement

Pour la présente étude, la confection du « zaï » est intervenue exceptionnellement en début de saison hivernale. En règle générale cela se fait en saison sèche ; mais l'opération est relativement plus aisée en début d'hivernage, quand le sol a été déjà humecté au moins une fois.

Telle que conduite par certains paysans innovateurs, la pratique du « zaï » nous est apparue comme une perpétuelle course contre le temps. Ainsi certains paysans n'hésitent pas à confectionner quelques poquets de « zaï » chaque fois que cela est possible ; c'est le cas de Kindo Ousséni (du village de Bogoya) chez qui le creusage des poquets de « zaï » s'est poursuivi pendant le second sarclage (août

– septembre), les poquets non levés et les inter-poquets trop importants étant rouverts ou creusés puis remplis d'herbes (abondantes à cette période) et refermés en vue des prochaines semailles. Cette précaution permet pour la campagne suivante d'améliorer la densité de semis et d'homogénéiser les conditions de levée et de production.

La pratique du « zaï » est par ailleurs compatible avec les ouvrages de C.E.S, notamment les cordons pierreux. Leur association aurait des effets additifs sur la production. Pour Bissiri Amadé, un *paysan innovateur* du village de Kouba, le « zaï » sans cordons pierreux est un feu de paille.

La gestion de la fertilité des parcelles (aménagement en cordons pierreux + « zaï » + fumure organique) est un travail de planification qui se conçoit dans un cycle de 3 à 4 ans :

- la parcelle (champ) à aménager est d'abord divisée en 3 ou 4 portions ; une première portion est aménagée et fumée la première année. Elle sera emblavée dans les mêmes poquets pendant 2 à 3 années successives sans un nouvel apport de matière organique, en exploitant l'effet résiduel de la première fumure ;
- une seconde portion sera aménagée et fumée la seconde année. Elle sera gérée de la même manière que la première ;
- puis une troisième portion est aménagée et fumée en troisième année. A ce stade, si la première portion de parcelle aménagée révèle des signes de baisse de fertilité (jaunissement des cultures au cours de la seconde année), un appoint de fumier ou d'engrais minéral peut être apporté ;
- la quatrième année correspond au renouvellement des poquets de « zaï » et de la fumure.

Ce plan de gestion permet au paysan d'étaler dans le temps les grands travaux (consommateurs de temps, d'argent et de main d'œuvre), et assure une distribution rotative de la matière organique, jamais suffisante pour fumer toute l'exploitation en une même année.

KABORE et al (1996) et MAATMAN et al. (1998) parlant de cette pratique estiment qu'il est plus indiqué de parler de séquences culturales, car chaque année, une partie de la parcelle cultivée est ainsi ajoutée aux hautes terres (sols déjà reconstitués), en incluant une partie de superficie non cultivée (zipellé) à la parcelle.

5-3.2 Taille des poquets

Les dimensions des poquets varient d'un paysan à l'autre en fonction de la diversité des situations et de la perception qu'ils ont du niveau de fertilité de leurs parcelles (tableau 9).

Tableau 9 : dimensions du « zaï » chez quelques paysans suivis.

Noms et Prénoms des paysans	Villages	Dimensions du « zaï » (cm)			
		« zaï ordinaire »		« zaï – diguette »	
		Diamètre	Profondeur	Diamètre	Profondeur
Zallé Abdoulaye	Komsilga	25-40	10-15	nd	nd
Kindo Ousséni	Bogoya	40-60-70 ^(*)	10-15	nd	nd
Zoromé Ousséni	Soumiaga	35-40	10-15	35-40	10-15
Ouédraogo Ali	Gourey	35-40	10-15	40-60	10-15

(*) : dans ce cas on y trouve deux poquets de sorgho.

nd= non déterminé, le paysan n'ayan pas pratiqué cette technique.

Les grands poquets (zaï Yossa et zaï diguette) sont réservés aux sols très perméables des buttes cuirassées et de forte pente. Quand la cuirasse est superficielle et en voie d'altération (cas du site de Bogoya), le trou de « zaï », est recommandé bien large mais peu profond. Il peut alors contenir jusqu'à six (6) plants productifs, et parfois même deux (2) poquets de sorgho ; ce qui permet de compenser les faibles densités de semis.

Sur sols argilo-sableux (cas du site de Ranawa), les « zaï » de dimensions moyennes réalisés ont été peu appréciés par le paysan qui estime que la perméabilité de ces sols aurait été plus accrue avec de grands poquets, associés à une plus forte dose de compost, de préférence moyennement décomposé.

Enfin, bien que cela n'ai pas fait l'objet d'observations de notre part, les paysans estiment que les sols sableux valorisent assez bien le « zaï ». Même si les poquets sont rapidement comblés par le vent et par les premières pluies, ces sols sont naturellement perméables et l'ensablement de leurs poquets met la matière organique à l'abri des pertes mécaniques. Sur ce type de sols, le « zaï » généralement pratiqué (le « guengo »), agit alors comme une technique d'enfouissement de la matière organique.

Les entretiens avec les *paysans innovateurs* révèlent quelques divergences quant au choix du type de « zaï » en fonction du niveau de fertilité du sol. Tout compte fait, c'est la disponibilité de la

matière organique qui dicte en dernier ressort le choix opéré. Un sol pauvre peut donc être aménagé en « zaï ordinaire » (avec faible dose de compost) si la fumure organique fait défaut ; dans le meilleur des cas il est préférable de l'aménager en grands-poquets (avec forte dose de compost) si la matière organique est disponible en quantité suffisante.

5-3.3 Les semis

5-3.3-1 Densité de semis

Pour une même culture (ici le sorgho), le nombre de poquets de « zaï » creusés à l'hectare, et partant la densité de semis, sont fonction du type d'aménagement choisi par le producteur et de son expérience. Elles vont ainsi :

- du simple (9 463 poquets/ha) au double (18 138 poquets/ha) en aménagement simple ;
- et du simple (8 300 poquets/ha) au triple (25 188 poquets/ha) sur aménagement concentré («zaï-diguette»).

Si nous effectuons cependant une «analyse système» de ces données, en ne considérant chaque paysan que dans sa pratique habituelle, il semble se dégager trois (03) types d'adeptes au sein de nos Paysans Innovateurs :

- les producteurs du Yatenga, plus habitués au zaï-ordinaire (Somiaga et Komsilga) ont des densités assez élevées sur aménagement simple (16 051 à 18 137 poquets/ha). On peut alors à juste titre croire que la densité record de 25 187 poquets/ha réalisée en aménagement concentré par Zoromé Ousséni à Somiaga apparaît comme purement expérimentale ; puisque l'intéressé, qui était à son premier contact avec cette innovation a cru nécessaire d'accroître la densité des poquets pour obtenir une quantité de terre suffisante à la construction des bourrelets des diguettes . Pour Ouédraogo Ali, pionnier de cette innovation au Zandoma par contre, ce type d'aménagement, au risque de priver totalement le poquet de sa terre arable, doit être caractérisé par des poquets larges, et non profonds.

- ainsi les paysans du Zandoma (proches de Ali) semblent plus habitués aux grands poquets, et plus spécifiquement au « zaï-diguette », avec des densités plus réduites, de l'ordre de 8 000 à 12 000 poquets/ha ;

- deux (02) cas particuliers constitués par Kindo Ousséni au Yatenga avec 9 463 poquets/ha de « zaï-yossa » en aménagement simple et Bissiri Amadé au Zandoma avec 16 529 poquets/ha de « zaï-diguette » semblent, au-delà de la simple tâche d'huile, confirmer que seule l'expérience acquise

à travers une longue pratique permet de choisir la réponse appropriée à une situation donnée (sols gravillonnaires et bien ressuyés de sommet de butte chez Kindo Ousséni, et sols assez superficiels mais temporairement inondés chez Bissiri Amadé). « A chacun son « zaï » donc, comme le relevait ROOSE, (1989).

5-3.3-2 Méthodes de semis

La pratique paysanne du semis dans le système « zaï », telle qu'observée présente, malgré quelques traits communs, des variantes d'un producteur à l'autre, voire au niveau d'un même producteur :

- dans 50% des cas observés (Kouba, Ranawa et Bogoya), les semences traitées ont été légèrement enfouies à la daba quand le sol était sec, ou à l'aide d'un bâton ou d'une simple pression des doigts quand le sol était bien humide. La matière organique, déposée (après semis) par dessus les grains, ou (avant) en aval de la poche à semilles, n'est pas recouverte de terre ; ceci pourrait réduire le volume du poquet et partant, sa capacité de stockage et d'infiltration.

- dans les autres cas (Komsilga, Gourcy et Soumiaga), les semences jetées en position débout s'éparpillent au sol. Si le sol est sec, une petite pression de la plante du pied leur assure un contact maximum avec le sol. Ces deux précautions visent à garantir une levée éparse qui réduit la nécessité d'un démariage et assure une bonne vigueur des plants à la levée. La matière organique, directement déposée au contact des grains (si elle est bien décomposée) n'est pas recouverte de terre.

Le jet, en position débout des semences, plus indiqué pour les grands poquets « zaï-digette » notamment, aurait l'avantage de permettre le maintien d'un nombre relativement élevé (en moyenne six) de plants porteurs par poquet. Ce nombre élevé de plants, associé à la dose bien plus forte de matière organique apportée au poquet compenserait la faible densité de semis dictée par cette variante de « zaï ».

On remarque qu'en aucun cas la matière organique apportée n'a été recouverte, même si la vulgarisation le conseille. Si certains producteurs interrogés justifient cela par l'insuffisance de main d'œuvre, d'autres se réfugient derrière des prétextes pour ne pas le faire ; « tout le monde le dit ; mais personne ne le fait » déclare Bissiri Amadé.

En fait, les producteurs estiment que ce recouvrement ne se justifie que dans le cas d'un apport précoce de la fumure (dès février à mars) ; de plus, si la matière organique n'est pas bien décomposée, l'échauffement qui pourrait survenir en cas de petite pluie parasite (du fait d'une

reprise de la fermentation) pourrait causer la mort des jeunes pousses.

Ainsi, la matière organique, apportée à la bonne période (début d'hivernage) est naturellement recouverte après un ou deux épisodes pluvieux par le limon transporté par les eaux de ruissellement.

5-3.4 Dose de fumure pratiquée

Le tableau 10 présente les quantités de matière organique apportées par chaque paysan selon le type d'aménagement. Ces valeurs révèlent de grandes variations ; entre producteurs, voire au niveau d'un même producteur.

La quantité de matière organique apportée au poquet de « zaï » est plus élevée chez les paysans disposant d'une production importante de compost (cas de Zoromé Ousséni et de Kindo Ousséni) et chez les adeptes des grands poquets (cas des *paysans innovateurs* du Zandoma).

Ainsi, une simple comparaison des doses paysannes à l'hectare révèle que :

- sur aménagement simple, les doses sont plus élevées au Zandoma (11 à 19 t/ha) qu'au Yatenga (6 à 10t/ha), malgré des densités de semis en moyenne plus élevées au Yatenga .
- sur aménagement concentré, la plus forte dose est observée au Yatenga (14 t/ha) ; elle correspond aussi sur ce type d'aménagement à la plus forte densité de semis.

En effet :

* les producteurs du Yatenga qui, jusque là ne pratiquaient que des « zaï-ordinaire » (aménagement simple) ont tendance à appliquer des doses plus faibles. On peut donc logiquement considérer la dose record de 14t/ha réalisée par Zoromé O. comme purement expérimentale.

* ceux du Zandoma, plus habitués aux grands poquets (« zaï-diguette ») semblent privilégier les fortes doses (adaptées aux grands poquets). Aussi, comme dans le cas précédent, les fortes doses réalisées sur aménagement simple sont à prendre avec réserves car elles apparaissent comme une simple extrapolation de la pratique du « zaï-diguette » à ce type d'aménagement dans le contexte expérimental de cette étude. Pour Ouédraogo Ali en effet, une forte dose de matière organique est nécessaire dans les grands poquets pour compenser d'une part la baisse de fertilité consécutive au délayage (plus important) occasionné par la confection du poquet et d'autre part la faible densité de semis. Une demi-dose resterait par contre suffisante pour un « zaï-ordinaire ».

Tableau 10 : densité de semis (nb.poquets/ha) et dose de compost apporté (t/ha)

Paysans innovateurs	Quantité de compost sec/ poquet(g)	Aménagement simple		Aménagement concentré	
		Nombre poquets/ha	Dose. compost (t / ha)	Nombre poquets/ha	Dose. compost. (t / ha)
YATENGA					
Zallé Abdoulaye	354	16 051	5,6	nd	nd
Zoromé Ousséni	556	18 138	10,1	25188	14
Kindo Ousséni	834	9463	7,9	nd	nd
ZANDOMA					
Ouedraogo Ali	1462	12925	18,9	8300	12,1
Ouedraogo Arouna	758	14650	11,1	11963	9,1
Bissiri Amadé	710	15883	11,3	16529	11,7

(nd) = non déterminé.

5-3.5 La gestion des parcelles

Les opérations d'entretien des parcelles sont décrites au tableau 4. Le premier sarclage, réalisé à la daba, a été réduit à la surface des cuvettes de « zaï », plus particulièrement sur les parcelles de Komsilga, Ranawa, Bogoya et Somiaga ; il est associé au démariage. Sur les parcelles expérimentales de Kouba et Gourcy qui présentaient une végétation herbacée plus abondante, ce premier travail d'entretien a été plus important et pratiquement étendu à l'ensemble de la superficie de la parcelle.

La pratique du « zaï » associe assez bien la culture attelée au second sarclo-binage, en particulier lorsqu'au bout de 2 à 3 ans de récupération une couche arable suffisante s'est reconstituée. Dans notre cas ce second travail d'entretien a en effet été réalisé :

- à la daba sur les aménagements concentrés ; le « zaï-diguette », en raison du cloisonnement qu'il crée se prêterait difficilement à la culture attelée ;
- à la houe manga sur les aménagements simples des sites de Ranawa et de Kouba ; ce qui a eu pour effet direct de combler en grande partie les poquets de « zaï » .

Cette seconde intervention n'a consisté qu'en un simple désherbage manuel sur les parcelles de Bogoya, tandis que pour l'initiative paysanne de Komsilga elle n'a même pas eu lieu.

Pour bon nombre de producteurs, le sarclage n'est à priori pas indispensable pendant les premières années de récupération si les «zaï» sont bien creusés; la concentration de l'eau et de la matière organique dans les poquets de «zaï» réduirait fortement la concurrence pour les éléments minéraux nutritifs (E. M. N), tant que la pluviométrie est suffisante.

Ces observations corroborent l'avantage relevé par des auteurs comme ROOSE, (1989), qui estiment que la pratique du «zaï» permet ainsi de réduire le sarclage à la surface des cuvettes (soit environ 1/3 des superficies emblavées); ce qui représente un gain considérable de temps et de main d'œuvre consacrés à d'autres activités.

5-3.6 La récolte et la gestion des résidus

Les récoltes sont intervenues au mois d'octobre (tableau 4). L'urgence de leur exécution est dictée par la fin de la période de gardiennage des animaux.

Les plants sont sectionnés à 30 – 50 cm du sol, selon les cas; les souches de tiges restées au sol sont destinées à limiter les effets du vent et à capturer les débris végétaux tombés des cultures ou des arbres. Cette technique protège le sol de l'érosion éolienne et y maintient une intense activité de la macrofaune du sol (termites *trinervitermes* et *bellicositermes* notamment) dont le résultat est l'amélioration de la porosité du sol.

Les panicules de sorgho sont détachées au couteau à l'état semi-sec, puis séchées en tas avant d'être stockées alors que les glumes sont encore plus ou moins collées aux grains. Un état de séchage trop poussé (quand l'égrenage spontané des grains est observé) serait dommageable à la longue conservation des grains.

Les animaux sont immédiatement introduits sur les parcelles récoltées, afin de les faire profiter des feuilles encore vertes et/ou tombées des cultures.

Les pailles sont alors presque totalement mises en bottes, puis transportées au village et stockées pour servir à la complémentation de l'alimentation du bétail pendant la saison sèche. Une partie de ces pailles (les plus lignifiées et donc difficilement dégradables), provenant en général des semis précoces, est laissée aux femmes pour les besoins énergétiques des ménages.

Sur les petites exploitations disposant de peu d'animaux, il arrive qu'une partie de ces pailles soit vendue ou troquée contre des services (cela a été constaté sur une des six exploitations concernées par l'étude).

