

Apports organiques et pratiques de conservation de l'eau comme clés de la restauration de la productivité des sols dégradés dans la zone semi aride du Burkina Faso

E. HIEN^a, W.T. KABORE^{a,b}, D. MASSE^b, P. DUGUE^c

^a Université de Ouagadougou, UFR/SVT, 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso
Tél: + (226) 70 26 36 36; Fax : + (226) 50 31 03 85; E-mail: hien@ird.bf

^b IRD, UMR Eco&Sols INRA-IRD-SupAgro, Place Viala (Bt. 12), F-34060 Montpellier cedex 1, France

^c CIRAD TERA, BP 34398, Montpellier cedex 01, France

Résumé

La pression démographique et les changements globaux menacent la durabilité des ressources naturelles dans la région sub-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest. Les dégradations et changements environnementaux peuvent être atténués par l'adoption de pratiques agricoles adaptées qui permettent de restaurer durablement la productivité des sols dégradés et d'assurer la sécurité alimentaire des populations rurales.

A Ziga, village situé dans la région du Yatenga, un programme de recherche a été conduit entre 1980 et 1987. Le but de cette recherche était de décrire et d'analyser les pratiques de gestion de la matière organique et de l'eau, d'appréhender leurs déterminants, pour déduire leurs effets sur la durabilité des systèmes agricoles. En 2005, des enquêtes ont été menées dans ce même village, pour évaluer l'évolution des pratiques agricoles. Selon les résultats de ces enquêtes, deux pratiques, appelées «zaï» et «djengo», sont largement utilisées dans la production de céréales. Les caractéristiques du «zaï» et du «djengo» ont été évaluées et leurs effets sur les rendements des cultures de céréales mesurés.

Ces pratiques sont des systèmes de culture caractérisés par une concentration au niveau du système sol-plante de l'eau et des apports fertilisants sous forme organique ou minérale. La capture des eaux de ruissellement se fait au niveau de micro bassins creusés à la surface du sol dans lesquels sont apportés des matières organiques et où sont semées les graines de céréales. Elles sont associées à un contrôle des eaux de ruissellement et de l'érosion à l'échelle de la parcelle mais également à celle du petit bassin versant par l'intermédiaire des cordons pierreux disposés le long des courbes de niveau.

Alors que le zaï se pratique sur des sols encroûtés considérés comme dégradés, le « djengo » basé sur les mêmes principes est appliqué sur des sols à texture sableuse. Cette dernière pratique, qui porte le nom de l'outil utilisé pour sa mise en œuvre, une houe à long manche, n'avait pas été décrite au cours des travaux antérieurs menés à Ziga.

Les observations réalisées ont révélé une régénération de la diversité de la strate arborée associée aux cultures. Les principales contraintes de ces pratiques sont la quantité de travail nécessaire, la disponibilité du fumier. Cette étude a par ailleurs démontré la mise en œuvre d'une véritable stratégie d'intensification des systèmes de production agricole dans cette région sahélienne.

L'ensemble de ces pratiques associant des mesures de conservation des eaux et des sols du bassin versant au système sol-plante en passant par la parcelle cultivée permet aux agrosystèmes d'entrer dans un cercle vertueux d'augmentation de la production agricole tout en préservant les propriétés environnementales du milieu.

Mots clés : Afrique de l'Ouest, Sahel, Djengo, zaï, sols dégradés, productivité, restauration, intensification agricole, sécurité alimentaire.

1. Introduction

Le maintien de la fertilité des sols est essentiel pour une productivité durable, en particulier dans les pays pauvres en ressources naturelles (Hien, 2006 ; Yang, 2006). Les pays africains au sud du Sahara connaissent une augmentation démographique continue ces dernières décennies de l'ordre de 3% par an, ce qui se traduit par un doublement de la population tous les 25 ans (Jouve, 2005). Dans ces conditions, quelle est la capacité des ressources naturelles comme le sol à supporter cette croissance de la population et comment l'agriculture peut contribuer à la sécurité alimentaire? Les observations depuis une trentaine d'années ont montré une augmentation des zones exploitées pour l'agriculture et l'élevage. Cet accroissement s'est fait au détriment des formations végétales naturelles et des jachères de longue durée, pivots de la gestion de la fertilité des sols dans les agricultures de savanes en Afrique de l'Ouest.

Les seules zones non cultivées se retrouvent sur les terres marginales aux sols intrinsèquement peu favorables à la mise en culture. De plus, la pression de pâturage et de prélèvement de bois a accentué la diminution du couvert végétal laissant le sol face à l'agressivité des pluies intenses tropicales. Des processus de dégradation et de pertes de fertilité des sols se sont alors déclenchés entraînant une vulnérabilité accrue des systèmes de production.

Au Burkina Faso, dans les régions du Nord et du Yatenga en particulier, cette dégradation des terres a été mentionnée par Marchal (1983) avec l'apparition des « zipellés ». Du fait des phénomènes naturels (climat) et anthropiques, la dégradation accentuée du sol dans le Yatenga a entraîné la formation de glacis dénudés dont l'importance devient inquiétante devant la forte pression foncière (Dugué, 1986 ; Kambou et Zougmore, 1985).

Au cours des années de sécheresse de nombreuses familles de paysans sont contraints de quitter leurs villages pour s'installer dans les régions de forte pluviosité ailleurs au Burkina Faso (McMillan et al., 1990) ou dans les pays côtiers, en particulier en Côte d'Ivoire, tandis que d'autres sont attirés vers les centres urbains (Reij et al., 2005).

Ces dynamiques illustrent les relations entre population et environnement telles qu'elles sont conceptualisées par les thèses néo-malthusiennes en opposition aux thèses développées par Boserup. Les premières indiquent que l'augmentation de la pression de la population sur le milieu entraîne des phénomènes de dégradation de la productivité qui se résout par une migration ou exode rural. Ces mouvements de population ont effectivement eu lieu à un certain moment entraînant le développement des centres urbains et le peuplement de nouvelles zones agricoles vierges généralement dans des régions plus au sud, malheureusement sujettes à l'onchocercose. Cependant, une autre option face à la dégradation de la productivité du milieu est d'adapter les pratiques d'exploitation des ressources naturelles (sols, végétation) aux nouvelles conditions pédoclimatiques et socio-économiques (Boserup, 1970). Ces changements de pratiques qui peuvent concerner la lutte contre l'érosion et la conservation des eaux, l'intensification des systèmes de culture, permettent de maintenir voire de restaurer la production agricole pour soutenir la population rurale (Roose, 1994).

