

Evaluation des effets des aménagements du zaï et des diguettes de longue durée sur la productivité céréalière au nord du Burkina Faso

D. Bambara⁵, A. Bilgo⁵, H. Traoré⁵, F. Lompo⁵, A. Thiombiano⁶ et V. Hien⁵

Résumé

L'absence d'information sur les aménagements de conservation des eaux et des sols de longue durée justifie l'évaluation de la productivité du mil dans des champs de zaï et de diguettes en pierres de 10 ans. Ces champs sont choisis à cause de leur représentativité. Pour réaliser cette évaluation, outre la caractérisation physico-chimique et biologique des sols, des mesures biométriques ont été effectuées sur un échantillon de 15 champs de zaï, 15 de diguette et 15 témoins retenus après des enquêtes conduites en focus group puis individuellement. Les paramètres mesurés sont la hauteur à maturité, les rendements en grain et en paille, la texture, le pH eau, les teneurs en azote, phosphore, matière organique et biomasse microbienne totaux, la flore adventice. Les résultats ont révélé que la hauteur et les rendements étaient élevés dans les aménagements. La texture du sol y était plus équilibrée. Le pH eau des sols non aménagés était de 5,83 contre 6,60 pour les sols des aménagements. Les teneurs en N total et en P total faibles ont atteint respectivement 0,045% et 0,0133% dans les champs aménagés contre 0,038% et 0,0107% pour le témoin. La biomasse microbienne et la matière organique totales ont eu des taux plus élevés atteignant respectivement 46,63 mg/100 g de sol et 0,95% dans les champs aménagés contre 26,87 mg/100 g de sol et 0,66% pour le témoin. Dans le témoin 38 espèces de mauvaises herbes ont été recensées contre 51 espèces dans la diguette et 55 espèces dans le zaï. Si le zaï et la diguette ont des effets positifs sur la fertilité du sol, la hauteur et les rendements, sans apport de fertilisant, leur âge seul ne permet pas de relever le niveau de productivité du sol. Les efforts pour optimiser leur productivité sont à poursuivre.

Mots clés : Sondage, niveau de fertilité, conservation des eaux et des sols, Burkina Faso

Assessment of the effect of elderly zaï pits and stone bunds cereal productivity in Tougo, northern Burkina Faso

Abstract

The study focused on lands under elder Soil and Water Conservation techniques is due to the lack of information about lands under zaï pits and stone bunds technique for 10 years old. These fields are sampled because of their high representativity in the village. To achieve this assessment, biometrical measurement on millet based on the sampling of 45 fields (15 under zaï pits, 15 under stone bunds and 15 controls) were done as well as soil biological, chemical and physical characterization. Thus, millet yield and height at maturity, soil texture, pH water, total nitrogen, phosphorus, organic matter and microbial biomass contents were assessed as well as weeds flora in plots. The results showed that millet yield and height were higher in laid out fields. Soil under techniques textures were better stable than controls. The pH water values attain 5.58 on controls and 6.60 on laid out fields. Total N & P contents despite of the low levels reached 0.045% and 0.0133% under zaï pits and stone bunds technique for 0.038% and 0.0107% compared to controls. Microbial biomass, total organic matter contents were

⁵ MSc. Ir. Dasmané Bambara, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Tél. : (+226) 70 28 52 45, E-mail : das.bambara@coraf.org, République du Burkina Faso

Dr Ablasse BILGO, Coordonnateur Régional du Projet GVal, INERA, BP 476 Ouagadougou 01 Burkina Faso, Téléphone B. +226 50 31 92 02/08 Cel. +226 70 24 70 91, Fax : +226 50 34 02 71, E-mail : ablassbilgo@ird.fr, ablassbilgo@yahoo.fr, ablassbilgo@yahoo.fr, République du Burkina Faso

Dr Hamidou Traoré, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Tél. : (+226) 50 34 02 70, E-mail : hamitraore8@yahoo.com, République du Burkina Faso

Dr François Lompo, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Tél. : (+226) 50 34 02 70, E-mail : lompoxa1@yahoo.fr, République du Burkina Faso

Prof. Victor Hien, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Tél. : (+226) 70 25 48 72, E-mail : victor_hien@yahoo.fr, République du Burkina Faso

⁶ Prof. Adjima Thiombiano, Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales, UFR/SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Tél. : (+226) 70 23 82 61, E-mail : adjima_thiombiano@yahoo.fr, République du Burkina Faso

higher reaching 46.63 mg/100 g of soil and 0.95% in soil under technique for 26.870 mg/100 g of soil and 0.66% by comparison with the controls. In the control plot 38 weeds species were listed, against 51 species in the zaï pit plots and 55 species in the stone bunds plots. Although zaï, stone bunds influence positively soil fertility, millet height and yields, the length of implementation of these techniques cannot itself raise the level of soil productivity without a substantial manure supply.