Très peu de résidus restent finalement au sol pour la vaine pâture des animaux (de l'exploitation et/ou du village). Cette pâture qui répond à une sorte d'entente tacite entre agriculteurs et gros éleveurs (peulh notamment) constitue en retour une forme de fumure naturelle qui permet d'une part le recyclage des résidus culturels non ramassés et d'autre part un certain transfert de fertilité de la brousse vers la parcelle. DUGUE. (in DSA n°4,1985) évalue dans les conditions du Nord Yatenga, cette forme de fumure naturelle à 100 kg/ha de matières fécales dès le mois de décembre ; elle atteindrait 160 kg/ha en mars et même 500kg/ha dans les bas-fonds. D'autres auteurs dont KENI (1999) ; FORNAGE (1985) ; BOURZAT, (in DSA, 1985) relèvent la place prépondérante des résidus culturels dans l'alimentation du bétail et dans la fabrication de la matière organique destinée au « zaï ».

5-3.7 Discussions partielles

Les observations sur la pratique paysanne du «zaï » chez les paysans innovateurs révèlent à tous les niveaux, de grandes disparités entre paysans, voire au niveau d'un même paysan :

- la période de confection des cuvettes de « zaï », loin d'être une opération ponctuelle est apparue comme une stratégie continue de gestion du temps chez les *paysans innovateurs* expérimentés ;
- la nature, des sols utilisés détermine pour une large part les dimensions et l'espacement des cuvettes, la densité de semis et partant, la dose de fumure. Comparées aux données de la littérature, les densités de semis observées sont relativement faibles et cela traduit de la part des paysans une meilleure perception du niveau de fertilité de leurs champs. En effet, pendant longtemps ces paysans ont misé sur l'amélioration exclusive ou prioritaire du bilan hydrique des cultures. Une bonne ou une mauvaise campagne s'expliquait avant tout par l'abondance ou l'insuffisance de la pluie ; le développement des techniques anti-érosives, notamment du « zaï » leur a permis, une fois ce facteur contrôlé, de comprendre que la seule satisfaction des besoins en eau d'une culture ne suffit pas à garantir une bonne production ; et cela les a rendu plus sensibles aux thèmes de fertilisation, organique notamment. Du fait de cette évolution de mentalité, la qualité des matériaux aujourd'hui utilisés comme matière organique s'est beaucoup améliorée ; mais cela rend aussi l'expansion du «zaï » plus tributaire de la disponibilité de la matière organique ;

5-4.1-2 Les levées

La situation des levées est présentée au tableau 11. Dans les limites de la méthode d'évaluation, aucune différence véritable n'est observée entre les traitements testés. Elle a donc été assez homogène ; et, même si des resemis ont été nécessaires, elle est jugée satisfaisante sur la plupart des sites par les producteurs ;

C'est sur le test de «Gourcy » pour lequel nous avons dû renoncer à cette évaluation en raison d'une trop grande hétérogénéité de la végétation à notre arrivée sur le terrain, que les résultats les plus mauvais ont été observés (1 semis, 2 resemis et 1 repiquage). Ces résultats de l'avis du paysan expérimentateur ont été plus mauvais sur les grands poquets (c'est à dire T3 et T4). Il attribue cela au fait que pour les grands poquets (généralement réservés aux sols pauvres), la terre arable est décapée dans des proportions plus importantes pour la confection des ados (ici diguettes) ; la cuvette du « zaï » y est donc encore plus appauvrie . Or, dans les conditions de faible pluviométrie qui ont caractérisé l'installation de la campagne, la matière organique (du reste mal décomposée) apportée ne peut pas dans l'immédiat contribuer convenablement à l'amélioration des propriétés physiques du sol et à l'alimentation des jeunes pousses en éléments minéraux nutritifs ; d'où les pertes importantes de semis.

Aucune différence n'aurait été enregistrée entre les 2 types d'aménagement s'il avait bien plu pendant cette période, estime le même paysan.

En effet, la graine assure elle-même à la jeune pousse, une part importante de ses besoins minéraux tant que ses réserves ne sont pas épuisées ; cet épuisement intervenant en général au bout d'une quinzaine de jours (CHANTEREAU et NICOU, 1992). A l'intérieur des cuvettes appauvries des « zaï-diguette », la matière organique apportée est ainsi d'un grand rôle pour la levée.

Sur le test de comparaison de 3 sources de matière organique (initiative paysanne de Komsilga), les taux de levée observés (100%, 99,5% et 99,8%), respectivement sur les traitements P1, P2 et P3 (parcelles fumées respectivement au compost, au fumier issu de la fosse fumièrè et à la poudrette de parc) n'indiquent pas de différence véritable, même si le paysan déclare que les levées ont été plus rapides sur P1 et P3, suivi après du traitement P2.

Tableau 11 : Evaluation par comptage des taux de levée des parcelles

Type d'aménagement	Sites expérimentaux	Dose paysanne de matière organique			Demi-dose paysanne de matière organique		
		Nb poquets	Levés	%	Nb poquets	Levés	%
Aménagement simple	Bogoya	368	368	100	373	363	97
	Somiaga	723	709	98	728	718	99
	Ranawa	586	569	97	586	518	88
Aménagement concentré (« zaï - diguette »)	Ranawa	480	465	97	472	422	89
	Somiaga	1004	992	99	1011	987	98

5-4.2 Effets de la pratique culturale sur la croissance des plants.

La représentation sous forme graphique de la croissance des plants peut être observée en figures 9 ; 10 ; 11 ; 12 et en annexes 4 et 5. Malgré le nombre limité des observations, elle paraît normale ; caractérisée par une courbe sigmoïde sur laquelle on différencie approximativement 2 phases essentielles à savoir :

- une première phase allant du premier au deuxième mois après semis pendant laquelle les plantes ont une croissance lente. Elles ont à peine 30cm au bout d'un (1) mois. Pendant cette phase l'effet de la technique culturale n'est pas encore remarquable et les différences entre traitements sont difficilement perceptibles ;
- une seconde phase allant du 2^{ème} au 3^{ème} mois après semis. Pendant cette phase la croissance des plantes est accélérée, traduisant un développement végétatif intense et une élévation maximale. Cette croissance ne ralentit qu'après la floraison. Les plants à la fin de ce stade atteignent leur hauteur maximale, et ont tendance à se recourber et/ou à se casser sous le poids des grains qui se remplissent et du vent.

On remarque par ailleurs, quelque soit le type de « zaï », une croissance plus importante sur les parcelles ayant reçu une dose complète de matière organique ; cette croissance est encore plus importante sur les parcelles ayant bénéficié de l'aménagement concentré (« zaï-diguette »). Le site de Kouba, caractérisé par un mauvais ressuyage du sol semble seul faire l'exception.

Dans les conditions d'une pluviométrie régulière à partir de l'installation de la campagne, les observations sur le développement des cultures mettent donc en relief :

- un effet positif de toutes les quantités de matière organique utilisée ; cet effet est plus important avec les fortes doses de matières organique (dose paysanne) ;
- un effet positif du régime hydrique ; cet effet est plus remarquable sur les aménagements concentrés (zaï-diguette) ; sauf en cas de mauvais ressuyage des sols ;
- un effet additionnel de la fumure organique et du régime hydrique .

Des observations analogues sont relevées dans la littérature (SEDOGO et al in DJIGMA , 1989 ; NANEMA, 1990).

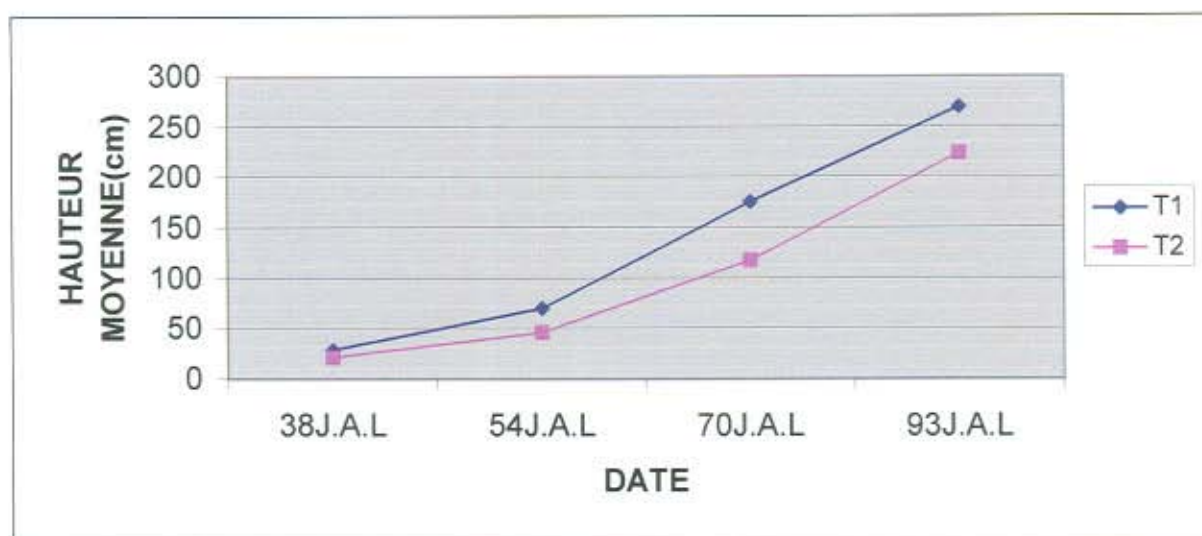


Figure 9 : Courbe de croissance des plants (site de Bogoya)

J.A.L= jours après levée

T1= dose paysanne de compost en aménagement simple

T2= demi-dose paysanne de compost en aménagement simple



Figure 10 : Courbe de croissance des plants (site de Somiaga)

J.A.L = Jours après levée.

T1= dose paysanne de compost en aménagement simple

T2= demi-dose paysanne de compost en aménagement simple

T3= dose paysanne de compost en aménagement concentré

T4= demi-dose paysanne de compost en aménagement concentré

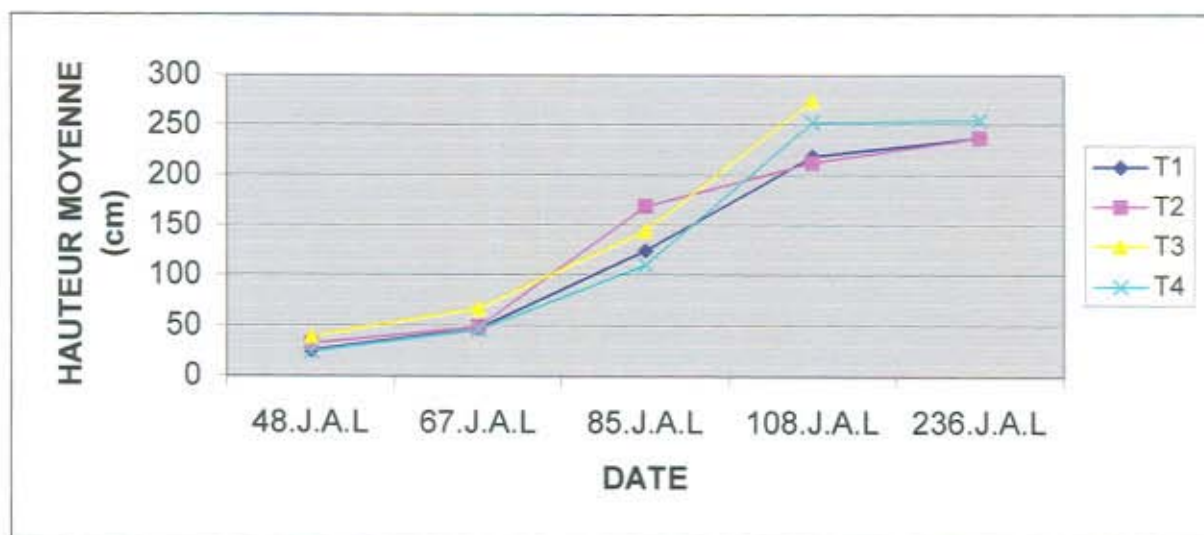


Figure 11 : Courbe de croissance des plants (site de Ranawa)

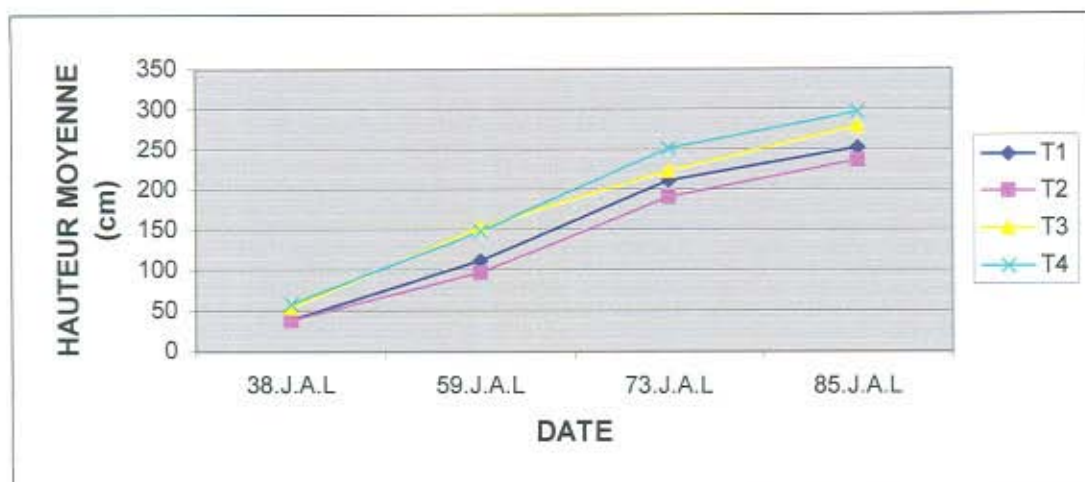


Figure 12 : Courbe de croissance des plants (site de Gourcy)

J.A.L = Jours après levée.

T1= dose paysanne de compost en aménagement simple

T2= demi-dose paysanne de compost en aménagement simple

T3= dose paysanne de compost en aménagement concentré

T4= demi-dose paysanne de compost en aménagement concentré.

5-4.3 Effets sur l'épiaison des cultures

Les périodes indicatives de montaison-épiaison et de floraison des cultures sont indiquées au tableau 5.

La séance d'observations du 06/09/99 à Bogoya a montré un stade de maturation plus avancé du traitement T1 (dose paysanne sur aménagement simple) par rapport au T2 (demi-dose paysanne) ; nous avons alors décidé de systématiser cette observation en procédant, sur chaque site, à un comptage sur les 2 lignes initialement retenues pour les observations, du nombre de poquets arrivés au stade montaison-épiaison à la date d'observation.

Ce comptage permet de relever par une simple comparaison arithmétique (Tableau 12) que le niveau de fertilisation a eu une influence assez remarquable sur la période d'épiaison de la culture. On remarque en général :

- aussi bien sur les traitements T1 et T2 (cf. tests de Bogoya et Gourcy) que sur T3 et T4, un léger retard d'épiaison sur les parcelles ayant reçu une demi-dose de matière organique (T2 et T4) ;
- et, bien que les différences soient faibles pour le cas spécifique de l'étude comparée de

trois (3) sources de matière organique (initiative paysanne de Komsilga), que l'épiaison semble d'autant plus précoce que la matière organique appliquée est bien décomposée ; le compost révélant des effets proches de ceux du fumier issu de la fosse fumière.

En dehors des résultats assez contradictoires observés sur les tests de «Ranawa » et « Gourcy », en grande partie liés à une trop forte hétérogénéité des sols, ces observations nous permettent d'avancer que la fumure organique (plus spécialement le niveau de fertilité du sol) a un effet positif dans la manifestation de la précocité du sorgho.

Cette conclusion à priori banale est facilement observée au champ. Les premiers plants à arriver au stade montaison-épiaison (généralement les plus grands) semblent en effet se situer en des endroits un peu particuliers (ancien emplacement d'une souche d'arbre pourrie, d'une termitière morte, d'un dépôt de fumier etc.), où le sol pourrait être un peu plus fertile qu'ailleurs.

Les travaux antérieurs d'auteurs dont DUPONT in IRAT, 1967 ; NANEMA, 1990 et CHANTEREAU et NICOU, 1991, corroborent ces observations.

Tableau 12 : Situation comparée de l'épiaison des cultures aux dates d'observations (en %)

Site	Dates	T1	T2	T3	T4
Bogoya	06/09/99	100	80	nd	nd
Gourcy	10 /09/ 99	21	12	37	37
Ranawa	09 /09/ 99	40	67	50	15
Kouba	11 /09/ 99	87	90	77	70

T1 = dose paysanne sur aménagement simple

T2 = demi-dose paysanne sur aménagement simple

T3 = dose paysanne sur aménagement concentré

T4 = demi-dose paysanne sur aménagement concentré

nd = non déterminé; ce test ne comportant pas ces traitements.