Au Yatenga, depuis une vingtaine d'années se sont développées des pratiques de restauration des sols dégradés, dont le « zaï » et le « djengo », qui allient la conservation de l'eau et une fertilisation organo-minérale localisées. Ces

pratiques ont modifié la productivité des terres dégradées, et conduisent nécessairement à une réorganisation du parcellaire, de la gestion de la main d'œuvre, des flux de matières organiques à l'échelle des systèmes de culture et des systèmes de production.

Le village de Ziga dans le Yatenga a été l'objet d'étude de recherche développement dans les années 1980-1985 (Dugué, 1989). Il semblait intéressant de revenir quelques années après pour évaluer l'importance des changements des pratiques agricoles rencontrées. Ces résultats permettront de contribuer au débat sur les relations entre population et environnement. Les objectifs de cette étude sont : (1) décrire et faire une analyse comparative de deux pratiques innovantes d'utilisation de fumure organique (FO) ; (2) apprécier l'effet de ces pratiques sur les systèmes de culture et les agro-écosystèmes.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Site d'étude

L'étude a été menée en 2005 dans le village de Ziga ($13^{\circ}25'N$, $2^{\circ}19'W$), situé dans le Yatenga au Nord Ouest du Burkina Faso (figure 1). Ce village, peuplé de Peuls, de Dogons et surtout de Mossis, fait partie d'une zone historique de fortes densités de populations atteignant 70-100 habitants/km².

Ziga, à l'image de l'ensemble du Yatenga est soumis aux aléas pluviométriques. Il reçoit en moyenne annuellement entre 400 mm et 800 mm de pluies. Depuis 1921, les moyennes pluviométriques annuelles n'ont cessé de baisser jusque dans les années 90 et connaissent une légère amélioration cette dernière décennie. Les sols sont en grande partie des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés plus ou moins profonds (CPCS, 1967) ou leptosols ferriques ou pétroplinthiques (FAO, 1998) issus d'un substratum géologique essentiellement formé de granites acides. Ce sont des sols généralement peu profonds, pauvres en matière organique et à texture déséquilibrée (riches en sables et limons grossiers) qui prennent facilement en masse.

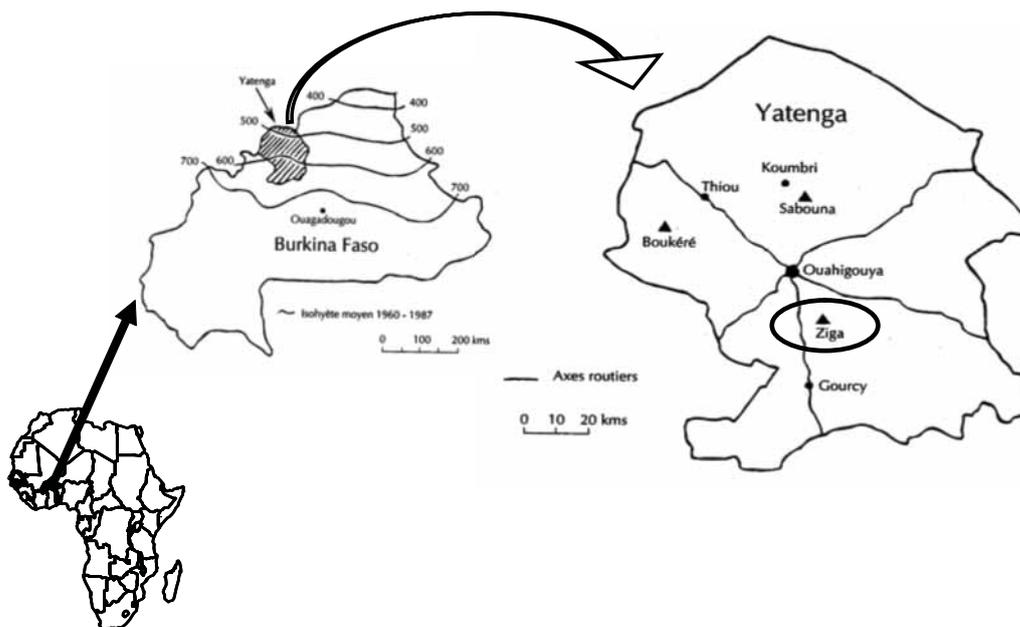


Figure 1 : Localisation du site d'étude

2.2. Dispositif d'enquête

2.2.1. Choix des exploitations et collecte de données

L'étude a porté sur 18 exploitations choisies de façon raisonnée dans ce village après une phase de pré-enquête auprès de 44 chefs d'exploitation pris au hasard et qui a permis de faire une distinction des exploitations agricoles (EA) selon leurs capacités d'intervention. Les critères de choix des 18 EA étaient essentiellement : (1) l'importance du parcellaire et la main d'œuvre ; (2) la taille du troupeau et la disponibilité de la fumure organique ; (3) la disponibilité du matériel agricole. Dans cet échantillon, on distingue 9 exploitations bien pourvues en facteurs de production, et 9 autres beaucoup moins pourvues. Les EA intermédiaires ont été exclues.

2.2.2. Dispositif d'enquête exploitation

Il a consisté en l'administration d'un questionnaire d'enquête « exploitation » et du suivi de ces exploitations dont les parcelles sont réparties sur les trois quartiers de culture du village : Bossomboré-Yakin, Biingwéogo et Légoum. Les principaux thèmes abordés sont les suivants : 1. Capital de l'exploitation : terres, matériels agricoles et animaux de trait ; 2. Pratiques de fumure et restauration de la fertilité des terres ; 3. Evaluation de la production de l'exploitation en 2005.

2.3. Description des pratiques à la parcelle

Pour la description des pratiques, nous avons procédé à la mise en place de carrés de rendements de 3m x 3m, soit 9m². Et sur chaque parcelle, trois carrés (répétitions) sont placés pour prendre en compte la l'hétérogénéité intra parcellaire. Ces carrés ont été placés sur diverses parcelles, de sorte à comparer ces différents systèmes de culture avec diverses utilisations de la FO (différents zaï et djengo), ainsi qu'une comparaison entre zaï et semis direct ou semis après labour, et ce, pour en évaluer les performances en terme de rendements. Les paramètres agronomiques mesurés sont : i) La taille de la cuvette (largeur, profondeur, diamètres) : dans chaque parcelle, trois carrés de 9mx9m sont placés au hasard. Sur chaque carré, les tailles de tous les trous sont mesurées. Les trous étant ovales, le plus grand diamètre (diamètre 1) est distingué du petit diamètre (diamètre 2) ; ii) Quantité de fumure organique en matière sèche /ha : nous suivons le paysan pendant l'apport de fumier dans les poquets, puis il est stoppé à un moment donné et la quantité de fumier dans sa main est récupérée dans un sachet, séchée puis pesée. Dans chaque carré, cette opération est renouvelée trois fois ; iii) Densité des cuvettes /ha, temps mis dans l'aménagement, composantes du rendement.