Key words: survey, fertility level, Soil and Water Conservation, Burkina Faso

INTRODUCTION

Au Burkina Faso, la production agricole est confrontée à des conditions pédoclimatiques défavorables (Ouédraogo, 2005). Les processus continus de dégradation des sols dus notamment à l'érosion réduisent considérablement les rendements (Zougmore *et al.*, 2004). Selon le Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement Durable, SP/CONEDD (2006), environ 11% des terres du pays sont considérées comme très dégradées et 34% comme moyennement dégradées. Dans la partie Nord du Burkina Faso, cette situation est encore plus prononcée (Dugué *et al.*, 1994 ; Pallo *et al.*, 2006 ; Bambara *et al.*, 2011). La dégradation continue du couvert végétal et des ressources en terres a conduit à la formation, dans cette partie du pays, de glacis dénudés appelés « zipella » (Dugué *et al.*, 1994 ; Zoundi *et al.*, 2002 ; SP/CONEDD, 2006). Cette dégradation a des conséquences écologiques et socio économiques néfastes (Botoni et Reij, 2009). Ces auteurs précisent que sur le plan écologique, on assiste à la disparition du couvert végétal, la fragilisation des écosystèmes, la baisse de la fertilité des sols donc des rendements agricoles tandis qu'au niveau socio économique, il y a la migration, l'aggravation de la pauvreté, etc. Pour faire face à cette adversité du milieu, les producteurs mettent en place des ouvrages mécaniques de conservation des eaux et des sols (CES) dont les diguettes antiérosives et le zaï, sous leurs propres initiatives ou avec l'aide des structures de développement (Mbow *et al.*, 2009). Le zaï consiste à creuser des trous de 20 à 40 cm de diamètre et de 10 à 20 cm de profondeur sur des terrains dénudés et impropres à l'agriculture et à y déposer 300 à 600 g de fumier (Zougmore *et al.*, 2004). On y sème alors les céréales qui vont profiter au cours de leur développement de l'eau et de la matière organique concentrées dans le trou. Les nombreuses études effectuées sur ces techniques de CES ont montré qu'elles ont des effets positifs sur les paramètres physico-chimiques et biologiques de la fertilité des sols où elles ont été développées (Rochette, 1989 ; Roose *et al.*, 1995 ; Zougmore *et al.*, 2004 ; Sawadogo *et al.*, 2008). Cependant la majorité des résultats disponibles ont été obtenus à partir de données d'essais conduits pendant deux ou trois ans en conditions contrôlées (Pieri, 1989). Ces expérimentations de courte durée ne permettent pas d'avoir des renseignements sur les effets de ces CES dans le long terme sur les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols. Les CES mis en œuvre pendant des périodes plus longues sont disponibles dans les champs paysans et peuvent fournir de tels renseignements, mais les études réalisées directement sur ces champs restent insuffisantes eu égard aux difficultés de mise en œuvre (Taonda, 1995 ; Belemviré *et al.*, 2008). En effet toute tentative en milieu réel se trouve rendue compliquée par l'existence d'une grande variabilité naturelle des éléments du milieu physique comme du milieu socio-économique (Taonda, 1995).

L'objectif de l'étude est d'évaluer les effets des aménagements de zaï et de diguettes antiérosives en pierres de 10 ans à partir de quelques paramètres de la fertilité du sol, la hauteur à maturité et le rendement du mil, ainsi que la richesse spécifique de la flore adventice. En effet, la chute de la fertilité des sols du Burkina Faso s'observe après 3 à 5 ans de monoculture céréalière, pratique courante des producteurs (Hien *et al.*, 1984 ; Sedogo, 1993 ; Taonda, 1995). La méthode d'approche pour cette évaluation est basée sur des sondages et des analyses de laboratoire.

MILIEU D'ETUDE

Localisation du site d'étude

L'étude a été conduite dans le village de Tougou, situé entre 13°11' et 13°26' de latitude Nord et 2° 6' et 2°24' de longitude Est (figure 1).

Le climat est de type subsahélien avec une pluviométrie de 500 à 700 mm (Guinko, 1984). Le contexte écologique, caractérisé par la dégradation des sols, du couvert végétal et l'insuffisance pluviométrique, a amené les producteurs à adopter diverses techniques de production dont le zaï et les diguettes antiérosives pour minimiser les risques de perte de récoltes (Koussoubé *et al.*, 2006 ; Ouédraogo *et al.*, 2010).