5-4.4 Les rendements expérimentaux

En raison de la grande diversité des pratiques paysannes du « zaï », une analyse comparée des résultats des différents sites est peu indiquée. Aussi avons nous opté pour une présentation et une analyse site par site des résultats de production.

Il est à rappeler que cette analyse statistique a consisté en une analyse de variance suivie

d'une comparaison des moyennes par le logiciel S.A.S., basée sur la Plus Petite Différence Significative (P.P.D.S.).

5-4.4.1 Cas de l'étude comparée de la dose de matière organique combinée au type d'aménagement

a) Le site de Bogoya

Dans les conditions du test de Bogoya (sol minéral brut de sommet de butte), les productions obtenues sur un (01) seul type d'aménagement (le zaï-Yossa) sont plutôt faibles, comparées à la moyenne théorique régionale (800kg/ha). Il faut du reste signaler qu'il était pratiquement impossible d'y cultiver sans une technique comme le « zaï » ; la nature du sol n'a d'ailleurs pas permis de réaliser le « zaï-diguette » chez ce paysan.

Les meilleurs rendements, tant en grain qu'en paille ont été observés sur les parcelles ayant reçu une dose complète de compost (figure 13).

Comparée à la demi-dose paysanne, le gain de (+152%) en grains dégagé par l'application d'une dose complète peut largement justifier cette option. La différence statistique significative constatée entre les deux traitements permet d'avancer qu'au niveau de fertilité de ce genre de sol, la forte dose de matière organique fournit les meilleurs rendements.

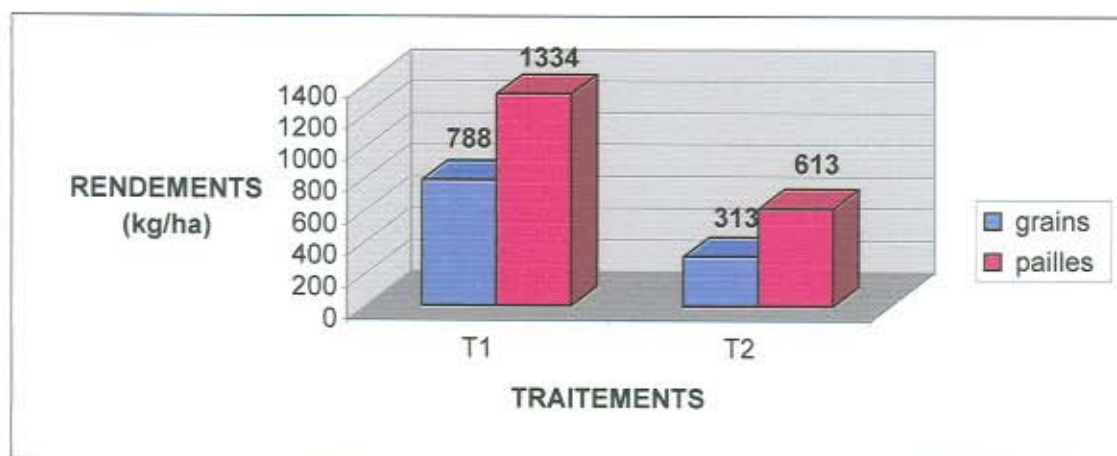


Figure 13 : Rendements grain et paille du test de Bogoya (kg / ha)

T1 = dose paysanne en aménagement simple

T2 = demi-dose en aménagement simple dose

b) - Le site de Gourcy

Le test de Gourcy réalise les plus bas rendements des cinq expérimentations de cette étude. Le rendement moyen le plus élevé (710 kg/ha) obtenu sur T4 reste en deçà de la moyenne régionale de 800kg/ha observée sur les dix dernières années (INERA, 1994). L'interprétation de ces résultats est cependant rendue difficile par la grande hétérogénéité du terrain.

En effet, (figure 14) aussi bien pour l'aménagement simple que pour l'aménagement concentré, les résultats indiquent que les rendements obtenus avec la demi-dose (T2 et T4) sont supérieurs à ceux de la dose complète (T1 et T3). Cette situation est inattendue sur un sol en culture continue depuis 15 ans.

L'analyse statistique de ces résultats révèle cependant qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements tant pour les rendements grain que pour les rendements pailles.

Le ratio grain/paille est relativement faible pour les deux traitements (T1 et T2) sous l'aménagement simple. La proportion remarquable d'épis blancs sur ces parcelles, du fait d'une sévère attaque de *Striga Hermonthica* (Del.) pourrait en être l'explication principale.

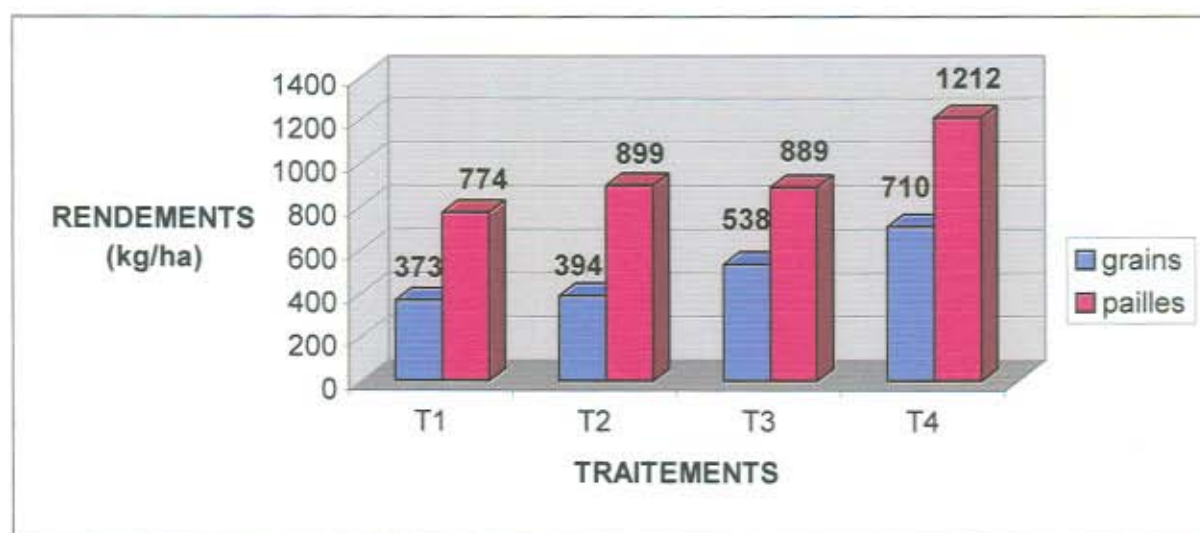


Figure 14: Rendements grain et paille du test de Gourcy (kg / ha) .

T1 = dose paysanne en aménagement simple

T2 = demi-dose en aménagement simple

T3 = dose paysanne en aménagement concentré

T4 = demi-dose en aménagement concentré

c) Le site de Ranawa

Les rendements grain obtenus sur le site de Ranawa sont relativement moyens, comparés à la moyenne régionale de 800kg/ha (INERA, 1994). Une simple comparaison arithmétique des

rendements moyens permet de relever (figure 15) :

- une relative supériorité de la fumure complète (dose habituelle du paysan) ; soit 9 t/ha ;
- une supériorité plus remarquable de l'aménagement concentré (T3 et T4) sur l'aménagement simple (T1 et T2), quelque soit la dose de matière organique apportée .

Cela traduit les effets positifs, des quantités de matière organique apportées, mais surtout aussi de l'amélioration du régime hydrique des sols (lorsque la matière organique est disponible) sur les rendements. La production de paille suit les mêmes tendances que celle des grains. Il n'existe cependant aucune différence statistique significative entre les traitements, aussi bien pour les rendements en grain que pour ceux en paille ; et cela semble en rapport avec la grande hétérogénéité des conditions de milieu dans lesquelles ces rendements ont été obtenus. Le sol, tantôt argileux et imperméable (sur 4 parcelles dont 2 T3 et 2 T4), tantôt battant sur toute la partie nord de l'aménagement simple ayant présenté tout au long du cycle, une végétation très hétérogène et, à la récolte, de nombreuses panicules blanches.

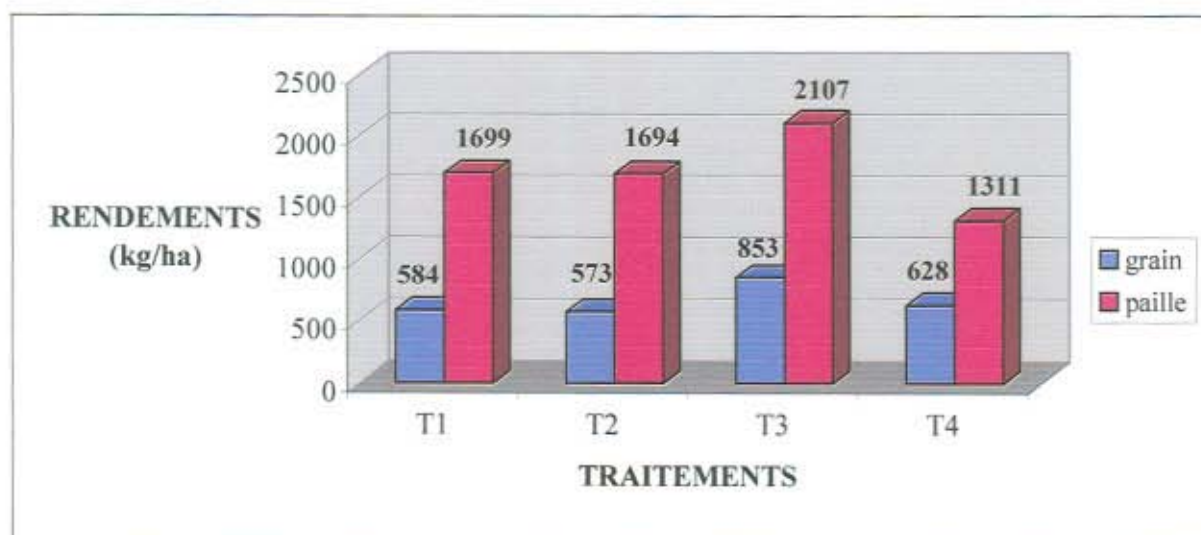


Figure 15 : Rendements grain et paille du test de Ranawa.

T1= dose paysanne de m.o sur « zaï » simple T2= demi-dose de m.o sur « zaï » simple

T3= dose paysanne de m.o sur « zaï-diugette » T4= demi-dose de m.o sur « zaï-diugette ».

De l'avis du producteur, de plus grands poquets de « zaï » associés à une dose encore plus importante de matière organique, de préférence peu évoluée (glumes de mil, litières) ou avec une forte proportion de sable aurait permis d'aboutir à de meilleurs résultats.

Le rapport grain/paille, en moyenne faible, est plus bas sur les deux traitements (T1 et T2) sous aménagement simple (0,34) que pour les traitements sous aménagement concentré (0,40 à

0,48). Cela s'explique sans doute en grande partie par la proportion remarquable de « panicules vides » récoltées sur la bordure nord (battante) de l'aménagement simple, et sur les parcelles très argileuses de l'aménagement concentré.

d) Le site de Kouba

- Les rendements obtenus sur le site de Kouba (Figure 16) sont parmi les plus élevés des six tests ; ils demeurent cependant en deçà des résultats de certaines littératures (AGRIPROMA , 1993 ; KABORE et al ,1995). Ils paraissent un peu insatisfaisants au regard du cycle (long) et de la taille (assez haute) de la variété utilisée. A première vue, les différences de rendements entre doses de fumure et entre types d'aménagement existent, mais paraissent peu logiques. En effet, les rendements moyens en grain observés avec la demi-dose (T2) dégagent par rapport au T1 (dose paysanne), un surplus substantiel de (+ 12 %), alors que sur aménagement concentré, c'est la dose normale qui offre cet avantage (+ 12% aussi). On remarque que l'application de la fumure a produit un effet inconstant sur les cultures.

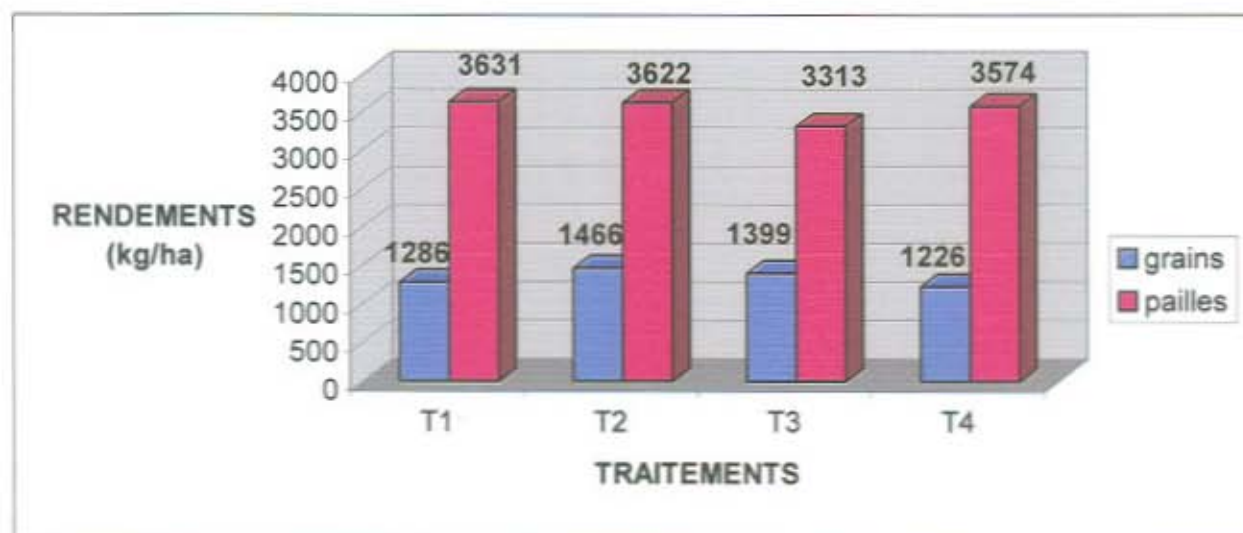


Figure 16: Rendements grain et paille du test de Kouba (kg /ha

T1= dose paysanne de m.o sur «zaï » simple T2 = demi-dose de m.o sur «zaï » simple
 T3 = dose paysanne de m.o sur «zaï-diguette » T4= demi-dose de m.o sur «zaï-diguette ».

Les observations en cours de cycle expliquent en partie ce constat ; en effet :

- sur l'aménagement simple par exemple, des effets attribuables à l'ombrage et à une fumure naturelle par décomposition de souches d'arbres morts sont notés, respectivement sur un T1 et sur un T2,

- sur l'aménagement concentré, le sol peu profond et hydromorphe est inondé pendant les périodes de grandes précipitations.

Aussi l'analyse statistique de ces données ne fournit-elle, aucune différence significative entre les traitements. Les productions en pailles sont impressionnantes, et totalement au-dessus de la capacité fourragère des pâturages de la zone d'étude.

Le rapport grain sur paille relativement bas (surtout sur les traitements T1 et T4) traduit une légère défaillance dans l'élaboration du rendement.

e) Le site de Soumyaga

Les rendements obtenus sur le site de «Soumiaga » (tableau 17) sont les plus élevés des six sites expérimentaux. Ils restent néanmoins encore en deçà des résultats atteints par le même paysan innovateur en 1993 (AGRIPOMO ,1993). A l'examen on note :

- que le rendement grain obtenu en aménagement simple avec la dose paysanne de compost (T1) est supérieur à celui de la demi-dose (T2).
- que ce rendement est encore plus accru quand la dose normale est appliquée sur un aménagement concentré ; traduisant ainsi un effet additionnel de ce type d'aménagement.