3. RESULTATS

3.1. Caractéristiques des exploitations

Les grandes exploitations ont en moyenne 6,3 ha cultivés contre 3,7 ha pour les petites exploitations. Mais il est à noter que les exploitations du quartier Légoum sont plus étendues. Tout se passe comme si la superficie exploitée varie en fonction des quartiers : elle baisse quand on passe de Légoum à Bingwéogo et enfin à Bossomboré Yakin où les surfaces sont les plus faibles. Cela traduit sans doute une plus forte pression foncière du côté de Bossomboré-Yakin, liée à la plus grande accessibilité de cette zone. Le nombre d'actifs varie de 9 à 14 pour les grandes exploitations contre 3 à 6 pour les petites exploitations. En moyenne, les grandes

exploitations disposent de 2 à 3 fois plus de main d'œuvre que les petites exploitations.

La productivité du travail exprimée en surface cultivée par actif est plus élevée dans une petite exploitation que dans une grande exploitation et ce, quelque soit le quartier de culture. En effet, ces valeurs sont respectivement pour les grandes et les petites exploitations de 0,5 ha et 0,93 ha (Bossomboré-Yakin), de 0,63 ha et 1,15 ha (Bingwéogo), de 0,57 ha et 0,72 ha (Légoum). Ce qui porte à croire que les grandes exploitations, avec la main d'œuvre et le matériel agricole dont elles disposent, n'essayent pas d'étendre leurs surfaces mais travaillent sur des surfaces réduites. Est-ce là un signe d'une intensification en cours ?

3.2. Pratiques d'implantation des céréales complémentaires du zaï

Le zaï ne concerne qu'une partie du parcellaire des exploitations agricoles pour des raisons de disponibilité de FO, de main d'œuvre et compte tenu des caractéristiques du sol. De ce fait, on a observé à Ziga trois autres pratiques d'installation des cultures en plus du zaï (figure 2) : (1) le djengo : il s'agit d'une pratique qui se fait suivant le même principe que le zaï, c'est-à-dire confection de cuvettes avec ajout ou non de FO. Il se pratique exclusivement sur des sols sableux en saison pluvieuse, et donc demande moins de temps; (2) le labour suivi d'un semis simple au « koutoiga » (sorte de petite pioche) : il est pratiqué par des petites exploitations limitées en matériel agricole à Bossomboré-Yakin et à Légoum; (3) le semis direct au «koutoiga»(petite houe étroite) juste après le nettoyage de la parcelle, sans aucune préparation du sol : à l'exception du quartier Bingwéogo, le semis direct persiste dans les autres quartiers de culture, indifféremment de la taille de l'exploitation. En somme, il n'y a pas une conduite unique de l'implantation de la culture de sorgho au niveau des exploitations. Chaque exploitation pratique deux, trois ou toutes ces quatre conduites sur ses parcelles.

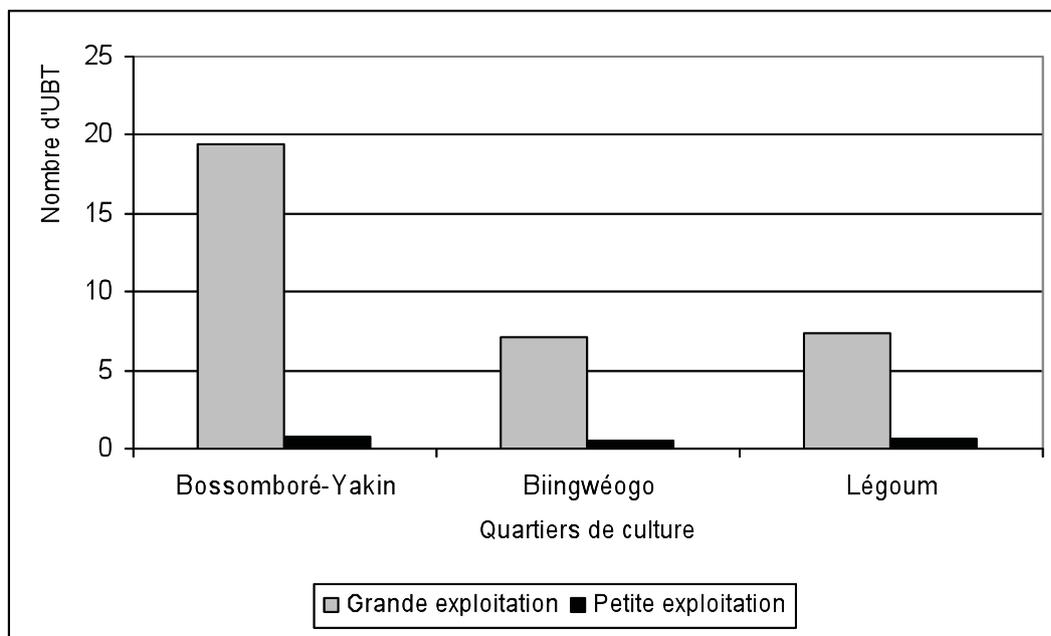


Figure 2 : Variation d'effectifs de ruminants entre exploitations selon les quartiers de culture en 2005

3.3. Pratiques d'utilisation de la fumure organique

Quatre pratiques d'implantation des cultures de céréale ont été observées sur les exploitations agricoles enquêtées : les pratiques de conservation de l'eau et de fertilisation organo-minérale que sont le « zaï » et le « djengo », le labour suivi d'un semis simple et le semis direct sans aucune préparation préalable du sol.