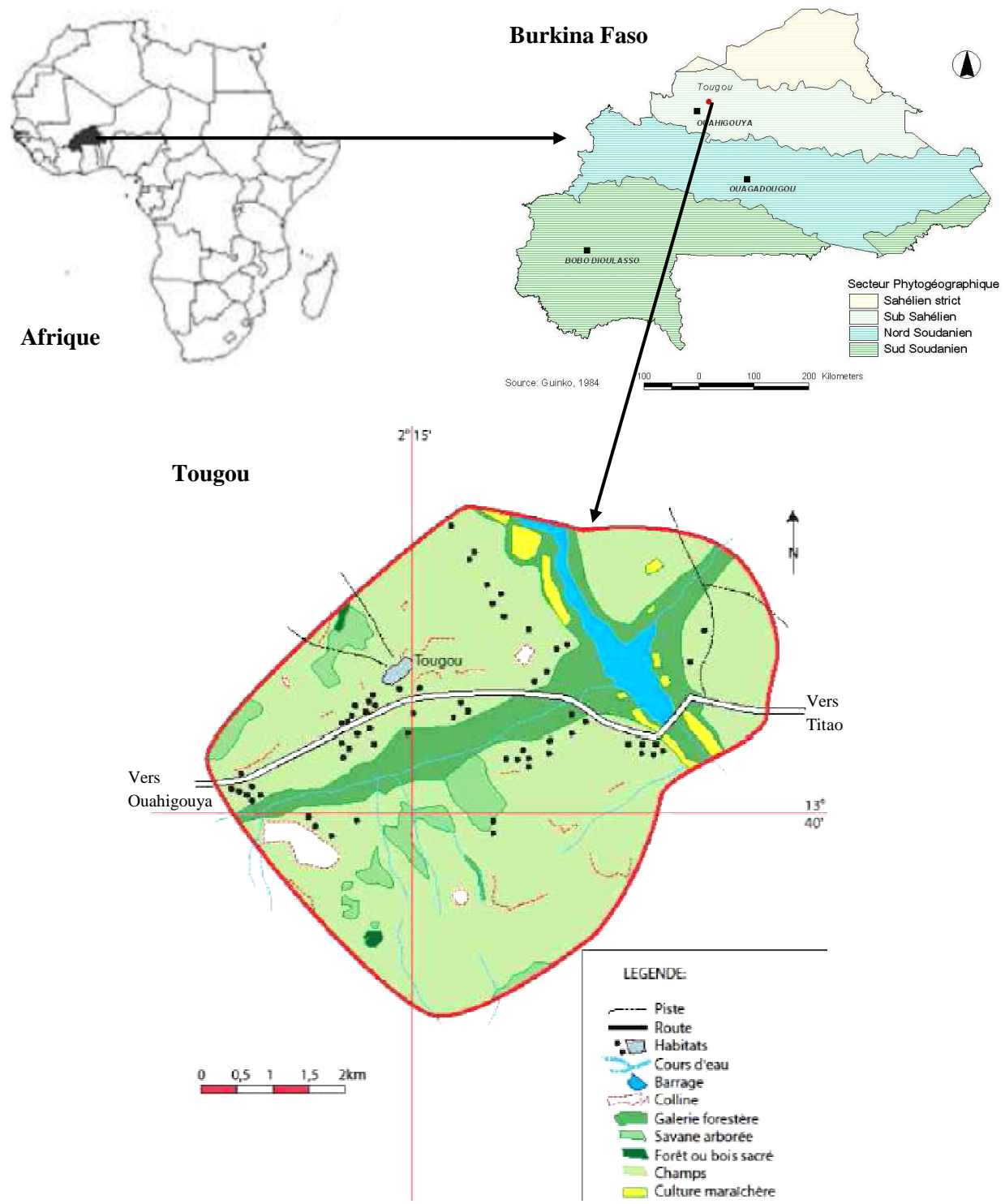


Figure 1. Localisation du site d'étude

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnages

Les champs

Une pré-enquête conduite en focus group (les interviews étaient adressées à un groupe de producteurs de mil) avec 85 producteurs a permis de choisir 60 champs âgés de 9 à 10 ans dont 21 aménagés en zaï, 19 en diguettes antiérosives en pierres et 20 non aménagés. Une enquête formelle conduite en interview individuelle et relative aux pratiques culturales a permis de retenir 45 champs. Ces champs dont 15 aménagés en zaï, 15 aménagés en diguettes et 15 témoins sans aménagements ont connu un passé cultural semblable et étaient cultivés en continu avec du mil *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. depuis 10 ans. Ils avaient des caractéristiques agro écologiques semblables avec des superficies réduites (<1 ha). Ils étaient localisés du côté Nord-Ouest du village, hors des agglomérations. Chaque champ avec la technique (traitement) qui y était développée constituait une répétition.

Procédures de mesure de hauteurs et d'estimation des rendements du mil

Compte tenu de la taille limitée des parcelles, trois carrés de rendement (placettes de 25 m²) ont été posés de façon aléatoire (Reddy *et al.*, 1998) à l'intérieur de chaque champ à l'aide du « demi-carré » de 5 m de côté. Pour cela, nous comptons dans un premier temps le nombre de lignes de la parcelle et nous attribuons un numéro à chaque ligne. Dans un second temps nous comptons le nombre de poquets au niveau de chaque ligne. Nous attribuons un numéro à chaque poquet. Ces numéros étaient reportés sur des bouts de papier que nous tirons au hasard en commençant par les lignes et ensuite les poquets. Le poquet tiré constituait le centre de l'emplacement de la placette. Nous répétons cette opération pour avoir le nombre de placettes désiré.

La mesure de hauteur a concerné les plantes de 10 poquets pris au hasard dans chaque placette. La hauteur de la tige était prise du collet au sommet de l'épi (Reddy *et al.*, 1998). Pour le choix des pieds à mesurer, nous avons procédé au comptage et au numérotage des poquets dans la placette puis nous avons réalisé un tirage au sort. Nous avons ensuite mesuré la hauteur des plantes du poquet tiré. La moyenne des hauteurs des plantes dans les 10 poquets a été considérée comme la hauteur de la plante de la placette et la moyenne des hauteurs des trois placettes considérée comme la hauteur de la plante du champ considéré.

Les épis et la paille récoltés ont été séchés au soleil jusqu'à l'obtention des poids secs maximum (14 jours de séchage). Les épis ont été battus puis vannés pour obtenir les grains que nous avons pesés avec une balance de marque HOMS de 1 kg de portée ± 10 g pour obtenir le rendement en grain. La paille a été pesée avec une balance HOMS de 5 kg de portée ± 50 g pour déterminer le rendement en paille. Les rendements en grains et en paille ont été estimés par extrapolation à l'hectare.