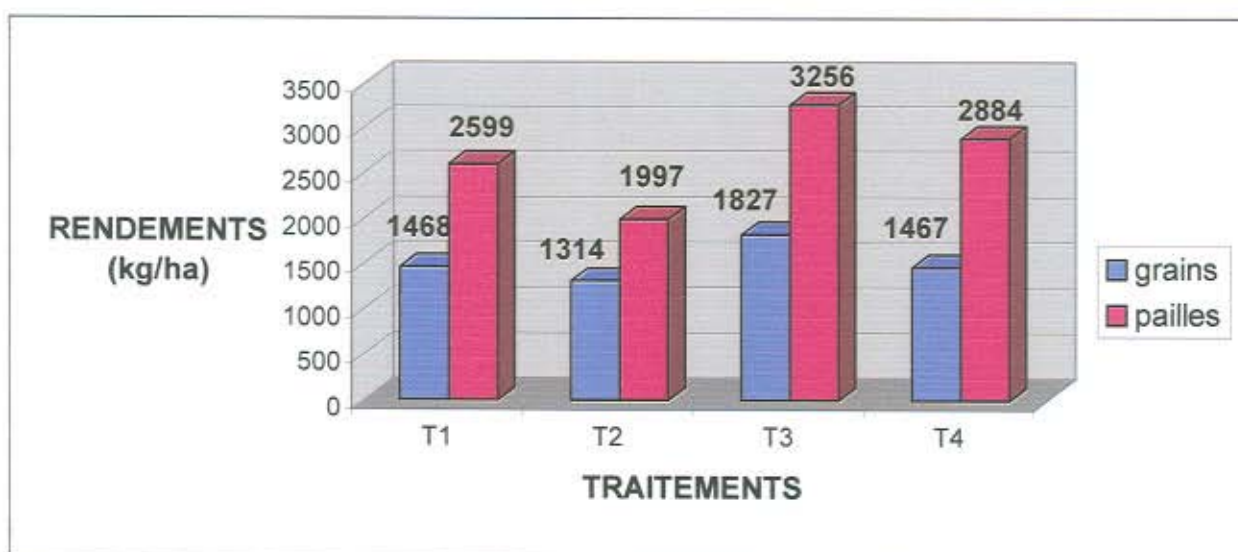


Figure 17 : Rendements grain et paille du test de Soumiaga (kg /ha).

T1 = dose paysanne de m.o sur « zaï-simple » T2 = demi-dose de m.o sur « zaï- simple »
 T3 = dose paysanne de m.o sur « zaï-diguette ». T4 = demi-dose de m.o sur « zaï-diguette ».

L'analyse statistique de ces rendements, ne révèle cependant aucune différence

significative entre les traitements pour les grains.

Les productions de paille suivent approximativement la même tendance que les grains, quand bien même il est relevé entre T2 et T3 et entre T2 et T4, une différence significative.

Sur ce test de Soumiaga, la légère augmentation du rendement grain constatée est accompagnée d'une baisse de rendement paille. Le rapport grain/paille est ainsi le plus élevé (0,51 sur T4 à 0,66 sur T2) traduisant des conditions assez satisfaisantes de développement des cultures, et de remplissage des grains.

5-4.4-2 Cas du test de comparaison de trois sources de matière organique

Les rendements en grain et en paille sont indiqués par la figure 18 et dans le tableau 13. Bien que les semis aient été tardifs et sur un terrain dégradé, les rendements obtenus sont jugés satisfaisants dans le cas du compost. Le fumier issu de la fosse fumièrè fourni les plus bas rendements (-54% par rapport au compost).

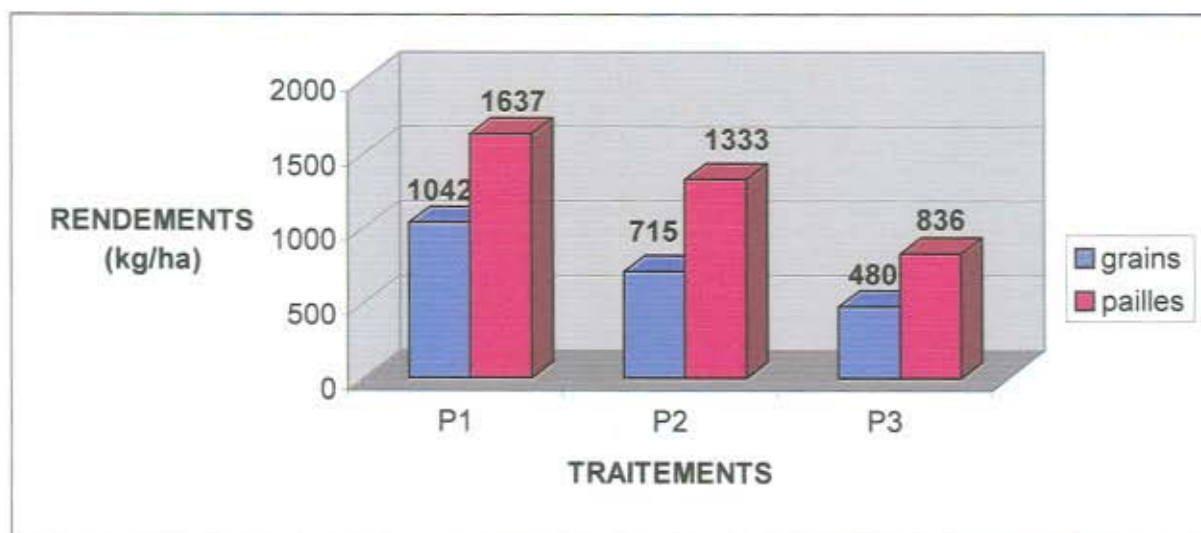


Figure 18 : Rendements grain et paille du test de Komsilga

- P1 = parcelle fumée au compost,
- P2 = parcelle fumée au fumier de fosse fumièrè,
- P3 = parcelle fumée à la poudrette d'étable.

Ces résultats montrent que les rendements sont en étroite corrélation avec la qualité de la matière organique utilisée. Il faut noter que ce paysan innovateur est célèbre dans la fabrication du compost pour le vendre aux maraîchers. Il est aussi sollicité pour dispenser des formations même à l'extérieur de sa province. En revanche, il rencontre beaucoup de problèmes pour développer ses innovateurs en matière de «zaï» car il n'est pas propriétaire foncier. Ces rendements sont cependant

moyens, comparés à la moyenne régionale de 800 kg/ha. Les productions en pailles suivent la même tendance que celles de grains.

De l'avis du Paysan innovateur (Zallé. Abdoulaye.), «cet ordre est logique car le compost peut être comparé à un repas prêt à la consommation du fait de son niveau de cuisson ; il est lourd et difficilement transporté par l'eau de ruissellement ; il n'en est pas de même pour le fumier de fosse fumière qui a une qualité intermédiaire entre le compost et la poudrette d'étable, moins encore pour la dernière qui serait une farine brute, légère et de fait facilement perdue par le vent et l'eau.

Tableau 13 : rendements grain et paille des tests

Sites expérimentaux	Traitements	Rdt grain (kg /ha)	Rdt paille (kg/ha)	Rapport Grains/Pailles
<u>Bogoya</u>	T1	788a	1334a	0,59
	T2	313b	613b	0,51
	C.V	25	22	-
<u>Gourcy</u>	T1	373a	774a	0,48
	T2	394a	899a	0,44
	T3	538a	889a	0,60
	T4	710a	1212a	0,58
	C.V (%)	45	55	-
<u>Ranawa</u>	T1	584a	1699a	0,34
	T2	573a	1694a	0,34
	T3	853a	2107a	0,40
	T4	628a	1311a	0,48
	C.V	57	38	-
<u>Kouba</u>	T1	1286a	3631a	0,35
	T2	1466a	3622a	0,40
	T3	1399a	3313a	0,42
	T4	1226a	3574a	0,34
	C.V (%)	29	29	-
<u>Soumiaga</u>	T1	1468a	2599ab	0,56
	T2	1314a	1997b	0,66
	T3	1827a	3256a	0,56
	T4	1467a	2884a	0,51
	C.V (%)	26	19	-

T1= dose paysanne de matière organique sur « zaï » simple ; T2 = demi-dose paysanne de compost sur « zaï » simple ;

T3= dose paysanne de compost sur « zaï-diguette » ; T4 = demi-dose paysanne de compost sur « zaï-diguette ».

(a,b) = Pour un même site, les rendements moyens figurant dans la même colonne ne sont pas significativement différents s'ils sont marqués de la même lettre.

5-4.5 Discussion des résultats

La pratique du « zaï » se traduit à tous les stades de la culture par des effets positifs de la fumure organique et de l'amélioration du bilan hydrique des cultures.

Ces effets sont généralement plus accrus en présence d'une forte dose de matière organique (dose paysanne) et d'un dispositif permettant d'accroître la disponibilité de l'eau (aménagement concentré).

Les travaux de SEDOGO et al in DJIGMA (1989); CISSE, cité par NANEMA (1990) corroborent ces observations.

Les rendements obtenus sur la majorité des tests (Bogoya, Gourcy, Ranawa et Komsilga) sont cependant relativement faibles, comparés aux résultats d'autres travaux faisant état de rendements de 1,5 à 2t/ha (KABORE et al 1995); quand bien même il ne faut pas totalement perdre de vue, que pour la majorité des sites de cette étude (4 sites sur 6), il s'agissait d'une première année de production après récupération de « zipellés » dont la valeur agricole en l'état était quasi-nulle. Dans ces conditions, les rendements obtenus justifient bien la motivation des paysans vis à vis de cette technique, en comparaison de ce qu'on aurait pu attendre de tels sols, sans cette pratique. On relèvera néanmoins au passage, que cette faiblesse relative des rendements peut être aussi en partie liée à l'absence d'apport minéral, notamment azoté qui on le sait, constitue le facteur stimulant de la production (SEDOGO et al, in IRAT – 1983). FORNAGE (1993) note à ce propos que l'apport de matière organique seule (comme cela a été le cas dans notre étude), s'il permet une bonne production de biomasse (effet starter de l'azote, notamment de la poudrette au démarrage du cycle), apporte peu de gain de rendement, du fait de déficiences généralement observées en P et K des matières organiques dans la zone.

Au stade actuel de l'étude, les différences de rendement concédées par l'une ou l'autre des options testées restent relativement moyennes cette campagne pour emballer véritablement les producteurs, et rarement significatives au plan statistique (cf. tableau 13) pour convaincre les techniciens. En effet, dans les conditions de cette étude, il semble tout à fait justifié de croire :

- que dans les conditions de bonne pluviométrie tel que cela a été le cas cette année, l'eau n'ait pas toujours été un facteur limitant à la production; ce qui expliquerait l'absence de différences suffisantes entre nos deux types d'aménagement,

- que dans les conditions de forte dose de matière organique tel que cela a été constaté ; du moins pour la première année d'aménagement , la matière organique n'a pas été non plus le principal facteur limitant à la production ; d'où les faibles différences de rendements entre les deux doses testées.
- que le principal facteur limitant à la production pour cette campagne ait été la qualité du ressuyage, et la profondeur du sol ; (NANEMA, 1990 ; FORNAGE, 1993).

Le comportement du test de Ranawa ; c'est à dire le flétrissement quasi permanent des plants sur certaines parcelles argileuses de l'aménagement concentré et sur la partie Nord (sol battant) de l'aménagement simple, en dépit des doses jugées fortes de matière organique révèle que même forte, la concentration de la matière organique dans les poquets de «zaï » ne suffit pas pour modifier de façon significative en une seule année la structure et les autres caractéristiques physiques susceptibles de lever les contraintes liées au caractère argileux de ces sols. Cela signifie (BACYE et al, 1995) que seuls des apports suffisants et répétés permettront une amélioration et un entretien du taux de matière organique et du niveau de fertilité du sol.

Pour le cas spécifique de l'initiative paysanne portant étude comparée de 3 sources de matières organiques, les travaux d'auteurs dont FORNAGE (1993) ; SEDOGO et al in DJIGMA(1989) corroborent les résultats auxquels ce paysan est parvenu. Ces auteurs notent en effet, qu'en l'absence d'apport minéral (cas de la présente étude), ce sont les matières organiques les plus évoluées (à C/N bas) qui fournissent les meilleurs rendements ; les effets des substrats étant augmentés en présence d'azote ; traduisant ainsi son importance d'une part pour la production des plantes, et d'autre part sur l'activation de la minéralisation.

Enfin, bien qu'il s'agisse de résultats provisoires, on peut dire que la pratique du «zaï » avec fumure organique exclusive comme cela a été le cas dans la présente étude se traduit aussi par une production importante de paille. Les rendements paille des tests sont en effet généralement supérieurs aux capacités fourragères des pâturages qui sont de 862 à 1217 kg de matières sèches à l'hectare dans la zone (KENI, 1999). Cette situation, loin d'être totalement préjudiciable à l'exploitation, pourrait de façon implicite s'avérer favorable au développement de l'élevage dont dépend le niveau d'autosuffisance de l'exploitation en matière organique, et donc, à l'expansion du «zaï ».

5-5 APPROCHE DU BILAN ORGANO - MINERAL

5-5.1 Les réserves organo - minérales des sols.

La traduction sous forme quantitative des analyses au laboratoire des échantillons de sols prélevés en début de cycle (au mois de Mai 2000) a donné les résultats présentés au tableau 14. Bien qu'il ne s'agisse que de stocks bruts (et donc non immédiatement utilisables), ces réserves à l'état initial (dégradé) des sols signifient, pour les trois (3) sites expérimentaux considérés, que les cultures, à leur installation peuvent compter, dans l'horizon (0 – 30cm) sur :

- des réserves en matière organique de 43 à 67 t/ha ;
- des stocks d'azote total, de 1319 à 1998 kg/ha dont 2,95 à 3,31 % sont contenus dans la matière organique du sol ;
- des réserves de 1037,5 à 1397,4 kg/ha de phosphore total dont seulement 2,36 % , 2,39 et 4,10% sont facilement assimilable (Pbray) respectivement pour les sites de Kouba, Gourcy et Somiaga.

Le potassium (k) apparaît quant à lui comme l'élément le plus abondant dans les sols.

Tableau 14 : réserves organo - minérales des sols (stock début cycle)

Sites expérimentaux	M.O (*) . % . t/ha	Eléments minéraux (*)			
		N _t . ppm . kg / ha	P _t . ppm . kg/ha	P _{bray} . ppm . kg/ha	Kt . ppm . kg/ha
Somiaga	0,85	281,42	267,7	10,98	11702,72
	44,4	1469	1397,4	57,3	61088,2
Kouba	1,36	401,21	208,34	4,93	8696,12
	67,7	1998	1037,5	24,5	43306,7
Gourcy	0,94	285,5	238,11	5,69	5638,98
	43,4	1319	1100,1	26,3	26052,1

(*) - La première ligne indique la teneur du sol

- La seconde ligne indique la quantité de l'élément dans les sols.

Ces réserves et les rapports entre azote (N) et matière organique qu'on observe paraissent plutôt normaux. En effet, des valeurs semblables sont relevées dans la littérature (PIERI, 1989 ; HIEN, 1995).

Ces chiffres ne permettent cependant pas, pour un même élément, de tirer des conclusions comparatives. On peut noter tout au plus que le site de Gourcy, en culture continue depuis plus de 15 ans offre les réserves les plus faibles quand bien même les sols y ont été régulièrement fumés.

5-5.2 Les apports organiques et minéraux

5-5.2-1 Les apports organiques.

Sur les six (6) sites expérimentaux suivis pour la présente étude, les quantités de matière organique et d'éléments minéraux apportées à l'unité de surface par les composts sont présentées dans les tableaux 15 et 16. Ces quantités varient selon la pratique du paysan en fonction de la dose et de la qualité (teneur en matière organique et en éléments minéraux) du compost utilisé. Elles sont plus importantes sur aménagement simple (T1 et T2) chez les pratiquants des aménagements concentrés (Gourcy et Ranawa), et inversement sur aménagements concentrés (T3 et T4) chez les paysans habitués aux aménagements simples (Kouba et Somiaga). En effet, chez chacune des deux (2) catégories de pratiquants, les paysans ont tendance à extrapoler leur pratique au second type d'aménagement qui leur a été proposé.

5-5.2-2 Les apports atmosphériques.

Les quantités d'éléments minéraux apportées aux sols par les vents et par les eaux de pluies sont présentées au tableau 16. Les valeurs, calculées sur la base de références bibliographiques (cf. méthodologie) sont de l'ordre de 4 kg /ha/ an pour N, et de 2kg/ha/an pour P.

Tableau 15: Quantités de matière organique apportées par les composts.

Sites Expérimentaux	Apports organiques (t/ha)			
	T1	T2	T3	T4
- Somiaga	16,1 1,63	16,1 0,81	16,1 2,25	16,1 1,13
- Bogoya	11,3 0,9	11,3 0,45	* *	* *
- Komsilga	13,7 0,77	* *	* *	* *
- Kouba	16,6 1,87	16,6 0,94	16,6 1,94	16,6 0,97
- Ranawa	23,4 2,60	23,4 1,30	23,4 2,13	23,4 1,06
- Gourcy	20,1 3,80	20,1 1,90	20,1 2,43	20,1 1,22

1 -La première ligne indique la teneur du compost en matière organique(%)

2 -La seconde ligne indique la quantité de m.o apportée (t/ha) par le compost.