3.3.1. Description de la pratique du zaï

La pratique la plus couramment observée (53% des parcelles de zaï) renvoie à la définition courante du zaï : creusement de cuvettes, apport de FO en saison sèche. Mais d'autres variantes de zaï ont été inventoriées. Cette diversité « des zaï » se manifeste au travers de trois éléments majeurs : la période de creusement des poquets, la période de semis et l'apport ou non de FO. On aboutit ainsi à 5 types de zaï présentés à la figure 3. Cette diversité illustrée par la typologie peut s'expliquer par le manque de FO et de temps pour certaines exploitations. La fréquence des zaï de saison pluvieuse sera donc plus forte lorsque les pluies arrivent plus tôt. La diversité des pratiques autour du zaï est aussi observée à travers son délai de retour sur la même parcelle. En effet, l'analyse de la périodicité d'usage du zaï vient renforcer l'idée selon laquelle il n'y a pas une seule pratique de zaï « standard » mais de multiples variantes autour de cette pratique. On dénombre cinq modalités : a) dans 37,5% des cas, les paysans pratiquent le zaï tous les ans sur la même parcelle dans un poquet nouvellement creusé. Compte tenu du type de sol, les cuvettes de l'année n-1 disparaissent. Ainsi, les cuvettes en année n sont confectionnées au hasard, sans tenir compte des cuvettes précédentes ; b) ensuite, 37,5% des paysans enquêtés font du zaï de façon permanente en conservant les mêmes cuvettes. Dans ce cas, chaque année, les trous de l'année n-1 sont refaits et la FO est de nouveau apportée ; c) certains paysans (12,5%) font du zaï une année sur deux dans les mêmes cuvettes sur les mêmes parcelles. Ces derniers, après avoir pratiqué le zaï en année n, se contentent de faire un semis direct en année n+1 ; d) enfin 6,25% des paysans font du zaï deux années sur trois dans le même poquet et sur la même parcelle. Ainsi, après deux années successives de pratique du zaï, ils effectuent en 3ème année un semis direct et ainsi de suite ; e) la modalité suivante (6,25% des enquêtés) est liée au souci du paysan de faire apparaître une biomasse herbacée sur un sol complètement dénudé, notamment dans l'espace entre les cuvettes. Ainsi, ils creusent la cuvette de l'année n-1, épandent les débris de souche et la terre riche en FO entre les trous pour enrichir les espaces inter-poquets. Ici également, la localisation de la cuvette reste fixe d'une année à l'autre.

Le tableau 1 décrit quelques paramètres de parcelles cultivées en sorgho selon la pratique du zaï. La densité de trous creusés est de 23 210 ha⁻¹ sur les grandes exploitations contre 33889 cuvettes.ha⁻¹ pour les petites exploitations. Il faut en moyenne 68 jours et 52 jours à un actif pour aménager une parcelle d'un hectare en zaï, respectivement sur une grande et une petite exploitation. Par ailleurs, les dimensions des cuvettes de zaï sont significativement différentes entre grandes et petites exploitations. En effet, les petits diamètres mesurent 32,9 cm et 23,5 cm respectivement pour les grandes et les petites exploitations. Les grands diamètres sont de 36,4 cm et 26,6 cm respectivement pour les grandes et les petites exploitations. Quant à la profondeur, elle est de 10,6 cm pour les grandes exploitations et 10,3 cm pour les petites exploitations. Comme pour les dimensions des trous, la quantité de FO apportée dans les cuvettes de zaï est plus élevée chez les grands exploitants qui disposent d'une production importante de FO. Il y a aussi une relation entre taille du trou et quantité de FO apportée, les plus grandes cuvettes

recevant une quantité plus élevée. Elle est en moyenne de 542 g.cuvette⁻¹ chez les grandes exploitations contre seulement 230 g.cuvette⁻¹ dans les petites exploitations, ce qui correspond à des doses de 12,6 t.ha⁻¹ et 7,8 t.ha⁻¹, respectivement dans les deux cas.

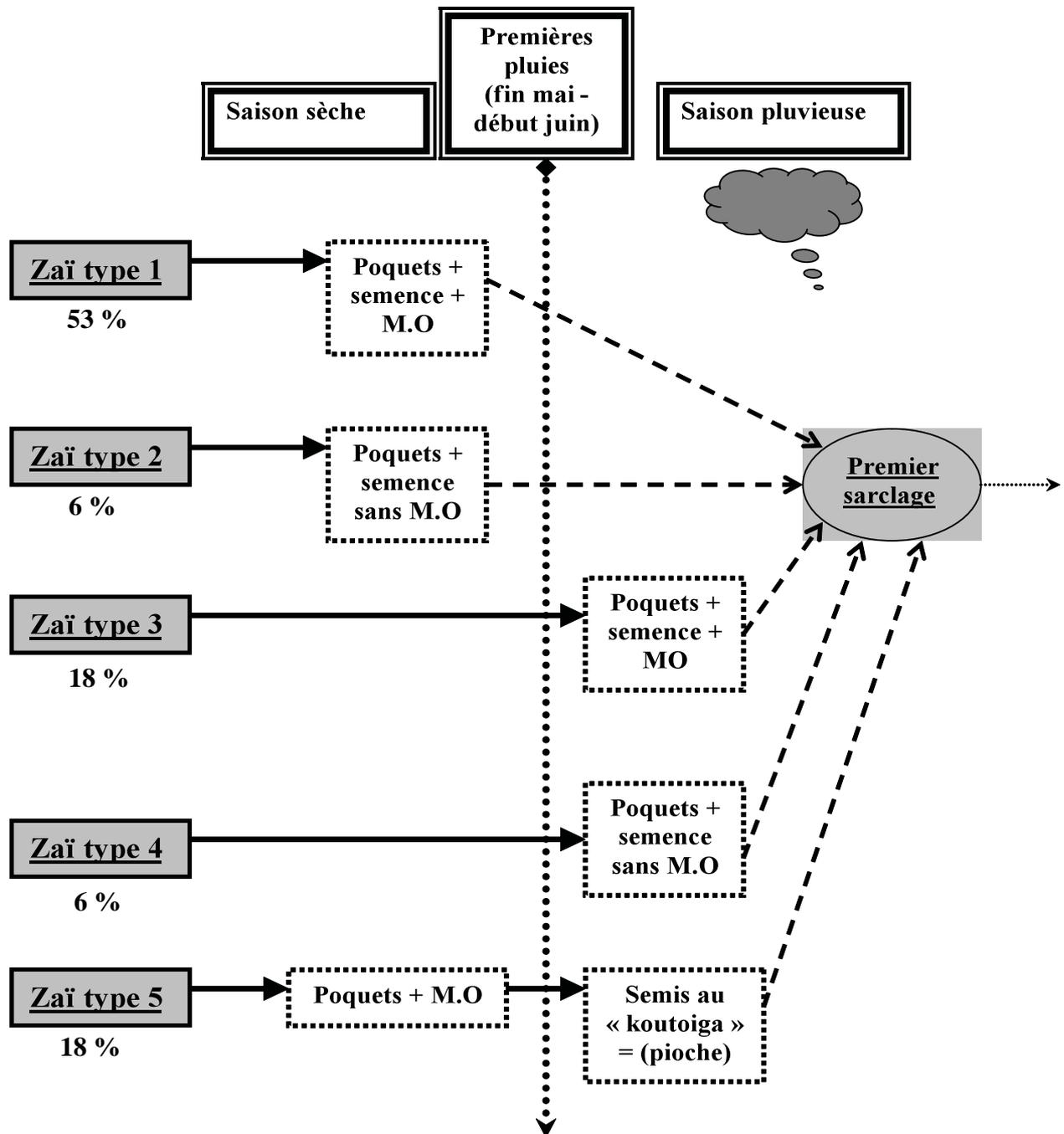


Figure 3 : Les différentes variantes du zaï pendant la phase de préparation des champs