Le sol

L'échantillonnage du sol a été fait sur l'horizon 0-20 cm (Chopart, 1994) à l'aide de la tarière au moment des récoltes. Les prélèvements ont été faits suivant les diagonales (ISET, 2008) à l'intérieur des placettes. Nous avons mélangé les prélèvements plusieurs fois de façon à rendre homogène le sol prélevé. Quinze échantillons composites (Aït-Houssa *et al.*, 2004) dont cinq par type d'aménagement ont été ainsi constitués. Pour chaque aménagement, l'échantillon composite a été obtenu à partir du mélange des différents prélèvements effectués dans trois champs.

Méthodes d'analyses de sols

La granulométrie en trois fractions a été mesurée par hydrométrie spéciale calibrée à 20°C. La texture du sol a été déterminée par lecture à l'aide du triangle des textures USDA (Soltner, 1988). Le pH eau a été mesuré par la méthode électro métrique.

Le dosage de l'azote total a consisté à minéraliser l'échantillon de sol par chauffage. L'azote organique passe alors à l'état ammoniacal sous forme de sulfate d'ammonium (NH₄)₂SO₄. L'azote ammoniacal ainsi obtenu a été dosé par colorimétrie automatique en présence du réactif de Nessler. Le dosage du phosphore total a été effectué par un procédé identique à celui de l'azote total. Le phosphore total a été déterminé dans le minéralisât en utilisant le molybdate d'ammonium comme indicateur. La teneur en matière organique totale a été déterminée de façon indirecte par le dosage du carbone total. La méthode Walkley et Black (1934) a été utilisée. La matière organique totale (MO) est liée au carbone total (C) par la relation : MO (%) = 1,724 x C (%) (Soltner, 1988).

La biomasse microbienne a été dosée selon la méthode Jenkinson et Powlson (1976). Cette méthode dite de « fumigation-extraction » a consisté à traiter le sol avec des vapeurs de chloroforme qui tuent les microorganismes du sol dont le contenu cellulaire est minéralisé et se dégage sous forme de CO₂. Les sols fumigés ont été mis à incuber à 30°C et des échantillons ont été prélevés après 7 et 14 j, en vue du dosage du CO₂. La biomasse microbienne totale s'obtient à partir de la formule :

Biomasse microbienne (mg/100 g de sol) = $[F_{(0-7)} - F_{(7-14)}] \cdot (K_c)^{-1}$ avec :

- K_c coefficient de proportionnalité représentant la fraction minéralisable en CO₂ du carbone de la biomasse et vaut 0,41 (Chaussod et al., 1986).
- F₍₀₋₇₎ et F₍₇₋₁₄₎ représentent le C-CO₂ dégagé respectivement entre 0-7 et 7-14 j d'incubation.

Les analyses physique, chimique et de la matière organique ont été réalisées au laboratoire du Bureau National des Sols (BUNASOLS). La biomasse microbienne a été analysée au laboratoire du Département Productions Forestières de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (DPF/INERA).

Inventaire floristique

L'inventaire a consisté à recenser les adventices à l'intérieur des placettes de rendements en vue de déterminer la composition spécifique. L'inventaire a été effectué une première fois avant le premier sarclage et une seconde fois 15 j après le deuxième sarclage (le sarclo buttage étant intervenu après afin d'éviter la concurrence des mauvaises herbes sur le mil notamment le Striga). La composition spécifique est la somme des différentes espèces rencontrées lors de ces deux relevés.

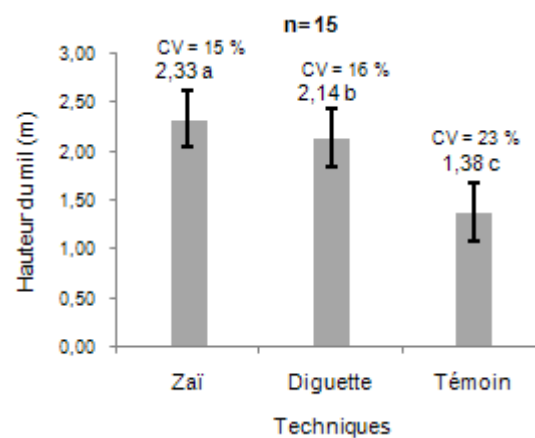
Analyse des données

Les données quantitatives résultant des mesures de hauteurs à maturité et des rendements en grain et en paille du mil ainsi que des analyses de sol ont été analysées avec le logiciel XLSTAT-Pro 7.5.2. Les procédures statistiques ont été l'analyse de variance ANOVA et la séparation des moyennes a été faite par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de 5%. De même, les données qualitatives de l'inventaire floristique ont été traitées avec XLSTAT-Pro 7.5.2. Les comparaisons ont été faites entre le zaï, la diguette antiérosive et le témoin sans aménagement.

RESULTATS

Effet des traitements sur la hauteur du mil

La hauteur du mil variait significativement en fonction de l'aménagement (P < 0,001). La hauteur était plus élevée dans le zaï que dans la diguette et le témoin. Les coefficients de variation étaient compris entre 15 et 23% (figure 2).



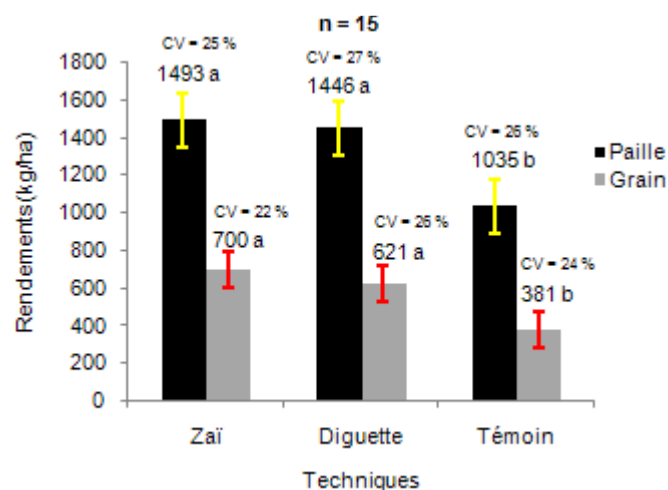
Les chiffres suivis de lettres différentes sur les barres constituent des moyennes statistiquement différentes.