Tableau 16 : Quantité d'éléments minéraux d'origines atmosphérique et organique(kg/ha)

Sites expérimentaux	Nature des apports	T1		T2		T3		T4	
		N	P	N	P	N	P	N	P
Somiaga	Atmosphérique	4,1	1,6	4,1	1,6	4,1	1,6	4,1	1,6
	Organique	76,8	62,9	38,4	31,4	106,4	87,2	53,2	43,6
	apports totaux	80,9	64,5	42,5	33	110,5	88,8	57,3	45,2
Bogoya	Atmosphérique	4,1	1,6	4,1	1,6	-	-	-	-
	Organique	47,7	11,2	23,9	5,6	-	-	-	-
	apports totaux	51,8	12,8	28	7,2	-	-	-	-
Komsilga	Atmosphérique	4,1	1,6	4,1	1,6	-	-	-	-
	Organique	35,8	7,2	17,9	3,6	-	-	-	-
	apports totaux	39,9	8,8	22	5,2	-	-	-	-
Kouba	Atmosphérique	4,4	1,7	4,4	1,7	4,4	1,7	4,4	1,7
	Organique	85,9	11,9	42,9	6	88,9	12,3	44,5	6,2
	apports totaux	90,3	13,6	47,3	7,7	93,3	14	48,9	7,9
Ranawa	atmosphérique	4,1	1,6	4,1	1,6	4,1	1,6	4,1	1,6
	organique	92	14,5	46	7,3	75,4	11,9	37,7	6
	apports totaux	96,1	16,1	50,1	8,9	79,5	13,5	41,8	7,6
Gourcy	atmosphérique	4,2	1,6	4,2	1,6	4,2	1,6	4,2	1,6
	organique	149,3	27,4	74,6	13,7	95,6	17,6	47,8	8,8
	apports totaux	153,5	29	78,8	15,3	99,8	19,2	52	10,4

5-5.3 Absorption des éléments minéraux par les cultures.

5-5.3-1 Les teneurs en éléments minéraux des cultures

Les teneurs en éléments minéraux des cultures sont présentées en annexe 6. On observe une tendance à la baisse de la teneur en fonction de l'âge des cultures. DE VRIES et DJITEYE ; FOURNIER ; CLAUDE et al cités par HIEN, (1995), corroborent cette tendance. L'évolution du rapport P / N (figures 19 ; 20 et 21.) indique que l'absorption de ces éléments apparaît normale pour les tests de Kouba et Gourcy. Le rapport P/N augmente en effet de façon globale jusqu'à la floraison, traduisant ainsi une meilleure disponibilité du P par rapport au N.

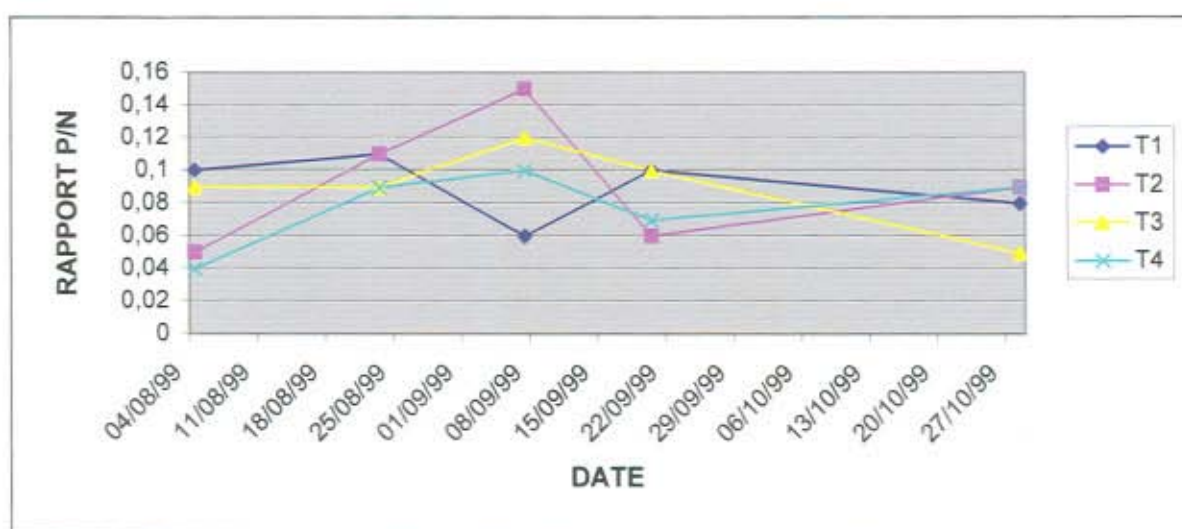


Figure 19 : évolution du rapport P/N sur le test de Soumiaga

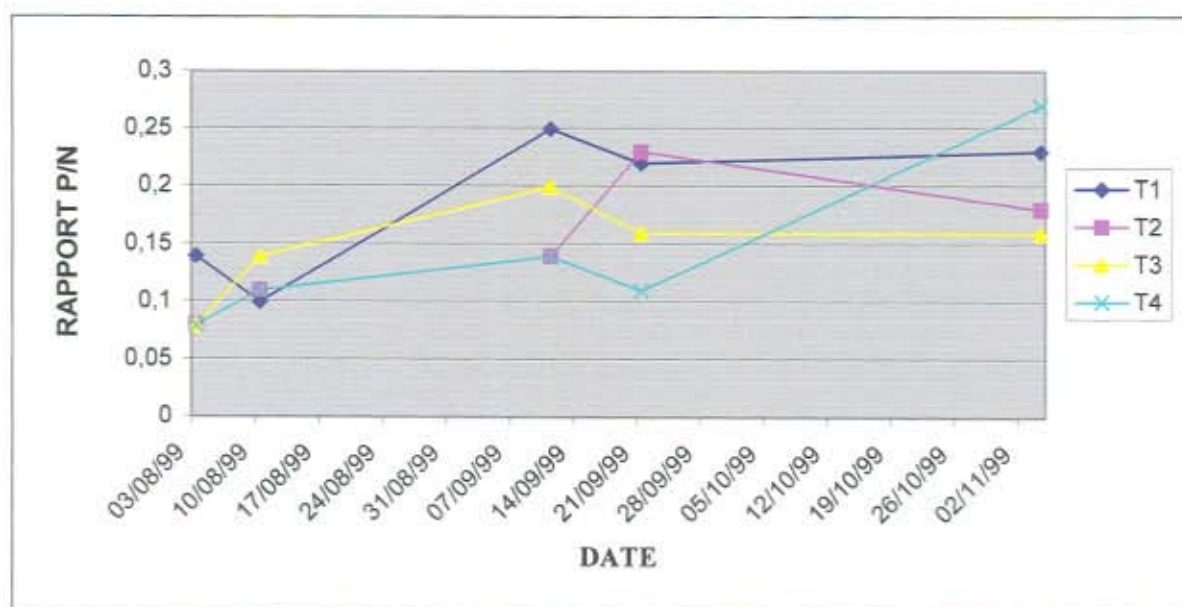


Figure 20 : Evolution du rapport P/N sur le test de Kouba

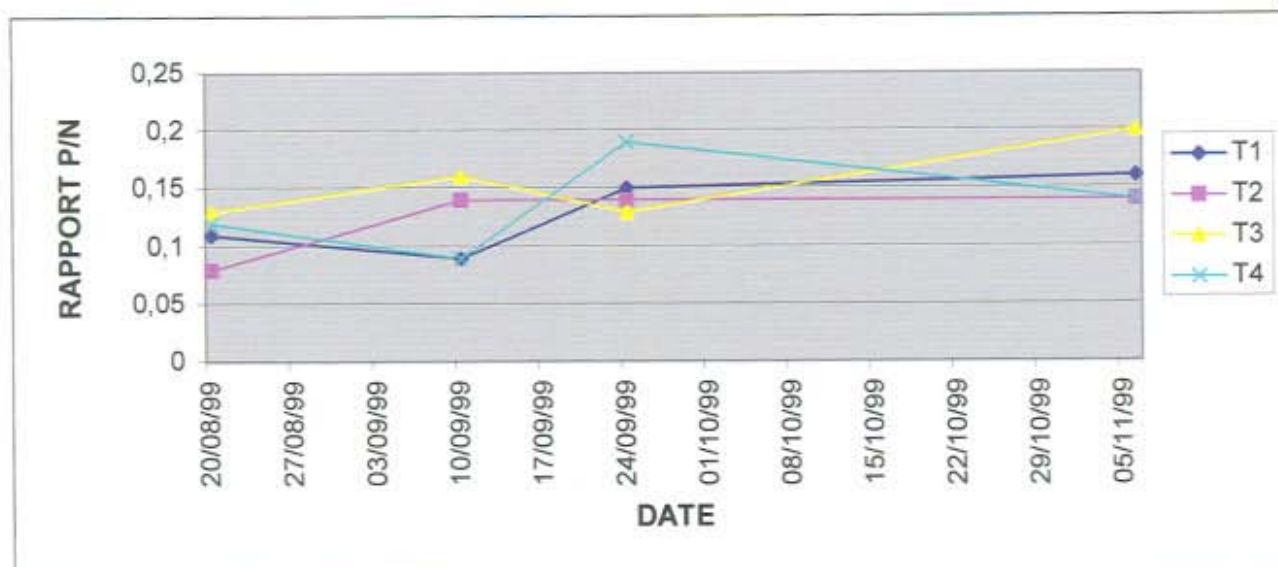


Figure 21 : évolution du rapport P / N sur le test de Gourcy

3-5.3-2 Immobilisation des éléments minéraux par les cultures.

Les exportations des éléments minéraux par les cultures à la récolte sont présentées au tableau 17 et en annexe 7. Tout comme les données d'absorption de N et P, ces chiffres ne permettent pas de faire de comparaisons formelles entre traitements mis en place.

Tableau 177 : Exportations des éléments minéraux par les cultures (%)

Sites	Exportations	T1		T2		T3		T4	
		N	P	N	P	N	P	N	P
Soumiaga	Qté (kg/ha)	46,59	4,28	35,80	3,81	48,36	3,65	45,41	4,68
		2,65	0,26	2,08	0,23	2,71	0,22	2,62	0,28
	% (*)	2,78	0,27	2,13	0,24	2,88	0,23	2,71	0,29
Kouba	Qté (kg/ha)	57,92	14,09	63,73	10,50	48,54	7,99	49,60	13,40
		2,56	1,23	2,87	0,92	2,14	0,70	2,23	1,18
	% (*)	2,67	1,25	2,93	0,93	2,23	0,71	2,28	1,19
Gourcy	Qté (kg/ha)	14,15	2,32	13,18	2,05	12,86	2,79	22,41	3,17
		0,86	0,18	0,84	0,16	0,84	0,22	1,45	0,25
	% (*)	0,95	0,19	0,88	0,16	0,86	0,22	1,50	0,25

(*) Les pourcentages sont exprimés : -par rapport au stock total (première ligne)

-par rapport à la réserve initiale (seconde ligne)

a) Le phosphore

C'est sur le site de Kouba qui dispose du plus grand stock en azote (1998kg/ha) que la consommation en phosphore est la meilleure. Les exportations y atteignent en effet 1 à 1,3% de la réserve en phosphore total sur aménagement simple, contre 0,8 à 1,3 % en aménagement concentré, nonobstant une dose de compost légèrement plus forte en aménagement concentré.

Sur les deux (2) autres sites de Soumiaga et Gourcy, elles sont respectivement de 0,2 à 0,3 %, malgré des réserves bien plus importantes qu'à Kouba.

Ces observations traduisent sans doute le fait que l'absorption du phosphore reste liée à la disponibilité de l'azote dans le sol. Cette disponibilité en N semble cependant être bien plus liée à la réserve minérale du sol (plus importante à Kouba) qu'aux apports.

b) L'azote.

Malgré des stocks relativement importants, les exportations en l'azote ont été faibles. Elles ne représentent que 2,4 à 2,9 % de la réserve initiale à Kouba. Sur les deux (2) autres sites elles sont respectivement de 2,4 à 3,3% sur le test de Soumiaga, contre 1 à 1,7 % à Gourcy .

Sur les sites bien drainés comme ceux de Soumiaga et Gourcy, les exportations en N et P sont généralement plus importantes sur les parcelles bénéficiant d'un aménagement concentré (T3 et T4); alors que sur les sols hydromorphes de Kouba elles sont plus importantes sur l'aménagement simple (T1 et T2). L'absorption des éléments minéraux par les cultures et partant, leur exportation semblent donc influencées par statut hydrique du sol. Des observations semblables sont relevées par HIEN, (1995) en amont de diguettes en terre ; la forte concentration en eau ayant alors un effet négatif sur l'absorption des éléments et sur la qualité du végétation qui est abondante mais d'une faible qualité minérale.

De façon générale, pour N comme pour P on observe que l'expérimentation n'a pas révélé de différences évidentes entre les traitements testés :

- sur aménagement simple, les immobilisations en P et en N des parcelles fumées à la dose paysanne complète (T1), sont supérieures à celles des parcelles fumées à la demi-dose (T2) sur les sites bien drainés. Ce qui se traduit par un meilleur développement végétatif des cultures, des rendements grains plus élevés et donc une meilleure disponibilité en éléments minéraux dans le cas de la dose paysanne complète.

- sur les aménagements concentrés par contre, les comparaisons sont moins évidentes. En général c'est sur les parcelles fumées à la demi-dose de compost (T4) qu'on observe les plus fortes exportations en phosphore ; sans doute en raison de leur forte production en pailles (rapports grain / paille généralement plus bas). C'est en effet dans les pailles que ce élément a été le plus abondant.

Pour l'azote, les demi-doses (T4), en raison d'un rendement grain plus élevé à Gourcy et à Kouba, présentent toujours les exportations les plus importantes. Une conjonction de contraintes dont l'hydromorphie de la parcelle à Kouba, l'hétérogénéité texturale et l'influence très préjudiciable du *striga hermonthica*, notamment sur les semis tardifs du site de Gourcy explique ces résultats contradictoires.

5-5.4 Quel bilan en tirer ?

La tentative d'estimation du bilan par la méthode du suivi dans le temps de la variation des stocks grâce aux analyses de sol n'a pu fournir de résultats acceptables :

- à l'évidence, il y a surestimation du stock final dès lors qu'on extrapole à l'unité de surface, la teneur en matière organique et en éléments minéraux du poquet de « Zaï » (où l'échantillon de sol analysé a été prélevé).
- par ailleurs, en l'absence de profils racinaires, il est difficile d'estimer le volume de terre colonisé par les cultures, et d'évaluer en conséquence avec une précision acceptable la réserve notamment minérale du sol fumé à la façon particulière du « zaï ».

La condition que nous nous étions préalablement fixée (cf. méthodologie) pour l'applicabilité de ce modèle au bilan n'est donc pas remplie dans la mesure où le stock calculé en fin de cycle se révèle être anormalement supérieur à la somme « stock initial + apports ».

Cette situation confirme du reste les réserves que nous avons émises dès le départ, et le scepticisme de certains auteurs (POULAIN IN IRAT – 1968) par rapport à cette méthode dont la fiabilité reste pour une large part liée à la méthode de constitution des échantillons de sol d'une part, et à la précision des analyses d'autre part.

5-5.4.1 Bilan organique

Le bilan organique approché par le modèle théorique de PIERI (cf. tableau 19) est négatif pour tous les traitements sur le test de Kouba. Le déficit qui va du simple au triple est de l'ordre de 0,2t/ha sur les parcelles fumées à la dose complète (T1 et T3), contre 0,7t/ha pour celles fumées à la demi-dose (T2 et T4).

Sur les deux (2) autres sites de Soumiaga et Gourcy, il est positif avec les doses complètes de compost (T1 et T3), mais presque négatif avec les demi-dose.

Le bilan calculé par confrontation des entrées et des sorties (cf. tableau 18), est moins déficitaire, mais proche cependant du précédent par ses tendances, et peut par conséquent servir à l'analyse du présent plan de fertilisation :

- le bilan est positif sur le test de Kouba pour les parcelles fumées à la dose complète de compost (+0,52 et +0,59t/ha), respectivement pour T1 et T2, mais négatif (-0,41 et -0,38 t/ha) pour celles fumées à la demi-dose (T2 et T4).

Comparé aux pertes annuelles estimées à 1,35 t/ha, ce bilan ne lui permet théoriquement pas, au niveau de rendement actuel, d'assurer sans un nouvel apport de compost une seconde campagne de production sans entamer les réserves du sol. Cependant, le taux initial de matière organique de ces sols (1,476%) indique que les réserves du sol sont en mesure de compléter les besoins pour une seconde campagne de production tout en restant au delà du seuil limite de 1%.