3.3.2. Description de la pratique du djengo

L'autre pratique similaire au zaï mettant en œuvre une conservation de l'eau et des sols et une FO que nous avons rencontrée à Ziga est le « djengo ». Le nom « djengo » désigne l'outil, une houe à long manche, utilisé pour réaliser cette pratique. Il est mis en œuvre sur des sols sableux dans la grande majorité des cas et se réalise

exclusivement après l'installation de la saison pluvieuse. Il existe aussi plusieurs variantes dans la pratique du djengo qui sont les suivantes : a) Type 1 : « creusage après la levée des adventices + semis + FO » (27% des cas) : dans le cas présent, il s'agit de confectionner des cuvettes sur une parcelle déjà envahie par les mauvaises herbes, et y apporter les semences et de la FO ; b) Djengo 2 : « creusage après levée les adventices + semis sans FO » (33%) : cette variante est proche de la précédente, sauf qu'elle exclut un apport de FO ; c) Djengo après un labour en culture attelée + semis + FO (33%) : après un labour à plat (à la traction attelée), les paysans confectionnent des cuvettes assez larges dans ce lit de labour. Ils y apportent ensuite la FO ; d) Enfin Djengo après un labour en culture attelée + semence sans FO (7%) : celle là est identique à la précédente, sauf que là le semis se fait sans apport de FO.

En termes de périodicité interannuelle, la pratique de djengo a une seule modalité chez tous les paysans enquêtés, la localisation des cuvettes étant variable d'une année à l'autre. On observe également une relative homogénéité du nombre de cuvettes (en moyenne 41481 et 38889 cuvettes.ha⁻¹, respectivement pour les grandes et petites exploitations) et du temps mis dans l'aménagement des parcelles (15 et 24 jours.ha⁻¹, respectivement pour les grandes et petites exploitations) dans le cadre du djengo (tableau 1). De même, les dimensions des cuvettes dans le djengo ne sont pas significativement différents d'un type d'exploitation à l'autre : (i) petits diamètres : 26,7 cm et 22,5 cm pour les grandes et petites exploitations ; (ii) grands diamètres : 26,9 cm et 27,1 cm pour les grandes et petites exploitations et enfin (iii) les profondeurs : 7,7 cm et 8,3 cm pour les grandes et petites exploitations respectivement. Les quantités de FO apportées dans le cadre du djengo atteignent 8,76 t.ha⁻¹ au niveau des grandes exploitations contre 6,74 t.ha⁻¹ dans les petites exploitations.

Les différences zaï/ djengo sont synthétisées dans le tableau 2. Le zaï et le djengo diffèrent avant tout par l'outil utilisé. L'instrument de confection des cuvettes de zaï s'appelle le « boamboara » et est fait d'un court manche courbé prolongé d'une douille et d'une lame. L'instrument du djengo, quant à lui (le « djengo ») est fait d'un long manche. Cette différence de taille de manche induit de facto une différence de position du praticien : le zaï se creuse en position « courbée en deux », tandis que le djengo se fait en position débout. En outre, les trous de zaï sont plus grands que ceux du djengo, quel que soit le type de sol. Cette différence se ressent automatiquement sur la quantité de fumure par trou et donc la dose de fumure organique par hectare (tableau 1). Aussi, le zaï se réalise généralement en saison sèche sur des sols très massifs et encroûtés tandis que le djengo est fait exclusivement sur des sols sableux après une installation de la saison pluvieuse.

Tableau 1 : Les différentes caractéristiques de zaï et du djengo

Type de pratique	Exploitations	Densités des cuvettes (nombre/ha)	Temps mis dans l'aménagement (nombre de jrs/ha)	Diamètre 1 (en cm)	Diamètre 2 (en cm)	Profondeur de la cuvette (en cm)	Quantité de FO/ cuvette (en g)	Quantité de FO (en t/ha)
Zaï	GE	23 210	68	32,9 ^a	36,4 ^a	10,6 ^a	542 ^a	12,57
	CV (%)			7,0	6,1	9,8		
Zaï	PE	33 889	52	23,5 ^b	26,6 ^b	10,3 ^b	230 ^b	7,77
	CV (%)			5,9	6,3	9,5		
Djengo	GE	41 481	15	26,9 ^a	26,7 ^a	7,0 ^a	211,1 ^a	8,76
	CV (%)			11,1	9,0	15,5	12,8	
Djengo	PE	38 889	24	22,5 ^a	27,1 ^a	8,3 ^b	173,4 ^a	6,74
	CV (%)			8,9	5,5	9,0	6,6	

GE: grandes Exploitations; PE: Petites exploitations; CV: Coefficient de variation
Les nombres suivis de la même lettre dans la même colonne ne sont pas statistiquement différent ($P < 0,05$) pour une même pratique

Tableau 2: Principales différences en zaï et Djengo

Eléments de différence	Zaï	Djengo
Les outils	Boamboara	Djengo
Densité des cuvettes	27 481 ^a	39 753 ^b
Temps mis/ha	62 ^a	21 ^b
Diamètre 1 des cuvettes (cm)	31,3 ^a	25,8 ^b
Diamètre 2 des cuvettes (cm)	35,1 ^a	26,8 ^b
Profondeurs des cuvettes	10,9 ^a	7,4 ^b
Quantités de MO (g/cuvette)	417,3	185,7
Quantité de MO/ha (t/ha)	10,7	7,4
Type de sol	Majoritairement sur sols massifs	Exclusivement sur sols sableux
Période	En saison sèche et pluvieuse	Exclusivement en saison pluvieuse

Les nombres suivis de la même lettre sur la même ligne ne sont pas statistiquement différents ($P < 0,05$)

3.4. Production du sorgho : rendements et composantes du rendement

Les données de production de céréales montrent que les rendements sont corrélés au nombre de grains par panicule ou par épi dans le cas du sorgho et du mil (tableau 3.1). La comparaison des rendements du sorgho montre qu'il n'y a pas de différences entre les rendements grain du zaï, du djengo et du semis simple (tableau 3.2). Néanmoins, les parcelles de zaï ont produit 1,1 t.ha⁻¹ de grains de sorgho contre 0,92 t.ha⁻¹ et 0,93 t.ha⁻¹ de grain de sorgho, respectivement pour les parcelles en djengo et de semis simple. Les résultats des rendements sur le mil ont permis de comparer les effets de deux pratiques : le semis simple et le djengo, le zaï étant une pratique à laquelle est associée la culture du sorgho (Kaboré, 2005). Ces résultats (tableau 3.3) montrent qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux pratiques, ni au niveau des rendements grain et paille, ni entre les composantes du rendement. Toutefois, le djengo permet un gain léger de grain et de paille par hectare, comparativement au semis simple.