Valeurs des probabilités : Zaï # Diguette (P < 0,001) ; Zaï # Témoin (P < 0,001) ; Diguette # Témoin (P < 0,001) ; CV = Coefficient de variation

Figure 2. Hauteurs (moyenne ± erreur-type) du mil à maturité en fonction des aménagements

Effet des traitements sur les rendements en grain et en paille

Les rendements les plus élevés ont été observés dans le zaï (figure 3). Le test de comparaison des moyennes n'a pas révélé de différence significative entre les rendements obtenus avec le zaï et ceux obtenus avec la diguette. Les différences étaient significatives ($P < 0,001$ et $P = 0,003$) entre ces deux techniques et le témoin. Les coefficients de variation étaient compris entre 22 et 27% (figure 3). Les corrélations étaient significatives entre les rendements en grains et en paille, et les hauteurs du mil (figure 4). Cette corrélation a été hautement significative ($P < 0,001$) entre les hauteurs et les rendements en paille dans la diguette et dans le zaï. Elle a été significative ($0,003 \leq P \leq 0,049$) entre les hauteurs et les rendements en grain dans les trois traitements ainsi que le rendement en paille dans le témoin. Les valeurs de R^2 étaient comprises entre 21 et 41%.



Les chiffres suivis de lettres identiques sur les barres constituent des moyennes statistiquement homogènes.

Valeurs des probabilités : Rendements en grain : Zaï # Diguette, $P = 0,089$; Zaï # Témoin ($P < 0,001$) ; Diguette # Témoin ($P < 0,001$) ; Rendements en paille : Zaï # Diguette, $P = 0,7$; Zaï # Témoin, $P = 0,004$; Diguette # Témoin, $P = 0,003$

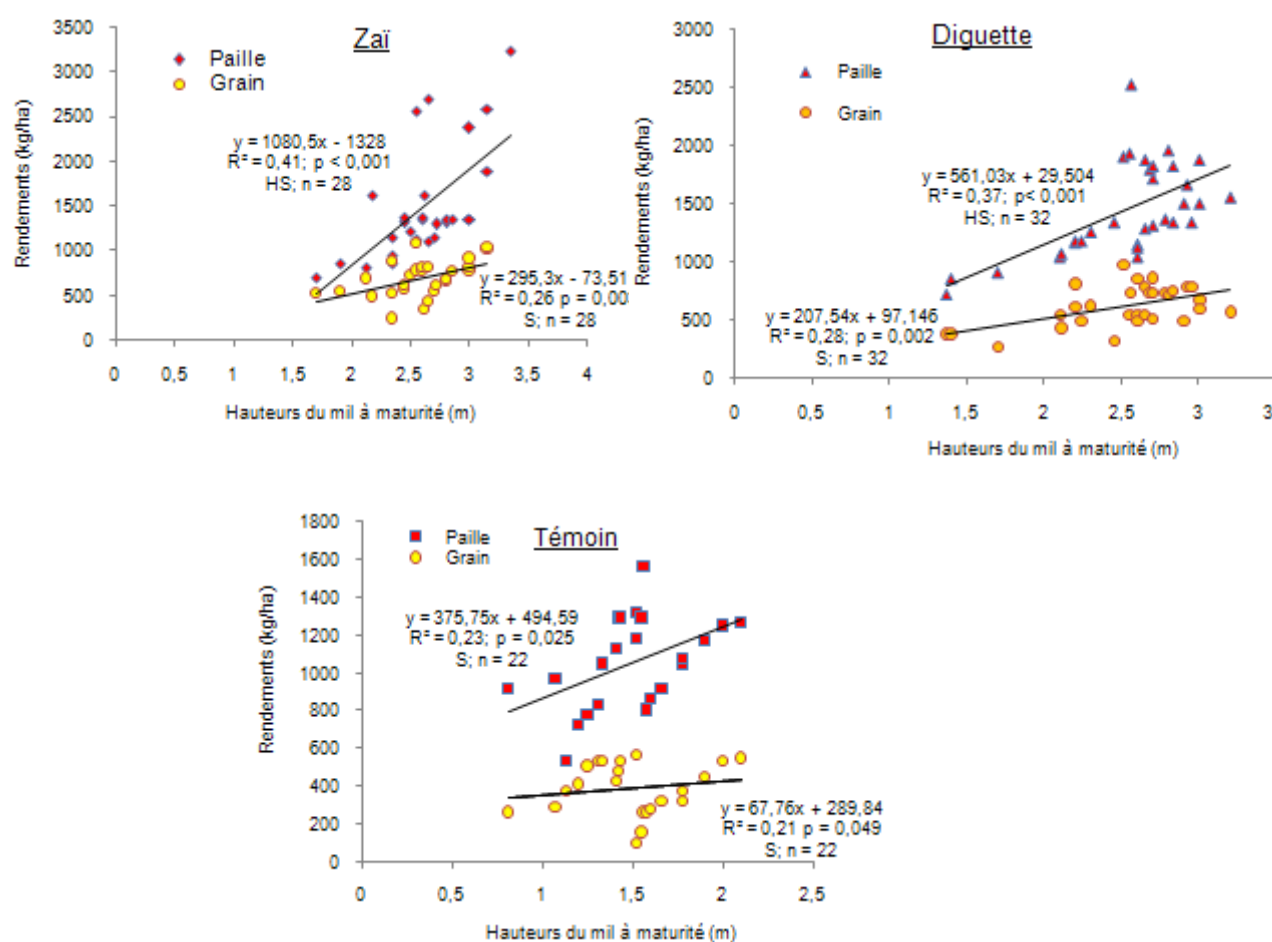
Figure 3. Rendements en grain et en paille (moyenne \pm erreur type) du mil en fonction des aménagements