- Ces mêmes tendances se dessinent sur le site de Soumiaga, malgré les doses relativement plus importantes ; il n'est que très légèrement positif sur T4 (+0,24 t/ha), alors que sur T2 il est négatif. Au niveau de rendement actuel, ce bilan, confronté aux pertes annuelles estimées à 0,89t/ha, ne permet que dans le seul cas du T3 (fortement fumé par extrapolation), de conduire sans un nouvel apport de fumure, une seconde campagne de production qui ne mette pas à contribution la réserve du sol. Or le taux initial déjà bas de matière organique de ces sols (0,967%) exclue en principe la pratique d'une agriculture minière qui ne ferait qu'accroître le déficit. En conséquence, sur ce « zippéllé » en première année de récupération, un apport de compost serait indispensable pour la seconde campagne de production. Les tests d'effets résiduels prévus pour la prochaine campagne de production permettront d'en apprécier.

- A Gourcy enfin, les fortes doses de compost apportées sur un sol d'un statut organique acceptable (1,075% de m.o) et le niveau relativement bas des rendements justifient le bilan organique positif relevé sur tous les traitements. Pour des pertes annuelles estimées à 0,87 t/ha, une seconde campagne de production sans apport de fertilisants est possible sur T2 et T3 ; elle pourrait atteindre deux à trois campagnes sur T1 au niveau actuel de production.

Sachant cependant que ce niveau de rendements (non satisfaisant pour le paysan) a été le fait d'une campagne compromise par des difficultés de semis, on peut estimer que dans des conditions de rendements plus satisfaisants, une remise en culture de ces parcelles ne serait possible sans mettre à contribution la réserve initiale du sol que dans le seul cas des doses complètes de compost.

Dans la réalité, cette projection se butte sur le terrain à une forte infestation des parcelles par le *Striga Hermonthica (Del.)* qui serait également apporté au champ par le fumier, et qui, nonobstant ces considérations, contraint le paysan à renouveler ses apports dès que sa disponibilité en compost le permet. Les tests d'effets résiduels prévus pour les prochaines campagnes permettront sans doute de mieux apprécier les différentes options en termes de quantités absolues de matière organique sur plusieurs années.

Tableau 18: bilan organique par confrontation des entrées et des sorties en t/ha

Sites	Termes de bilan	Aménagement simple		Aménagement concentré	
		T1	T2	T3	T4
Soumiaga	1- réserve initiale	44,4	44,4	44,4	44,4
	2- apports totaux	1,63	0,81	2,25	1,13
	3- pertes annuelles	0,89	0,89	0,89	0,89
	4- bilan = (2)-(3).	0,74	-0,08	1,36	0,24
Kouba	1- réserve initiale	65,3	65,3	65,3	65,3
	2- apports totaux	1,87	0,94	1,94	0,97
	3- pertes annuelles	1,35	1,35	1,35	1,35
	4- bilan = (2)-(3).	0,52	-0,41	0,59	-0,38
Gourcy	1- réserve initiale	43,4	43,4	43,4	43,4
	2- apports totaux	3,80	1,90	2,43	1,22
	3- pertes annuelles	0,87	0,87	0,87	0,87
	4- bilan = (2)-(3).	2,93	1,03	1,6	0,35

Tableau 19 : Bilan organique théorique t/ha (selon le modèle PIERI, 1989).

SITES	Mode de calcul	TRAITEMENTS			
		T1	T2	T3	T4
SOUMIAGA	1. pertes liées aux méthodes culturales : $2\% \times 0,85\% \times 5220 =$	-0,89	-0,89	-0,89	-0,89
	2. pertes liées à la fumure Azotée.	-	-	-	-
	3. gains liés à la fumure organique : $10\% \times \text{dose compost} =$	1,01	0,55	1,4	0,7
	4- Bilan = (3) – (1) – (2) =	+ 0,12	-0,34	+0,51	-0,19
KOUBA	1. pertes liées aux méthodes culturales : $2\% \times 1,36\% \times 4980 =$	-1,35	-1,35	-1,35	-1,35
	2. pertes liées à la fumure Azotée.	-	-	-	-
	3. gains liés à la fumure organique : $10\% \times \text{dose compost} =$	1,13	0,56	1,17	0,58
	4- Bilan = (3) – (1) – (2) =	-0,34	-0,91	-0,30	-0,89
GOURCY	1. pertes liées aux méthodes culturales : $2\% \times 0,94\% \times 4620 =$	-0,87	-0,87	-0,87	-0,87
	2. pertes liées à la fumure Azotée.	-	-	-	-
	3. gains liés à la fumure organique : $10\% \times \text{dose compost} =$	1,87	0,94	1,21	0,60
	4- Bilan = (3) – (1) – (2) =	+1	+0,07	+0,34	-0,27

taux annuel de perte k = 2%

taux annuel de gain h = 10%

5-5.4-2 Le bilan minéral

Pour les trois (3) tests concernés par la présente évaluation, le bilan minéral est tout à l'image du bilan organique.

Dans l'impossibilité cependant de dresser une balance complète des entrées et des sorties, l'approche du bilan par la méthode du suivi de la variation dans le temps du stock par les analyses de sols s'étant avérée insuffisante, il ne nous a pas été possible d'estimer les pertes par lixiviation, et d'apprécier en conséquence ce qu'aurait pu être l'effet d'une concentration de la matière organique et de l'eau dans les poquets de « zaï ». Aussi le bilan que nous présentons est-il un bilan apparent (ou brut) ; ce qui n'est pas sans inconvénients .

a) le bilan phosphaté

Nous retenons pour le bilan phosphaté que le phosphore est un élément qui est peu entraîné par lixiviation (ROOSE, in IRAT, 1968), et peu absorbé de façon irréversible par les colloïdes des sols de la région (PIERI, 1989) ; et qu'un bilan, même apparent peut de ce point de vue en donner une assez bonne image. Cette petite mise au point nous permet, à la lecture du tableau 20 de constater :

- qu'excepté le test de Kouba qui (avec des réserves facilement assimilables réduites) affiche un bilan négatif pour les traitements T1, T2 et T4, les deux (2) autres tests de Soumiaga et de Gourcy (dont les réserves facilement assimilables sont plus importantes, avec cependant des stocks en azote plus faibles) ont des bilans positifs pour tous les traitements ;
- que ces bilans positifs sont deux (2) fois plus élevés sur les parcelles fumées à la dose complète (T1 et T3) , mais qu'aucune différence évidente n'a été relevée entre les deux types d'aménagement.

Ces bilans améliorent les observations antérieures de PIERI selon lesquelles ils seraient généralement négatifs dans la région du fait d'une fertilisation minérale généralement insuffisante pour couvrir les exportations des récoltes, et de la faiblesse des apports en P par des matières organiques produites à partir de matériaux végétaux qui se sont développés sur des sols carencés en cet élément. En effet, malgré l'absence de fertilisants minéraux dans cette étude et malgré la carence en phosphore des sols de la région, les composts utilisés ont été obtenus par la combinaison de produits locaux divers dont la cendre et le Burkina-phosphate, qui en ont amélioré les teneurs.

Tableau 20: Bilan minéral apparent culture

Sites	Libellés	T1		T2		T3		T4	
		N	P	N	P	N	P	N	P
Somiaga	1- Apports totaux	80,9	64,5	42,5	33	110,5	88,8	57,3	45,2
	2- Exportations par les cultures	46,6	4,3	35,8	3,8	48,4	3,6	45,4	4,7
	3- Bilan = (1) - (2)	+34,3	+60,2	+6,7	+29,2	+62,1	+85,2	+11,9	+40,5
Kouba	1- Apports totaux	90,3	13,6	47,3	7,7	93,3	14	48,9	7,9
	2- Exportations par les cultures	57,9	14,1	63,7	10,5	48,5	7,9	49,6	13,4
	3- Bilan = (1) - (2)	+32,4	-0,5	-16,4	-2,8	+44,8	+6,1	-0,7	-5,5
Ranawa	1- Apports totaux	96,1	16,1	50,1	8,9	79,5	13,5	41,8	7,6
	2- Exportations par les cultures	26,2	3,2	31	3,4	39,6	5,2	24	3,5
	3- Bilan = (1) - (2)	+69,9	+12,9	+19,1	+5,5	+39,9	+8,3	+17,8	+4,1
Gourcy	1- Apports totaux	153,5	29	78,8	15,3	99,9	19,2	52	10,4
	2- Exportations par les cultures	14,1	2,3	13,2	2	12,9	2,8	22,4	3,2
	3- Bilan = (1) - (2)	+139,4	+26,7	+65,6	+13,3	+86,9	+16,4	29,6	+7,2

T1 = Dose paysanne de compost sur aménagement simple.

T2 = Demi-dose paysanne de compost sur aménagement simple.

T3 = Dose paysanne de compost sur aménagement concentré

T4 = Demi-dose paysanne de compost sur aménagement concentré.

Si nous considérons donc les pertes par lixiviation comme négligeables pour P, les bilans ainsi observés pourraient s'expliquer d'une part par la faible teneur en phosphore du compost de Kouba (1,055 g/kg), en opposition à celle relativement plus satisfaisante des matériaux de Soumiaga et Gourcy (respectivement 6,229 et 1,452 g/kg) et d'autre part par le niveau de disponibilité plus élevé de l'azote pour le test de Kouba.

a) Le bilan azoté.

Pour l'azote, le bilan apparent comporte en principe quelques limites d'application.

En effet, la fraction minérale libérée en début de campagne par la minéralisation, alors que les besoins des cultures sont encore faibles, et leur enracinement peu développé peut être en partie soustraite à l'absorption des plantes par la lixiviation.

A défaut de pouvoir quantifier ces pertes, nous sommes, à ce stade de l'étude limités à exploiter néanmoins des bilans bruts qui se présentent ainsi qu'il suit (cf.tableau 20) :

- le test de Kouba révèle un solde positif pour les parcelles fumées à la dose complète de compost (T1 et T3) ; il est négatif pour les demi-doses (T2 et T4). Les reliquats restent cependant inférieurs aux exportations des récoltes pour tous les traitements, et ne permettent pas, au niveau de rendement atteint, d'envisager sans un nouvel apport de fertilisant, une seconde campagne de production qui n'entame les réserves du sol.
- à Soumiaga, le bilan malgré des rendements jugés satisfaisants reste positif pour tous les traitements, particulièrement pour les parcelles qui ont reçu une dose complète de compost.

Comparés cependant aux exportations des récoltes, ces bilans ne couvrent les besoins de culture que dans le seul cas du T3, on se rappelle, fortement fumé par extrapolation de la fumure de l'aménagement simple « zaï-yossa » au « zaï - diguette ». Dans la pratique de ce paysan (zaï-simple) un nouvel apport de fertilisant s'avère donc nécessaire sur cet ancien zippellé pour une seconde campagne de production.

- à Gourcy enfin, le bilan est également positif pour tous les traitements ; particulièrement pour les parcelles fumées à la dose complète de compost. Tout comme pour la matière organique, la forte dose de compost apportée, la réserve minérale

importante du sol et le bas niveau de rendement de la campagne justifient un bilan supérieur aux exportations par les récoltes.

Les rendements (déclarés insuffisants par le paysan) obtenus étant le fait d'une campagne compromise par des difficultés de semis qui ont accentué les effets du *striga Hermonthica (Del)*, on peut estimer, les réserves minérales de ce site étant inférieures à celles du site de Soumiaga, qu'au même niveau de rendement, une seule campagne de production sans apport de fertilisant est théoriquement possible dans la pratique (zaï-diguette) de ce paysan.

Dans la réalité cependant, le niveau élevé d'infestation des parcelles par le *striga Hermonthica (Del)* annihile ces possibilités d'économie, et contraint le paysan à reconduire dès que possible, la fumure de ces parcelles pour garantir un rendement satisfaisant.

5-5.5 Conclusion partielle

La lecture de ces trois (3) bilans, en considérant chaque paysan dans sa pratique habituelle permet de dégager deux (2) cas de figures :

- celui des nouveaux aménagements (anciens Zippellés en cours de récupération) qui, à l'exemple du test de Soumiaga connaissent, pour un niveau de production moyen de 1,5 t/ha de grains, une légère amélioration de leur statut organique. Cette amélioration est cependant limitée, en comparaison des pertes annuelles, et indique que de nouveaux apports de fertilisants seront nécessaires dès la seconde année ;
- et celui des anciens aménagements (terrains aménagés et en cultures plus ou moins continue depuis quelques années) dont le taux de matière organique légèrement supérieur à 1% traduit un effet cumulatif des fumures jusqu'alors effectuées. Ce niveau relativement acceptable de matière organique semble après la première fumure, autoriser pour 1 à 2 campagnes suivantes, une production sans apports supplémentaires de fertilisants.

Sur le terrain, le comportement des paysans pour la campagne 2000/2001 en cours semble confirmer ces réflexions. En effet les paysans de Bogoya , Ranawa et Komsilga dont les tests ont été conduits sur des « zippellés » en première année de récupération ont déjà reconduit la fumure de leur parcelle. Le protocole d'expérimentation prévoyait cependant pour cette année, une production sans apports, dans le but d'observer les arrières effets de la fumure réalisée pendant la première année.

A Gourcy, le paysan qui semble avoir accepté à contre-cœur ce protocole n'a pas effectué d'apport pour cette seconde campagne, mais a en contre-partie pratiqué le paillage par endroits de sur ses parcelles.

Il semble donc y avoir, du moins dans certains cas, un décalage entre les déclarations faites par les paysans sur les opportunités d'économie de temps, de main d'œuvre et de matière organique offertes par les séquences culturales et leurs pratiques les plus courantes. Les tests d'effets résiduels prévus pour les campagnes suivantes permettront sans doute de mieux apprécier les différentes options (dose paysanne et demi-dose paysanne) en termes de quantité absolue sur plusieurs années.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

*** CONCLUSIONS ESSENTIELLES DE L'ETUDE**

Les résultats de cette troisième étape de l'étude, malgré les limites réelles du bilan organo-minéral fournissent des informations intéressantes sur :

- Les améliorations paysannes du « zaï »

La pratique paysanne du « zaï » se caractérise par une très grande diversité. Cette diversité porte surtout sur la taille des poquets et sur l'utilisation de la matière organique dont la disponibilité en quantité et en qualité apparaît comme le principal critère d'appréciation du niveau d'un paysan et du succès de l'exploitation dans la région.

L'étude montre qu'il est techniquement possible, pour des paysans à revenus modestes, de parvenir par l'adjonction de matériaux locaux divers, à l'obtention de substrats organiques dont la qualité chimique est égale sinon supérieure à celle du fumier classique, matière organique de référence par excellence. Les caractéristiques des sols utilisés dans cette étude par les paysans confirment leur niveau élevé de dégradation dans la zone. Les rendements obtenus justifient largement cependant, l'attention que les paysans accordent à cette technique malgré sa pénibilité de mise en œuvre, et le transfert d'intérêt constaté vers les sols de hautes terres. Cette situation risque cependant de constituer à termes une nouvelle menace pour les paysans innovateurs, car les propriétaires fonciers les plus avertis sur la technique sont déjà de plus en plus réticents à céder leurs zipellés, en particulier les sols minéraux bruts de haut de pente.

- Les productions

Les effets positifs de la fumure organique sur les cultures sont perceptibles à tous les niveaux quelle que soit la quantité et la qualité de la matière organique utilisée ; en particulier sur la croissance, l'épiaison et les rendements grain et paille. Cet effet est encore plus élevé en présence d'un dispositif permettant d'accroître la disponibilité de l'eau dans des proportions compatibles avec la capacité de drainage des sols (aménagement concentré : T3 et T4).

Dans les conditions un peu particulières de la présente campagne (assez bien arrosée à partir de l'installation des pluies), aucune différence statistiquement significative de rendement n'a été observée sur la majorité des sols profonds (tests de Soumiaga, Ranawa, et Gourcy) entre la dose paysanne de compost et la demi-dose qui, dès la première année fournit des rendements

proches de ceux de la dose complète. Il y a là, une économie de matière organique qui donne au paysan la possibilité d'emblaver plus de superficies fumées, et donc d'aménager une proportion plus importante de son exploitation.

Il en est de même sur les sols superficiels et hydromorphes du test de Kouba sur lesquels la mauvaise qualité du drainage a quelque peu annihilé l'action de l'aménagement concentré.