Tableau 3a : Test de corrélation de Pearson (test paramétrique) entre le rendement et ses composantes

Composante du rendement	Sorgho (n=52)		Mil (n=15)	
	Coefficient de corrélation	p-value bilatérale	Coefficient de corrélation	p-value bilatérale
Nombre de poquets.ha ⁻¹	-0.164	0.246	-0.801	0.0001
Nombre de tiges poquet ⁻¹	0.293	0.036	0.497	0.056
Nombre épis/panicule tige ⁻¹	0.630	< 0.0001	0.103	0.715
Nombre grains épi ⁻¹	0.610	< 0.0001	0.753	0.001
Masse grain ⁻¹ (g)	0.277	0.048	0.38	0.162

Tableau 3b : Rendement (grain et paille) et ses composantes en sorgho (moyenne \pm se) pour les différentes pratiques culturales à Ziga, Burkina Faso. Anova et test de Newmans et Keuls de comparaison des moyennes (les moyennes ayant la même lettre appartiennent au même groupe)

Variables	Semis simple (n=20)	Djengo (n=9)	Zai (n=23)	F Fischer	P value
Nombre de poquets.ha ⁻¹	31107 \pm 341 a	29336 \pm 200 b	28884 \pm 328 b	13.4	<0.001
Nombre de tiges.poquet ⁻¹	3.09 \pm 0.15	3.51 \pm 0.22	3.69 \pm 0.23	2.52	0.091
Nombre panicules.tige ⁻¹	0.57 \pm 0.05	0.47 \pm 0.03	0.49 \pm 0.04	1.522	0.228
Nombre grains.panicule ⁻¹	716 \pm 69 b	920 \pm 127 ab	997 \pm 77 a	3.54	0.037
Masse grain ⁻¹ (g)	0.023 \pm 0	0.021 \pm 0.001	0.021 \pm 0	2.68	0.079
Rendement grain (Mg.ha ⁻¹)	0.93 \pm 0.13	0.92 \pm 0.16	1.1 \pm 0.13	0.52	0.599
Rendement paille (Mg.ha ⁻¹)	1.82 \pm 0.19 b	2.32 \pm 0.49 ab	2.96 \pm 0.35 a	3.69	0.032

Tableau 3c : Rendement (grain et paille) et ses composantes en mil (moyenne \pm se) pour les différentes pratiques culturales à Ziga, Burkina Faso. Anova et test de Newmans et Keuls de comparaison des moyennes (les moyennes ayant la même lettre appartiennent au même groupe)

Variables	Djengo (n=6)	Semis simple (n=9)	F Fischer	P value
Nombre de poquets.ha ⁻¹	31423 \pm 802	32943 \pm 102	5.39	0.037
Nombre de tiges.poquet ⁻¹	3.33 \pm 0.13	2.78 \pm 0.14	7.33	0.018
Nombre épis.tige ⁻¹	0.53 \pm 0.05	0.62 \pm 0.05	1.39	0.26
Nombre grains.épi ⁻¹	1350 \pm 293	939 \pm 79	2.62	0.13
Masse grain ⁻¹ (g)	0.011 \pm 0.001	0.012 \pm 0.001	0.32	0.579
Rendement grain (Mg.ha ⁻¹)	0.8 \pm 0.17	0.59 \pm 0.06	2.04	0.177
Rendement paille (Mg.ha ⁻¹)	1.68 \pm 0.5	1 \pm 0.11	2.61	0.13

3.5 Régénération du couvert végétal à l'échelle du terroir villageois

De cette étude, il ressort une reprise du couvert végétal. Toutefois, ce couvert reste typique des savanes arborées et arbustives claires de la zone soudanienne. L'inventaire des ressources floristiques présente effectivement la régénération de diverses espèces (*Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Adansonia digitata*, *Lannea microcarpa*, etc.). A l'opposé, des espèces comme *Vitellaria paradoxa* (karité), *Ziziphus mauritiana* (jubarier), *Bombax costatum*, etc. sont en régression. Cette régénération a deux origines : la régénération naturelle et la plantation (surtout pour *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis* et *Bauhinia rufescens*). Aux dires des paysans, les cordons pierreux arrêtent les graines des espèces ligneuses et leur procurent un milieu longtemps humide et riche en éléments nutritifs juste en amont du cordon. La levée de la graine et la pousse de la jeune plante sont ainsi favorisées. Par contre, une espèce comme *Vitellaria paradoxa* disparaît plus qu'elle ne se régénère, ce qui fait d'elle une espèce menacée. Ainsi, en 20 ans sur une superficie de 57 ha, près de 100 pieds de karité ont disparus. Tous les paysans enquêtés attribuent la disparition du karité à la péjoration climatique ou à l'assèchement du sol. En résumé : 1) les cordons associés aux pratiques décrites précédemment (zaï et djengo) ont favorisé la reprise de la végétation ligneuse ; 2) les espèces régénérées sont plutôt de type sahéenne, utiles pour le bois de feu et l'alimentation du bétail ; 3) les espèces de type soudanienne, plus exigeantes (karité, néré, bombax, ...) sont en train de disparaître.

4. DISCUSSION

4.1. Déterminants des pratiques du zaï et du djengo

Les principes du zaï et le djengo sont d'augmenter le stockage de l'eau en limitant le ruissellement et améliorer la nutrition de la plante cultivée par un apport localisé de fumure organique et minérale. Les effets du zaï sur les sols et les rendements agricoles sont largement documentés (Roose et al., 1993 ; Roose et al., 1999 ; Somé et al., 2004).

La forte diversité des techniques autour des ces deux pratiques relevées dans cette étude est liée aux contraintes de leur application. En effet, la pratique du zaï au sein des exploitations est déterminée par plusieurs facteurs :

- Les types de sols : l'importance de ce facteur s'analyse à deux niveaux : (i) à l'échelle de l'exploitation, le type de sol d'une parcelle va déterminer en partie son aménagement en zaï ou pas. En général, les sols à consistance dure (zipellés, sols graveleux) sont préférés aux sols sableux pour le zaï ; (ii) à l'échelle d'un territoire, l'importance du zaï va être fonction de l'importance spatiale de sols qui sont impropres aux autres pratiques d'implantation des cultures. Dans ce cas, le zaï permet de conquérir des sols non cultivés.
- La main d'œuvre et le temps de travail : La présence d'une main d'œuvre jeune, nombreuse et motivée, permet d'aménager des surfaces importantes en zaï, en un délai assez court. Ainsi, face à la pénibilité du zaï et au peu de temps disponible, une main d'œuvre nombreuse est importante. En effet, les grandes exploitations disposent en moyenne de deux fois plus d'actifs familiaux que les petites exploitations (11 actifs contre 5). Ce qui leur permet d'aménager des cuvettes de plus grande taille dans leur zaï. De plus, l'anticipation par rapport aux premières pluies détermine l'importance de l'aménagement en zaï des parcelles d'une exploitation.
- La disponibilité des animaux : la disponibilité en bétail et donc en fumier, est un facteur incontournable dans la pratique du zaï. On constate que les grandes exploitations qui disposent de plus de fumier ont une propension à confectionner des cuvettes de plus grandes tailles. Cela témoigne de la différence de stratégie qui prévaut dans la gestion de la matière organique, car plus le trou est grand, plus on devrait y apporter beaucoup plus de matière organique.