Effet des traitements sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol

Les constats suivants ont été faits (tableau I) : (i) les sols des trois traitements avaient une texture limono-sableuse (LS), toutefois la teneur en éléments fins (argile + limon) a été plus élevée dans le zaï ; (ii) le pH a été plus élevé dans le zaï et la diguette ; (iii) la teneur en azote total a varié significativement ($P = 0,04$) entre le zaï et la diguette ; (iv) aucune différence significative ($P = 0,4$) n'existait entre le zaï et la diguette pour la teneur en phosphore total ; (v) les teneurs en matière organique et en biomasse microbienne totales étaient statistiquement plus élevées ($P \leq 0,03$) dans le zaï que dans la diguette et le témoin, les sols de la diguette étant plus pourvus que les sols des champs non aménagés.

Effet des traitements sur la composition de la flore adventice

Soixante-huit (68) espèces regroupées dans 23 familles ont été recensées sur l'ensemble des champs avec 55 espèces dans la diguette, 51 dans le zaï et 38 dans le témoin (tableau II). Les espèces de la famille des Poaceae étaient les plus représentées avec au moins 11 espèces par traitement, suivaient les espèces de la famille des Fabaceae avec au moins 5 espèces (figure 5). Les espèces de la famille des Aizoaceae, des Euphorbiaceae et des Pedaliaceae n'étaient présentes que dans les champs non aménagés. Les espèces de la famille des Asclepiadaceae et de la famille des Mimosaceae n'étaient présentes que dans les champs aménagés en diguettes antiérosives. Les espèces appartenant à la famille des Acanthaceae, des Caryophyllaceae, des Malvaceae et des Solanaceae étaient communes aux champs aménagés. Les espèces appartenant à la famille des Amaranthaceae, des Asteraceae, des Caesalpiniaceae, des Convolvulaceae, des Cucurbitaceae, des Cyperaceae, des Fabaceae, des Lamiaceae, des Poaceae, des Rubiaceae, des Scrofulariaceae, des Sterculiaceae et des Tiliaceae étaient omniprésentes (figure 5).



R² : Coefficient de détermination ; p : probabilités, n : nombre d'observations ; S : significatif ; HS : hautement significatif.

Figure 4. Corrélations entre les rendements en grains et en paille et les hauteurs du mil

Tableau I. Valeurs moyennes des paramètres de fertilité des sols en fonction des aménagements (n = 5)

Paramètres de fertilité	Zaï	Diguettes	Témoins
Granulométrie (%)			
Argile	16,08	16,08	16,47
Limon	16,47	13,33	11,76
Sable	67,45	70,59	71,77
Texture	LS	LS	LS
Azote total (%)	0,045 a	0,033 b	0,038 b
CV (%)	11	23	22
Phosphore total (%)	0,0124 a	0,0133 a	0,0107 b
CV (%)	19	21	27
pH eau	6,64	6,60	5,83
CV (%)	5	21	21
Matière organique (%)	0,95 a	0,77 b	0,66 b
CV (%)	16	17	21
Biomasse microbienne	46,636 a	35,401 b	26,870 b
CV (%)	25	27	20

Les valeurs affectées d'une même lettre sur une même ligne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test Newman-Keuls). LS = Limono-sableux ; CV (%) = Coefficient de Variation en%. Valeurs des probabilités : Matière organique : Zaï # Diguette P = 0,03 ; Zaï # Témoin P = 0,005 ; Diguette # Témoin P = 0,16. - Azote total : Zaï # Diguette P = 0,04 ; Zaï # Témoin P = 0,01 ; Diguette # Témoin P = 0,21. - Phosphore total : Zaï # Diguette P = 0,4 ; Zaï # Témoin P = 0,008 ; Diguette # Témoin P = 0,02. - Biomasse microbienne : Zaï # Diguette P = 0,01 ; Zaï # Témoin P < 0,001 ; Diguette # Témoin P = 0,05

Tableau II. Liste des espèces de mauvaises herbes par famille en fonction des traitements