Sur sols minéraux bruts mais bien drainés par contre (cas de Bogoya), la dose complète de compost révèle une supériorité sans équivoque sur la demi-dose (différence significative).

- Le niveau organique et minéral des sols

Au stade actuel de l'étude, les effets d'une concentration de l'eau et de la matière organique dans le poquet de « zaï » restent encore à préciser. Le taux de matière organique relativement plus élevé sur les anciens champs (déjà plus ou moins récupérés) indique qu'il y a un effet cumulatif des différentes fumures réalisées les campagnes précédentes.

En l'absence de mesures formelles de la lixiviation et du bilan hydrique, il n'a pas été possible de parvenir à une appréciation objective du niveau de minéralisation et de pertes de la matière organique apportée et de déduire en conséquence le résultat d'une concentration de l'eau et de la matière organique dans le poquet de « zaï ».

La dose paysanne complète de compost offre cependant sur des sols déjà récupérés, la possibilité d'effectuer les apports de matière organique tous les deux (2) ou trois (3) ans ; ce qui se traduit par une économie de temps et de main d'œuvre dont l'impact économique réel reste à préciser. Sur les zipellés encore en début de récupération, il semble nécessaire de renouveler pendant les premières années les apports, si l'on veut couvrir de façon correcte les besoins de culture, sans trop mettre à contribution la réserve organo-minérale du sol.

*** RECOMMANDATIONS**

- Pour l'étude

Compte tenu des limites du bilan organique et minéral sur lequel s'est basée la réflexion, il est nécessaire que l'étude soit poursuivie pour préciser les résultats de cette première observation, et pour répondre aux interrogations nées de la présente étape.

La principale amélioration à apporter dans ce sens à la conduite des observations pourrait porter sur la détermination d'une clef méthodologique pour l'évaluation du bilan dans le cas particulier du « zaï » ; notre tentative d'évaluation par la méthode du suivi de la variation dans le temps des réserves (déterminées en début et en fin de cycle par des analyses de sols) s'étant avérée infructueuse.

En effet la pratique du « zaï » consiste par définition même en une concentration de l'eau et de la matière organique dans des poquets. Le sol ainsi fertilisé n'étant plus labouré ni même remué par la suite pendant les premières années d'aménagement, il ne s'y opère pratiquement pas de redistribution de la matière organique apportée. C'est pourquoi l'extrapolation à l'unité de surface de la teneur en matière organique et en éléments minéraux du poquet de « zaï » (où nous avons prélevé nos échantillons analysés) abouti à une forte surestimation des stocks en fin de campagne et donc des bilans. La restriction à un rayon de 10 à 15 cm du volume de terre éventuellement explorée par la plante a abouti par contre à des résultats proches de la réalité ; mais cette approche particulière du bilan ne pourrait être acceptée que dans la mesure où elle répondrait à une méthodologie rigoureusement élaborée ; aussi n'avons nous pas considéré ces bilans dans la présente analyse.

L'étude pourrait à cet effet être complétée par un bilan hydrique des parcelles ainsi aménagées et par des mesures de la lixiviation. Ceci renseignerait avantageusement sur les pertes solides et minérales liées à la concentration de l'eau et de la matière organique dans le poquet de « zaï ». De même, l'exécution de profils racinaires permettrait d'apprécier l'importance de la zone soumise à l'activité racinaire des cultures et de fixer alors avec précision le niveau de prélèvement des échantillons de sols à analyser.

- Pour la structure de recherche et le projet C.E.S-II

La grande variabilité des pratiques paysannes du « zaï » que nous observons sur le terrain, en même temps qu'elle alimente l'innovation, constitue en sorte un défi pour la recherche. Sans qu'il soit question de vouloir les uniformiser, celle-ci se doit de parvenir à la formulation d'un message technique plus harmonisé, capable de répondre aux attentes de la plus grande majorité des utilisateurs. L'utilisation des paysans innovateurs comme partenaires de recherche et comme auxiliaires de vulgarisation pourrait bien contribuer à l'atteinte rapide d'un tel objectif.

Enfin, la capitalisation des acquis de recherche sur le *Striga* s'avère nécessaire, car le niveau d'infestation atteint par ce parasite sur certains sites place les paysans au centre d'un

dilemme ; le *Striga*, (aux dires des paysans) très bien apprécié des animaux étant aussi malencontreusement apporté au champ par la matière organique destinée à sa fertilisation.

- Pour les décideurs politique

Sur des systèmes de production vivriers où les revenus dégagés de l'exploitation sont immédiatement réinvestis dans l'achat de céréales, les principales contraintes à l'expansion du « zaï » que nous mettons en relief sont ; l'insuffisance de la matière organique, la difficulté d'accès à la terre et à l'eau, le manque ou l'insuffisance du matériel de transport, la faible capacité d'investissement.

Si l'on choisit de considérer la conservation des sols comme une activité d'intérêt individuel, on peut toujours se contenter de restituer au sol ce que les cultures lui ont prélevé, en choisissant la dose de fumure qui n'entame de trop la réserve du sol. La demi-dose peut alors suffire dans ce cas si elle est annuellement renouvelée. Les rendements moyens obtenus sur les tests semblent suffisants pour susciter l'intérêt des paysans qui se déclarent d'ailleurs prêts à l'essayer.

Si par contre on considère la fertilité comme un potentiel à entretenir, notamment pour les générations futures, la meilleure solution serait alors celle des fortes doses qui, parallèlement à la satisfaction des besoins des cultures tendrait à corriger les carences du sol grâce à un compost de qualité fabriqué en conséquence. Dans bon nombre de cas, cette technique qui requiert des moyens parfois au-delà de la capacité d'investissement du paysan nécessitera l'aide des structures d'appui à la production . En effet, pour Zallé Abdoulaye, un paysan innovateur du village de Komsilga, « la vulgarisation ne doit pas être un marché où l'on se rencontre occasionnellement. Le paysan est comme un véhicule en panne de démarreur ; si on le pousse, il démarre ; sinon il risque de rester là. »

La sécurité foncière des paysans pratiquant le « zaï » doit aussi être améliorée car, sur les six (6) paysans innovateurs concernés par cette étude, trois d'entre eux, soit (50%) ont déjà eu des contentieux avec les villageois, et deux (2) d'entre eux ont fait appel au tribunal de grande instance de Ouahigouya pour échapper à l'expropriation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGRIPROMO (N° 83), 1993 : Pour la promotion du monde rural, gérons la fertilité pour un développement durable de nos pays. INADES-FORMATION, Ouagadougou. 26 p.

BACYE (B.), MOREAU (R.) et AL., 1998 : Décomposition d'une poudrette de fumier incorporée dans un sol sableux de versant et un sol argilo-limoneux de bas-fonds en milieu soudano-sahélien. Pp : 83-92.

C.I.R.A.D. (D.S.A.), 1985 : Relations Agriculture-Elevage. Actes du II^e séminaire du département Systèmes Agraires. Montpellier. Pp : 69 -75 ; 264 -274.

C.R.P.A. (N.), 1994 : Plan régional du secteur agropastoral. Région du Nord , Tome 3, BURKINA FASO, 92p.

CHANTEREAU J., NICOU R., 1991 : Le sorgho. Le technicien d'agriculture tropicale (18). A.C.C.T-C.T.A. MAISONNEUSE et LAROSE. Paris. 159p.

DJIGMA A., NIKIEMA E. et AL, 1989 : Alternatives agricoles et Autosuffisance Alimentaire. Pour une Agriculture Economie et Respectueuse de l'Homme et de son Environnement. Communications de la Septième Conférence Scientifique Internationale de l'I.F.O.A.M. Ouagadougou. 448p.

DORO T., 1991 : La Conservation des Eaux et des Sols au Sahel. L'Expérience de la Province du Yatenga, BURKINA FASO, C.I.L.S.S. Ouagadougou. pp 2-39.

DUGUE P., 1989 : Possibilités et Limites de l'Intensification des Systèmes de Cultures Vivriers en Zone Soudano-Sahélienne. Le cas du Yatenga (BURKINA FASO), Extrait de la Thèse de Docteur. 267p.

FORNAGE N., 1993 : Enjeux et Possibilités de l'Intensification Agricole au Nord-Yatenga. Dossier de Synthèse. B.RD/C.R.P.A./N-P.V.N.Y.BURKINA FASO.75p.

G.R.E.T., 1979 : Biomasse : Comparaison des Valorisations des Sous Produits Agricoles. Collection Technologie et Développement (N°5). pp : 167-177.

GRZIMEC B., 1975 : Le Monde Animal en 13 Volumes. Encyclopédie de la Vie des Bêtes. Tome 2. Ed. STAUFFACHER.S.A.Zurich. pp : 1354 -1359.

HIEN G. F et OUEDRAOGO. A, 2000 : Le Développement Participatif de Technologies, mécanismes de collaboration entre chercheurs, vulgarisateurs et paysans : étude de cas appliquée à l'analyse de la durabilité des techniques endogènes de gestion de l'eau et des sols au Burkina Faso. Document de travail. 9p.

HIEN G. F., 1995 : La Régénération de l'Espace Sylvo-pastoral au Sahel. Une Etude de l'Effet de Mesures de Conservation des Eaux et des Sols au BURKINA FASO. Thèse-Doctorat. Université Agronomique de Wageningen. 223p.

I.N.S.D., 1998 : Recensement Général de la Population et de l'Habitation du BURKINA FASO du 10 au 20 décembre 1996. Résultats Définitifs. BURKINA FASO. 46p.

I.R.A.T., 1968 : Colloque sur la Fertilité des Sols Tropicaux. Tome 2. Paris 7^e. pp :1261-1546.

I.R.A.T., 1978 : Le Désherbage des Rizières en Afrique de l'Ouest et leurs principales Adventices. G.E.R.D.A.T./D.D.C. FRANCE. 90p.

I.R.A.T., 1983 : Rapport de Synthèse de 1982. I.R.A.T. BURKINA FASO, 208p.

I.R.A.T., 1968 : Colloque sur la Fertilité des Sols Tropicaux. Tome 1. Paris 7^e. pp :

KABORE P. D., KABORE T. S., MAATMAN A. et Al., 1995 : Analyses des Stratégies Paysannes dans les Régions du Centre et Nord-Ouest du BURKINA FASO : Approches et quelques Résultats. Université de Ouagadougou-Université de Gronigen-PAYS-BAS. 45p.

KENI L. S., 1999 : Contribution à l'Analyse des Critères de Durabilité du Zaï dans le Yatenga : Evaluation des Ressources Agrobiologiques à l'Echelle du Terroir et l'Exploitation. Mémoire de Fin d'Etudes. Université Bobo-Dioulasso. 76p.

KY D. C., ZOUGMORE R. B. et Al, 1995 : Conservation des Eaux et des Sols. Agroforesterie. Recueil de Fiches Techniques. P.S./C.E.S.-A.G.F. - I.N.E.R.A. - I.R.B.E.T., BURKINA FASO. Pp : 6-8.

M.A.R.A., 1990 : Enquête Nationale sur les Effectifs du Cheptel, Volume 1. BURKINA FASO. 77p.

M.A.R.A., 1997 : Les Statistiques de l'Elevage au BURKINA FASO.S.S.A-E.E.-D.E.P.-M..A.R.A. 108p.

MERLIER H., MONTEGUT J., 1982 : Adventices Tropicales. Flore aux Stades Plantule et Adulte de 123 Espèces Africaines ou Pantropicales. O.R.S.T.O.M.-G.E.R.D.A.T.-E.N.S.H. 486p.

Ministère Français de la Coopération et du Développement : Mémento de l'agronome, collection Techniques rurales en Afrique. Quatrième édition, 1523P.

MUSTIN M., 1987 : Le Compost : Gestion de la Matière Organique, Ed. FRANCOIS DUBUSC. pp :

NANEMA F., 1990 : Etude des Effets des Techniques Culturelles sur la Composition de la Solution du Sol et les Pertes Minérales par Lixiviation. Mémoire de Fin d'Etude. Université de Ouagadougou. 92p.

NYANGEZI L., 1989 : Etude de Maintien de la Fertilité des Systèmes de Culture conduits en Motorisation intermédiaire dans l'Ouest du BURKINA FASO. Mémoire de Fin d'Etude, Université de Ouagadougou. pp : 1-36.

PIERI C., 1989 : Fertilité des Terres de Savanes. Bilan de 30 ans de Recherche en Afrique au Sud du Sahara. Ministère de la Coopération et du Développement français et C.I.R.A.D.-I.R.A.T. 433p.

ROOSE E., 1989 : Méthodes Traditionnelles de Gestion de l'Eau et des Sols en Afrique Occidentale Soudano-Sahélienne. Définitions, Fonctionnements, Limites et Améliorations possibles. In-Réseau Erosion (N°10).pp : 98-107.

SAWADOGO H., 1995 : La Lutte Anti-érosive dans la Zone NORD-OUEST du BURKINA FASO : Cas des Villages de Baszaïdo et Lankoé. IN.E.R.A.-Réseau S.A.D.A.O.C.- BURKINA FASO. 22p.

SAWADOGO H., 1996 : Analyse des Stratégies Paysannes de Conservation des Eaux et des Sols dans la Zone NORD-OUEST du BURKINA FASO ; Cas des Villages de Baszaïdo, Kalamtogo et Lankoé. IN.E.R.A.-Réseau S.A.D.A.O.C.- BURKINA FASO. 28p.

SEBILLOTTE M., 1991 : Fertilité et Systèmes de Production. I.N.R.A. Paris. Pp : 225-255.

VAN N. D., CISSE L., 1989 : L'Amélioration de l'Alimentation Hydrique par des Techniques Culturelles liées à l'Interaction Eau/Fertilisation Azotée. 107p.

VLAAR J. C. J., 1992 : Les Techniques de Conservation des Eaux et des Sols dans les Pays du Sahel. C.I.E.H./U.A.W. BURKINA FASO. 99p.

WRIGHT P., 1985 : La Gestion des Eaux de Ruissellement. OXFAM-P.A.F. BURKINA FASO. 38p

ANNEXES

Annexe 1 : Le « zaï » en quinconce ou «zaï-yossa » (site de Soumiaga)



Vue de face



Vue latérale

Annexe 2 : Le « zaï-diguette » (site de Soumiaga)



Vue de face



Vue latérale

Annexe 3 : Le « zaï-diguette » (grands poquets du site de Gourcy)

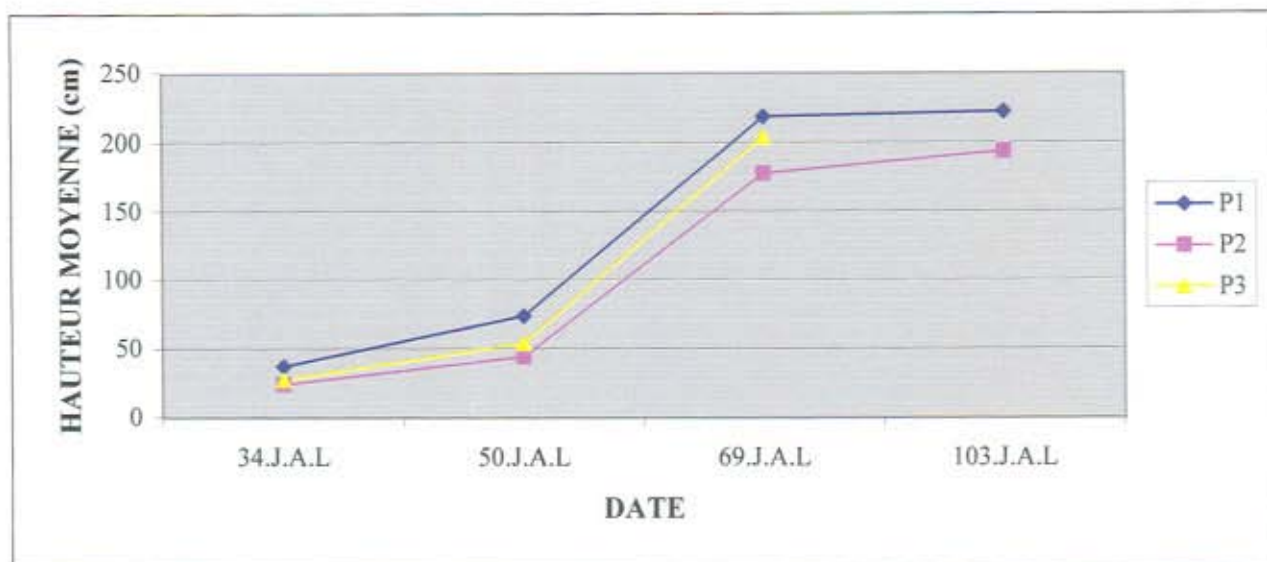


Vue de face



Vue latérale

Annexe 4 : Courbe de croissance des plants (test du site de komsilga)



P1= parcelle fumée au compost

P2= parcelle fumée au fumier de fosse à fumier

P3= parcelle fumée à la poudrette d'étable

Annexe 5 : Courbe de croissance des plants (test du site de kouba).