4.2. Localisation de la FO, une voie de l'intensification agricole ?

Les résultats ont montré que le zaï qui est généralement pratiqué sur des sols médiocres (sols encroûtés), voire marginaux, pourrait donner des rendements aussi bons ou mêmes meilleurs que ceux obtenus avec le semis simple, le djengo, etc., qui sont souvent réalisés sur les meilleurs sols (sols de bas-fonds, sols non encore encroûtés, etc.). Ainsi, à l'échelle du terroir, on peut parler d'extensification des systèmes de culture. En effet, cette pratique de zaï a permis d'exploiter des sols jusqu'ici inexploitable par les techniques culturelles d'antan et d'augmenter l'offre potentielle en terre. Cela est particulièrement fondamental dans des sociétés où la pression démographique conduit à une insuffisance ou une réduction du parcellaire des exploitations familiales. Toutefois, à l'échelle de la parcelle, on assiste à une véritable intensification des systèmes de culture avec les pratiques de zaï et de djengo, puisqu'on part d'un sol qui ne produit pratiquement rien à une production identique aux « sols plus facilement cultivables ». La confection des cuvettes et des cordons pierreux, la localisation de la fumure organique et minérale, constituent une

forme d'intensification du travail et du capital. Pourtant, pour être performants, le zaï comme le djengo ont besoin de quantités de FO assez importantes disponibles comme l'ont montré nos résultats. Mais la production de cette fumure suppose le maintien et la sécurisation de l'élevage. De ce fait, des mesures d'accompagnement de l'élevage s'imposent : approvisionnement en aliments concentrés à moindre prix, assistance sanitaire, etc. Il se pose alors la problématique de la charge en bétail dans un espace de plus en plus utilisé pour l'agriculture. En effet, le maintien des troupeaux dans le territoire villageois implique de préserver des espaces de parcours pour la saison des pluies. Ce que les agriculteurs de Ziga ont réussi à faire jusqu'ici. Mais jusqu'où ces espaces pourront-ils supporter cette charge grandissante ?

4.3. Changements de pratiques et viabilité de l'agrosystème villageois

Les premiers travaux CES/DRS ont débuté à Ziga en 1960 avec le programme GERES (1960-1964). Ce programme a eu un succès très limité au regard de l'investissement consenti et de l'effet négatif des diguettes en terre. Suite aux sécheresses des années 1984-85, les actions du programme RD vont être réorientées vers l'aménagement du territoire en cordons pierreux et en bandes enherbées. Ainsi, une superficie de 700 ha (18% de tout le territoire villageois) a été aménagée en cordons pierreux entre 1987 et 1990 (Dugué et al., 1993) avec l'appui logistique et technique du programme Recherche Développement (RD). Selon le projet CORAF/CRDI (2002), 35% des champs étaient aménagés en cordons pierreux. Nos résultats en 2005 montrent que 65% des superficies cultivées à Ziga portent des cordons pierreux. Tous ces chiffres témoignent d'un changement progressif et rapide des pratiques de lutte contre le ruissellement.

Dans ses travaux, Marchal (1983) ne mentionne aucunement la pratique de zaï mais plutôt celle du buttage manuel qui avait pour fonction d'enfouir les mauvaises herbes et d'accroître la rugosité du sol. En 1989, Dugué n'observait pas une ampleur considérable du zaï à Ziga ainsi que le djengo. Visiblement, ces pratiques n'étaient pas bien connues ou trop peu répandues dans ce village dans les années 80. Plus récemment, divers travaux montrent toute l'importance du zaï à Ziga : près de 35% (rapport du projet R3S, 2002) et 30% (Kaboré, 2005) des parcelles aménagées en zaï. Ceci montre la diffusion rapide de ces pratiques de CES dans ce village, pour faire face aux contraintes pédoclimatiques et démographiques de la zone.

A Ziga, nous avons mis en évidence une régénération de la strate arborée imputable à l'évolution des pratiques des paysans et aux interventions diverses de conservation des eaux et des sols (CES) (Kaboré, 2005). Les travaux de Roose et al. (1999) ainsi que ceux de Reij et Thiombiano (2003) ont abouti à des résultats similaires dans d'autres villages du Yatenga. L'on est bien en présence d'une évolution significative des pratiques agricoles sur le terroir de Ziga qui a permis un maintien de la production agricole voire une amélioration de cette production. La conservation de l'eau et des sols associée à une fertilisation organique et minérale semble déterminante dans ces évolutions. Dans les années 1970 et 80, les populations rurales du Yatenga et celles de Ziga ont connu de graves crises alimentaires qui ont été jugulées par un exode rural massif vers l'Ouest du Burkina Faso et le Sud de la Côte d'Ivoire. Aujourd'hui, la situation semble tout autre. Comme nous montrent les résultats de ce travail, visiblement Ziga est dans une dynamique de type Boserupienne, dans un contexte favorisé par une légère augmentation des moyennes pluviométriques depuis une dizaine d'années. Selon Boserup (1970), l'augmentation de la population rurale dans les pays sous développés est un facteur favorable à l'intensification agricole et aux processus d'innovation. La diversité des

techniques autour des pratiques de zaï et de djengo tend à confirmer la dynamique d'innovation des paysans avec l'appui des acteurs du développement institutionnel ou associatif. Il s'agit d'une pression créatrice, c'est-à-dire que les populations rurales modifient leurs pratiques et les différents flux à l'échelle des terroirs et des exploitations pour s'adapter aux nouvelles contraintes et pour mieux produire. Jouve (2004) précise que dans les pays les moins avancés, le recours au capital est très limité et l'intensification ne pourra se faire que si la densité de population est suffisamment élevée pour fournir la force de travail qu'exige cette intensification. La mise en place des cordons pierreux, des fosses fumières et façons culturales décrites ici est très lourde en main d'œuvre. Les projets de développement ont indéniablement permis ce processus de transformation (programmes de financement des cordons pierreux ou des fosses fumières). A l'instar des travaux dans l'Est du Burkina Faso de Mazzucato et Niemeyer (2000), les transformations sociales et leur adaptation suite aux changements démographiques et environnementales sont pour une grande part dans l'amélioration des conditions de la production agricole après une phase de dégradation. Ces aspects sociaux de l'évolution de la gestion des ressources naturelles par les populations devront être approfondis à Ziga.