Familles	Noms des espèces	Traitements			
		Zai	Diguette	Témoin	
Acanthaceae	<i>Dicliptera verticillata</i> (Forsk.) C. Christens.	+	+	-	
Aizoaceae	<i>Mollugo nudicaulis</i> Lam.	-	-	+	
Amaranthaceae	<i>Achyranthes aspera</i> var. <i>sicula</i> L.	-	+	+	
	<i>Celosia argentea</i> L.	+	+	-	
	<i>Pandiaka heudolotii</i> (Moq.) Hook.	+	+	+	
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	-	+	-	
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	-	+	+	
	<i>Bidens pilosa</i> L.	-	+	+	
	<i>Chrysanthellum americanum</i> (L.) Vatke	-	-	+	
	<i>Vernonia ambigua</i> Kotschy et Peyritsch	+	+	-	
Caesalpiaceae	<i>Cassia mimosoides</i> L.	+	+	-	
	<i>Cassia obtusifolia</i> L.	+	+	+	
	<i>Cassia occidentalis</i> L.	+	-	-	
Caryophyllaceae	<i>Polycarpaea corymbosa</i> var. <i>corymbosa</i> (L.) Lam.	+	+	-	
Commelinaceae	<i>Commelina bengalensis</i> L.	+	-	+	
	<i>Cyanotis lanata</i> Benth.	+	-	+	
Convolvulaceae	<i>Ipomea aquatica</i> Forsk.	-	+	-	
	<i>Ipomea eriocarpa</i> R. Br.	+	+	+	
Cucurbitaceae	<i>Cucumis melo</i> var. <i>agrestis</i> Naudin L.	+	+	+	
Cyperaceae	<i>Bulbostylis hispidula</i> sub sp. <i>hispidula</i> (Vahl) Haines.	+	+	+	
	<i>Cyperus esculentus</i> L.	+	+	+	
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	+	+	+	
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. et Thonn.	-	-	+	
Fabaceae	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schum. et Thonn.) J. Léonard	+	+	+	
	<i>Alysicarpus rugosus</i> (Willd.) DC	+	+	+	
	<i>Crotalaria retusa</i> L.	+	+	+	
	<i>Indigofera coluta</i> (Burm. f.) Merr.	+	-	-	
	<i>Indigofera dendroides</i> Jacq.	+	+	-	
	<i>Indigofera tinctoria</i> L.	+	+	-	
	<i>Sesbania pachycarpa</i> DC.	+	-	-	
	<i>Zornia glochidiata</i> Reichb. ex DC.	+	+	+	
	<i>Stylosanthes mucronata</i> Willd.	+	+	+	
	<i>Hyptis spicigera</i> Lam.	+	+	-	
Lamiaceae	<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) R. Br.	+	+	+	
Malvaceae	<i>Sida alba</i> L.	+	+	-	
Mimosaceae	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight et Arn.	-	+	-	
Pedaliaceae	<i>Ceratotheca sesamoïdes</i> Endl.	-	-	+	
Poaceae	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	-	+	-	
	<i>Andropogon pseudapricus</i> Stapf.	+	+	+	
	<i>Aristida adscensionis</i> L.	+	+	+	
	<i>Aristida kerstingii</i> Pilger	-	-	+	
	<i>Brachiaria villosa</i> (Lam.) A. Camus	+	+	+	
	<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	+	+	+	
	<i>Chloris pilosa</i> Schum.	+	+	-	
	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	+	+	+	
	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	+	+	+	
	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	-	+	-	
	Poaceae	<i>Eleusine indica</i> sub sp. <i>Indica</i> (L.) Gaertn.	-	+	-
		<i>Eragrostis aspera</i> (Jacq.) Ness	+	+	+

Familles	Noms des espèces	Traitements		
		Zai	Diguette	Témoin
	<i>Eragrostis tremula</i> Hochst. ex Steud.	+	+	+
	<i>Eragrostis turgida</i> (Schumach.) De Wild.	-	+	-
	<i>Heteropogon contortus</i> (L.) Roem. & Schult.	+	+	-
	<i>Microchloa indica</i> (L.F.) P. Beauv.	-	-	+
	<i>Panicum pansum</i> Rendle	+	+	-
	<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	+	+	+
	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) W.D. Clayton	+	+	-
	<i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth	+	+	-
	<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. et Schult.	+	+	-
	<i>Sporobolus festivus</i> Hochst. ex A. Rich.	-	+	-
Rubiaceae	<i>Mitracarpus villosus</i> (Swartz) DC.	+	+	+
	<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	+	+	-
	<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Hiern	+	-	-
	<i>Spermacoce stachydea</i> DC.	+	+	+
Scrofulariaceae	<i>Striga hermonthica</i> (Del.) Benth.	+	+	+
Solanaceae	<i>Physalis micrantha</i> Link	+	+	-
	<i>Nicotiana rustica</i> L.	+	-	-
Sterculiaceae	<i>Waltheria indica</i> L.	+	+	+
Tiliaceae	<i>Corchorus tridens</i> L.	+	+	+
	Total	51	55	38