(*) J.A.L = Jours après levée.

T1=dose paysanne de compost en aménagement simple

T2=demi-dose paysanne de compost en aménagement simple

T3=dose paysanne de compost en aménagement concentré

T4=demi-dose paysanne de compost en aménagement concentré

Annexe 6 : Evolution de la teneur en éléments minéraux des pailles et des grains (kg/ha)

Sites	Organes	Périodes	T1			T2			T3			T4		
			N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Somiaga	Paille	4-08-99	19,50	1,97	34,47	28,28	1,31	35,10	18,59	1,78	33,99	25,79	1,04	35,36
	paille	23-08-99	16,01	1,79	37,28	19,38	2,19	37,62	15,64	1,35	32,76	17,91	1,61	32,49
	paille	7-09-99	20,98	1,28	16,10	17,27	2,65	20,16	16,17	1,98	17,13	19,26	1,99	16,90
	paille	20-09-99	10,26	0,99	14,93	11,82	0,71	14,65	8,18	0,80	16,51	9,91	0,72	15,07
	paille	28-10-99	15,36	1,27	4,30	14,88	1,28	3,80	13,38	0,71	4,63	14,72	1,28	3,46
	grain		4,38	0,66	13,85	4,48	0,94	19,75	2,53	0,73	19,58	1,91	0,66	13,85
Kouba	paille	3-08-99	20,71	3,00	31,46	27,50	2,17	33,07	24,71	2,10	36,59	23,78	1,86	32,15
	paille	20-08-99	15,33	1,61	43,86	14,80	1,67	29,93	16,76	2,35	37,60	13,23	1,43	28,66
	paille	11-09-99	11,93	2,97	16,16	17,42	2,40	20,21	10,83	2,14	20,77	16,91	2,43	20,49
	paille	21-09-99	10,81	2,41	9,97	3,50	0,80	15,97	10,70	1,67	15,21	16,18	1,83	10,68
	paille	4-11-99	14,97	3,53	4,62	13,48	2,41	3,91	13,05	2,08	3,94	13,02	3,51	4,70
	grain		2,58	0,95	11,71	9,99	1,18	14,22	3,64	0,71	17,13	2,35	0,66	10,31
Ranawa	paille	3-08-99	15,45	1,69	32,57	24,35	1,31	34,98	24,42	1,29	35,60	24,57	1,33	34,39
	paille	22-08-99	17,47	1,47	29,46	18,24	1,46	31,24	19,41	1,19	29,91	19,48	1,97	35,38
	paille	9-09-99	17,84	1,72	23,61	18,10	1,94	24,35	15,64	1,03	19,41	25,04	2,44	23,32
	paille	22-09-99	6,59	1,01	20,60	8,16	0,71	16,32	11,80	0,99	16,84	12,61	1,69	16,71
	paille	30-10-99	13,13	1,81	4,03	15,79	1,72	3,16	17,10	2,07	3,62	15,66	2,19	3,73
	grain		6,39	0,13	15,70	6,94	0,83	20,82	3,96	1,01	16,30	5,25	0,94	15,28
Gourey	paille	20-08-99	18,36	1,99	37,60	18,64	1,48	42,85	16,78	2,19	52,22	18,17	2,17	33,51
	paille	10-09-99	22,28	2,12	20,80	18,12	2,48	20,76	18,01	2,91	23,49	26,32	2,43	20,53
	paille	24-09-99	8,27	1,22	12,67	11,79	1,71	12,45	13,36	1,73	16,30	14,08	2,71	15,40
	paille	6-11-99	16,66	2,62	4,64	13,78	1,93	4,05	12,50	2,52	5,73	14,83	2,03	4,33
	Grain		2,81	0,67	14,28	1,87	0,73	12,71	2,90	0,94	14,68	5,85	0,94	13,29

Annexe 7 : Exportations des éléments minéraux par les cultures.

SITES	Libellés	N				P				K			
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Somiaga	Export° par G (kg/ha)	6,459	5,908	4,634	2,810	0,967	1,241	1,334	1,965	20,433	26,050	35,888	20,378
	Absorpt° par P (kg/ha)	40,118	29,881	43,729	42,605	3,318	2,570	2,317	3,719	11,225	7,622	15,144	10,007
	Mob(kg/ha)	46,587	35,798	48,363	45,415	4,285	3,811	3,651	4,684	31,658	33,672	51,032	30,385
Kouba	Export° par G (kg/ha)	3,340	14,700	5,116	2,895	1,227	1,744	1,057	0,819	15,145	20,932	24,086	12,687
	Absorpt° par P (kg/ha)	54,585	49,031	43,421	46,705	12,863	8,759	6,933	12,579	16,860	14,217	13,095	16,838
	Mob(kg/ha)	57,925	63,731	48,537	49,600	14,090	10,503	7,990	13,398	32,005	35,149	37,181	29,525
Ranawa	Export° par G (kg/ha)	3,764	4,014	3,408	3,332	0,075	0,477	0,865	0,597	9,246	11,687	14,015	9,703
	Absorpt° par P (kg/ha)	22,469	26,990	36,243	20,708	3,092	2,946	4,386	2,895	6,900	5,399	7,681	4,938
	Mob(kg/ha)	26,233	31,004	39,651	24,040	3,167	3,423	5,251	3,492	16,146	17,086	21,696	14,641
Gourcy	Export° par G (kg/ha)	1,074	0,747	1,586	4,208	0,258	0,291	0,515	0,679	5,457	5,072	8,029	9,555
	Absorpt° par P (kg/ha)	13,074	12,431	11,274	18,201	2,060	1,759	2,273	2,492	3,642	3,686	5,172	5,298
	Mob(kg/ha)	14,148	13,178	12,860	22,409	2,318	2,050	2,788	3,171	9,099	8,758	13,201	14,856

G = grains

P = paille

Mob = mobilisation totale par les cultures.

Annexe 8 : Quelques éléments de caractérisation des sols en fin de campagne.

Sites	Paramètres	Traitements			
		T1	T2	T3	T4
Kouba	Matière organique totale %	1,76	1,76	2,03	1,91
	Azote total %	0,105	0,096	0,115	0,105
	C/N	10	11	10	11
	Phosphore total ppm	207	179	207	188
	Phosphore assimilable ppm	5,19	4,09	5,53	5,11
	Potassium ppm	1164	1164	1310	1237
Soumiaga	Matière organique totale %	1,53	1,26	1,33	1,29
	Azote total %	0,091	0,099	0,087	0,091
	C/N	10	7	9	8
	Phosphore total ppm	714	414	705	451
	Phosphore assimilable ppm	4,94	4,77	4,60	3,83
	Potassium ppm	1528	1455	1164	1164
Gourey	Matière organique totale %	1,38	1,31	1,53	1,22
	Azote total %	0,124	0,113	0,112	0,099
	C/N	6	7	8	7
	Phosphore total ppm	216	216	226	207
	Phosphore assimilable ppm	3,83	3,40	3,83	2,47
	Potassium ppm	946	1164	1091	1091

D'après BUNASOLS, 2000.

Annexe 9 : Taille des plants aux différentes dates d'observations

Sites	Date (J. A. L)	Hauteur moyenne (cm)				Durée (jrs)	Vitesse moyenne de croissance(cm/j)			
		T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4
BOGOYA	38	29,34	21,36	-	-	38	0,77	0,56	-	-
	54	70,78	46,53	-	-	16	2,59	1,57	-	-
	70	175,89	118,14	-	-	16	6,57	4,47	-	-
	93	270,19	223,86	-	-	23	4,10	4,60	-	-
SOUMIAGA	33	35,22	30,32	39,40	34,57	33	1,07	0,92	1,19	1,05
	52	94,75	89,15	115,20	96,60	19	3,13	3,10	3,99	3,26
	67	216,85	203,22	248,80	224,0	15	8,14	7,60	8,91	8,49
	90	298,60	291,10	326,55	278,60	23	3,55	3,82	3,38	2,37
	118	300	291,10	-	302,47	28	0,05	-	-	0,85
RANAWA	52	26,00	32,55	39,67	25,00	52	0,50	0,62	0,76	0,48
	71	47,70	49,25	67,70	46,46	19	1,14	0,88	1,47	1,13
	89	125,37	169,27	145,07	110,85	18	4,31	4,77	4,30	3,58
	112	219,15	212,85	274,82	253,35	23	4,08	1,90	5,65	6,19
	140	237,75	237,13	-	255,12	28	0,66	0,87	-	0,06
GOURCY	38	40,07	38,67	54,79	59,62	38	1,5	1,02	1,44	1,57
	59	113,26	98,00	154,22	149,55	21	3,48	2,83	4,73	4,28
	73	211,42	190,82	223,80	252,55	14	7,01	6,63	4,97	7,35
	85	253,24	237,00	280,14	297,67	12	3,48	3,85	4,69	3,76
KOUBA	41	55,57	49,22	52,47	52,75	41	1,35	1,20	1,28	1,29
	58	146,27	144,17	130,55	129,12	17	2,52	2,48	2,25	2,23
	80	301,07	306,40	280,65	263,30	22	3,76	3,83	3,51	3,29
KOMSIAGA	34	37,67	24,60	27,80	-	34	1,11	0,72	0,82	-
	50	74,60	44,60	54,70	-	16	2,31	1,25	1,68	-
	69	218,90	177,83	204,30	-	19	7,59	7,01	7,87	-
	103	222,63	194,23	179,87	-	34	0,11	0,48	-	-

ANNEXE 10 : Situation comparée des plants à différents stades

SITES			Aménagement simple								Aménagement concentré								
			Dose paysanne				Demi- dose				Dose paysanne				Demi-dose				
			Obs.	G	E	F	Obs.	G	E	F	Obs.	G	E	F	Obs.	G	E	F	
BOGOYA		Tot	38	0	3	35	36	7	8	21	-	-	-	-	-	-	-	-	
		%	100	0	8	92	100	19	22	58	-	-	-	-	-	-	-	-	
GOURCY		Tot	38	8	*	*	40	5	*	*	40	15	*	*	40	15	*	*	
		%	100	21	*	*	100	12	*	*	100	37	*	*	100	37	*	*	
RANAWA		Tot	40	16	*	*	40	27	*	*	30	15	*	*	40	6	*	*	
		%	100	40	*	*	100	67	*	*	100	50	*	*	100	50	*	*	
KOUBA		Tot	40	5	17	18	40	3	17	19	30	5	10	13	40	6	13	15	
		%	100	12	42	45	100	7	42	48	100	17	33	43	100	15	32	38	
KOM SILGA	P1	Tot	30	23	5	1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	
		%	100	77	17	3	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	n
	P2	Tot	30	23	1	0	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		%	100	77	3	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd
	P3	Tot	30	23	5	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd
		%	100	77	17	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Obs.= Nombre total d'observations faites

E = Nombre total de plants au stade épiaison

* = Donnée non saisie

G = Nombre total de plants au stade gonflement

F = Nombre total de plants au stade floraison

nd = Donnée non déterminée ; ce test ne comportant pas ces traitements.

Annexe 11 : Relevés pluviométriques (mm) de la campagne 1999 à Ouahigouya

Date	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	
1	-	-	-	-	0,2	11,2	-	
2	-	-	-	7,3	-	3,3	3,2	
3	-	13,4	-	-	-	35,6	1,9	
4	-	-	-	-	0,8	7,4	-	
5	-	-	-	2,7	-	-	-	
6	-	-	-	1,7	-	-	-	
7	-	-	-	-	18,5	0,9	-	
8	-	-	-	-	-	18	-	
9	-	-	-	-	12,4	-	4,2	
10	-	-	-	2,4	49,7	6,1	-	
11	-	-	-	-	3,8	0,6	0,3	
12	-	8,2	-	38	1,6	-	-	
13	-	-	-	-	2,8	-	0,1	
14	-	6,5	-	-	-	0,9	-	
15	-	2,4	-	-	-	0,7	-	
16	-	-	-	-	10,1	-	-	
17	-	-	4,4	20,1	-	-	-	
18	-	-	-	-	5,6	-	-	
19	-	0,6	-	-	0,8	-	-	
20	-	0,7	-	27,3	6,8	0,2	-	
21	-	0,9	1,3	67,6	0,6	-	-	
22	-	0,3	-	0,7	-	27,6	-	
23	-	-	13,2	49,3	-	2,2	-	
24	-	-	8,4	2,8	6,6	-	-	
25	-	-	-	-	5,8	0,7	-	
26	-	-	16,1	17	14,3	-	-	
27	-	-	-	-	12	6,7	-	
28	7,4	-	-	-	2,4	-	-	
29	-	-	0,1	8,7	-	-	-	
30	-	-	-	-	30,8	-	-	
31	-	-	-	8,8	0,3	-	-	
Totaux	Nb.Jrs	1	8	6	14	20	15	5
	mm	7,4	33,0	43,5	254,4	185,9	122,1	9,7

Source : Station météorologique de Ouahigouya

Annexe 12 : Relevés pluviométriques (mm) de la campagne en 1999 à Gourcy

Date	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	
1	-	-	-	-	-	23,2	24,9	
2	-	-	-	2,6	-	-	-	
3	-	2,6	-	2	2	-	3	
4	-	-	-	-	6,1	9,9	1,3	
5	-	-	-	-	-	2	-	
6	-	-	-	-	-	25	-	
7	-	-	-	3,6	10	1,2	-	
8	-	2,8	-	-	-	12,3	-	
9	-	-	-	26,9	-	-	-	
10	-	-	-	19	72,8	21,5	-	
11	-	-	-	-	15	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	
13	-	-	7,6	-	-	-	-	
14	-	6,8	-	-	17,5	6,5	-	
15	-	7,9	4,3	-	-	3	10,2	
16	-	-	-	-	2,8	-	-	
17	-	-	19	10,6	-	7,8	-	
18	-	-	-	-	6	-	-	
19	-	-	-	-	-	-	-	
20	-	1,4	-	5,7	-	-	-	
21	-	-	8,1	24,2	39,6	-	-	
22	-	-	-	3,8	-	-	-	
23	-	-	5,1	49,8	-	9,5	-	
24	-	-	0,3	-	20,7	-	-	
25	-	-	-	8,8	-	-	-	
26	-	-	-	34	10,8	6,3	-	
27	-	-	3,3	-	23	-	-	
28	-	-	3,6	-	1,6	-	-	
29	-	-	-	6,5	-	-	-	
30	-	-	-	-	5,9	-	-	
31	-	-	-	-	-	-	-	
Totaux	Nb.Jrs	-	5	8	13	14	12	4
	mm	-	21,5	51,3	197,5	233,8	128,2	39,4

Source : Direction Provinciale de l'Agriculture du Zondoma

Annexe 13 : Relevés pluviométriques (mm) de la campagne 1999 à Ranawa

Date	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	
1	-	-	-	-	-	-	-	
2	-	-	-	9,3	-	24,6	28	
3	-	-	-	-	-	13	-	
4	-	-	-	-	-	5,3	4,2	
5	-	-	-	-	-	-	7	
6	-	-	-	3	-	-	-	
7	-	-	-	-	18	14,5	-	
8	-	-	-	-	-	3	-	
9	-	-	-	11	-	35	-	
10	-	-	-	13,5	-	10	-	
11	-	-	-	-	67	-	-	
12	-	-	-	-	9	-	-	
13	-	-	3	-	-	-	-	
14	-	-	-	-	16	4	-	
15	-	-	5,5	-	-	7,5	12,4	
16	-	-	-	-	-	-	-	
17	-	-	-	24	-	-	-	
18	-	-	3,7	-	-	11	-	
19	-	19	-	-	3	-	-	
20	-	-	-	-	-	-	-	
21	-	-	-	7	-	-	-	
22	-	-	7,5	46	19	-	-	
23	-	-	-	5	-	9	-	
24	-	9	6	45,7	19,7	-	-	
25	-	-	-	-	-	-	-	
26	-	-	-	36	-	9,3	-	
27	-	-	-	-	17	-	-	
28	-	-	10	-	4,7	-	-	
29	-	-	-	-	-	-	-	
30	-	-	-	6	-	-	-	
31	-	-	-	-	16	-	-	
Totaux	Nb.Jrs	-	2	6	11	10	12	4
	mm	-	28	35,7	206,5	189,4	149,2	44,6

Source : Poste pluviométrique de Ranawa