5. Conclusion

Cette étude des pratiques agricoles sur le terroir de Ziga montre que l'on est dans un processus de transition agraire tel que l'a défini Jouve (2004). Cette situation traduit une sorte de résilience des sociétés rurales face aux contraintes socio-démographiques et environnementales auxquelles elles sont confrontées. Cette étude montre également que concentrer l'eau et un peu de biomasse est tout à fait insuffisant pour obtenir des rendements optimums: Il est difficile dans un circuit fermé comme un terroir d'apporter assez de nutriments organiques pour tirer le meilleur parti de l'eau disponible. Il est indispensable de rajouter des engrais minéraux (si possible NPK) en doses raisonnées et réparties en fonction des besoins des plantes.

Les structures d'appui (Recherche et Développement) doivent favoriser cette transition agraire et l'intensification agricole en valorisant les savoirs et savoir-faire paysans, de façon à mobiliser les capacités endogènes des sociétés rurales pour lutter contre la dégradation de leur environnement. Reste cependant une question sur la capacité de ces terroirs agricoles à faire face à un besoin accru de production agricole pour assurer non seulement une production de subsistance des populations rurales mais pour également nourrir une population urbaine de plus en plus importante. Mais le succès du zaï ne doit pas cacher une réalité : le zaï n'est pas la solution à tous les problèmes des agriculteurs de Ziga. En effet, comme le disait un paysan de Ziga, « le zaï ne fait pas pleuvoir ». C'est pourquoi, dans le souci de limitation du risque, les paysans diversifient leurs pratiques (localisation des parcelles sur différents types de sol), leurs variétés, etc. Il semble alors important d'associer zaï et variétés précoces, pour mieux assurer la récolte dans le Yatenga.

6. Références

Bilgo A, Masse D, Sall S, Serpantié G, Chotte J-L, Hien V, 2006. *Chemical and microbial properties of semiarid tropical soils of short-term fallows in Burkina Faso, West Africa.* Biol Fertil Soils. DOI 10.1007/s00374-006-0107-4.

- Boserup E, 1970.** *Évolution agraire et pression démographique*. Flammarion, Paris
- CRDI/CORAF, 2002.** *Activités de recherche conduites dans le cadre du projet R3S : intégration agriculture-élevage et gestion des ressources naturelles (campagne 2001-2002)*. Rapport technique. 50p.
- CPCS, 1967.** Classification des sols. Travaux de la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols (1963-1967). ENSA-Grignon, Laboratoire de Pédologie-Géologie, Paris, 96 p.
- Dugué P, Roose E, Rodriguez, 1993.** *L'aménagement de terroirs villageois et l'amélioration de la production agricole au Yatenga (Burkina Faso) : Une expérience de recherche-développement*. Cah. Orstom, sér. Pédol.,28, 2 : 385-402
- Dugué P., 1989.** *Possibilités et limites de l'intensification des systèmes de culture vivriers en zone soudano-sahélienne : le cas du Yatenga (Burkina Faso)*. Extrait de thèse de l'ENSAM, Collection « Documents Systèmes Agraires » N° 9 du CIRAD. 267p.
- Dugué P., 1986.** *Programme de Recherche-Développement au Yatenga, programme d'agronomie*. Rapport de synthèse 1984. 29p.
- Jouve P., 2004.** *La croissance démographique, frein ou opportunité pour une intensification agricole durable en Afrique subsaharienne ? Transition agraire et résilience des sociétés rurales*. Autres repères, autres paysages. Courrier de l'environnement de l'INRA n°52, 6p.
- Jouve P., 2005.** *Dynamiques agraires, jachères et contextualisation des résultats*. In : Floret C.
- Hien E., Ganry F. and Oliver R., 2006.** Carbon Sequestration in a Savannah Soil in Southwestern Burkina as Affected by Cropping and Cultural Practices. *Arid Land Research and Management* 20 (2), 133-146.
- Hien V., 2004.** L'expertise collégiale du « PROJET JACHERE » : Résultats de recherches transférables en milieu paysan dans cinq pays d'Afrique de l'Ouest. pp 11-18.
- FAO, 1998.** World reference base for soil resources. World Soil Resources Reports
- Kaboré WT, 2005.** *Pratiques d'utilisation de la fumure organique dans les systèmes de culture et viabilité de l'agrosystème : cas du zaï au Burkina Faso*. Thèse de M.Sc, CNEARC-Montpellier. 96p.
- Marchal JY, 1983.** *Yatenga, nord Haute-Volta : la dynamique d'un espace rural soudano-sahélien*. ORSTOM, Paris.
- Mazzucato V, Niemeijer D, 2000.** *Rethinking soil and water conservation in a changing society: a case study in eastern Burkina Faso*". Tropical Resource Management Papers, 380p.
- McMilland D, Nana JB, Sawadogo, 1990.** *Settlement and Development in River Basin control Zones: Case study Burkina Faso*. World Bank Technical Paper No.200.
- Roose E, Kaboré V, Guenat C, 1993.** *Le zaï : fonctionnement, limites et améliorations d'une pratique traditionnelle africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (Burkina Faso)*. Cahiers ORSTOM Pédologie, Spécial érosion : réhabilitation des sols et GCES. pp 158-173.
- Roose E., 1994.** Introduction à la GCES. *Bull. FAO des Sols*, 70 : 420 pp.
- Roose E, Kabore V, Guenat C, 1999.** The Zai practice: a west african traditional rehabilitation system for semi-arid degraded land (Burkina Faso), *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 13,: 343-355.
- Reij C., Thiombiano T., 2003.** Développement rural et environnement au Burkina Faso : la réhabilitation de la capacité productive des terroirs sur la partie nord du Plateau Central entre 1980 et 2001. GTZ-PATECORE, USAID, rapport de synthèse. 82p.
- Somé D., Zombré PN., Zombré G., Macauley HR., 2004.** *Impact de la technique du zaï sur la production de niébé et sur l'évolution des caractéristiques chimiques des sols très dégradés (zipellés) du Burkina Faso*. Note de recherche. *Sécheresse*. 15, 3 : 8p.



Ambassade de France en Haïti

Lutte antiérosive, réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles

Editeurs scientifiques

Eric ROOSE, Hervé DUCHAUFOUR et Georges DE NONI

avec le soutien de

l'Université d'État d'Haïti

l'Université de Quisqueya

le SCAC de l'Ambassade de France en Haïti

l'Institut de recherche pour le développement (IRD)

IRD EDITIONS

Marseille, 2012