+ = espèce présente

- = espèce absente

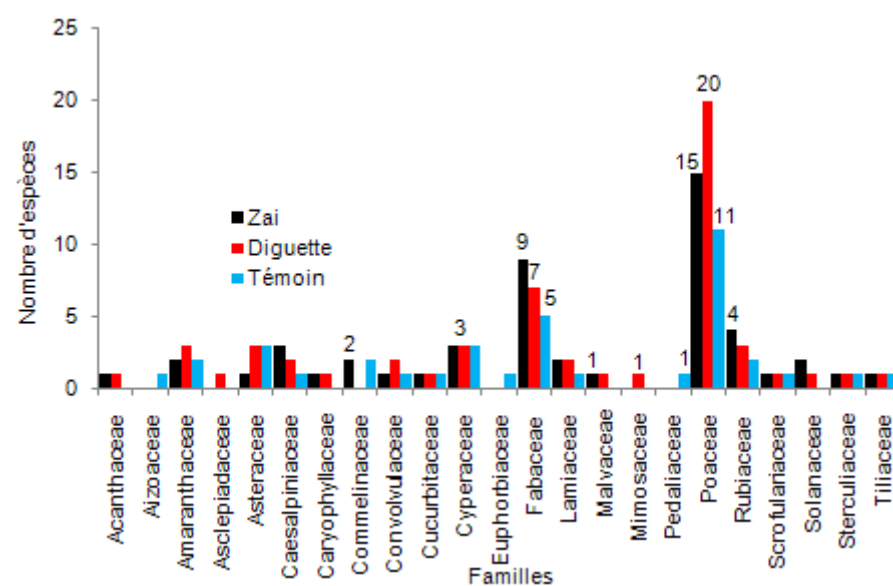


Figure 5. Nombre d'espèces par famille selon les aménagements

DISCUSSION

La hauteur de mil à maturité dans les aménagements de zai et de diguette est plus élevée que dans les champs témoins. Les résultats montrent aussi que la hauteur du mil dans le zai est relativement plus importante que celle observée dans les champs aménagés en diguettes. La performance de la diguette par rapport au témoin s'explique par le fait que la diguette en pierres constituant un obstacle filtrant, ralentit la vitesse de ruissellement de l'eau et crée par conséquent une augmentation du taux d'humidité du sol (Serpentier et Lamachère, 1988). La bonne performance du zai par rapport à la diguette s'explique par le fait que la diguette en pierres, par son caractère filtrant, retient moins d'eau que le zai. En effet, les trous de zai qui retiennent l'eau (l'eau étant piégée et localisée juste au niveau de la plante) offrent à la plante une meilleure condition hydrique pour sa croissance comparativement à la diguette et

au témoin (Hien, 1995). Avec le zaï, le sol est maintenu humide pendant une durée relativement plus longue comparativement à la diguette (Zougmore *et al.*, 2004). Nos résultats concernant le zaï corroborent ceux de Sangaré (2002) et de Sawadogo *et al.* (2008) qui ont noté une différence significative en fin de croissance des céréales entre les parcelles aménagées et les parcelles témoins non aménagées dans la région Nord du Burkina Faso. Ainsi, les plantes trouvent dans le zaï et dans la diguette plus d'eau et plus d'éléments nutritifs nécessaires pour la synthèse de la matière sèche. La résultante de tous ces facteurs est l'augmentation des rendements des céréales pluviales (Ouedraogo, 2005).

Dans les corrélations entre les hauteurs et les rendements du mil, les valeurs de R^2 comprises entre 0,21 et 0,41 signifient que les variations de hauteurs expliquent 21% à 41% des variations de rendements. La corrélation n'est pas la causalité. Ce constat respecte la corrélation entre la croissance de l'appareil végétatif et le rendement céréalier observée par Zangré (2000) qui indique que les faibles rendements sont dus à une faible croissance de l'appareil végétatif.

Le zaï et la diguette améliorent la texture du sol. Les teneurs en azote total, en matière organique totale et en biomasse totale sont significativement plus élevées dans le zaï que dans la diguette et le témoin. Le pH eau est plus élevé dans le zaï que dans la diguette et le témoin. Le zaï est plus avantageux que la diguette qui, elle, est plus avantageuse que le témoin. Dans le zaï et la diguette, les teneurs en phosphore total ne sont pas statistiquement différentes, par contre la différence est significative entre ces deux techniques et le témoin. Les différentes teneurs observées sont inférieures aux normes requises pour les sols du Burkina Faso (BUNASOLS, 1990). Ces résultats s'interprètent de la façon suivante : le zaï et les diguettes permettent la sédimentation des particules fines (sable fin, limon, argile). Ceci explique l'amélioration de la texture du sol dans ces aménagements (Hien, 1995 ; David, 2003). Ces milieux deviennent favorables aux développements des organismes du sol tels que les termites, les vers de terre, les fourmis, etc. Ces organismes, particulièrement les termites et les vers de terre souvent appelés « ingénieurs de l'écosystème », en plus de leur rôle dans l'amélioration des propriétés physiques, interviennent dans la fragmentation de la litière et par conséquent la minéralisation du carbone (Lepage, 1981 ; Bayen, 2010), ceci explique les teneurs plus élevées en matière organique dans les champs aménagés. Cette augmentation du taux de matière organique combat l'acidité du sol (Bationo et Somda, 1994) d'où l'augmentation du pH constatée dans les aménagements. Il se crée alors un milieu favorable au développement des micro-organismes (Alexander, 1977).

Les valeurs des paramètres de fertilité observées dans la diguette signifient que les dépôts naturels à eux seuls ne sont pas suffisants pour relever le niveau de fertilité des sols, il faut réaliser des apports externes en fumiers comme dans le zaï. En effet, Sawadogo (2003) a observé un accroissement du taux de l'azote et du phosphore dans les champs aménagés avec des techniques comme le zaï, les diguettes en pierres lorsque ces techniques sont accompagnées d'apport de compost et d'engrais NPK.

Les résultats obtenus sur les propriétés physico-chimiques des sols sont conformes à ceux observés par Zougmore *et al.* (2004), Barro *et al.* (2005) et Zombré (2006) qui ont montré que les aménagements de CES entraînent une modification de la texture des sols par un enrichissement en éléments fins et en matières organiques de 20 à 30% selon les cas. Ils ont constaté que les sols deviennent moins acides si les aménagements CES sont accompagnés de l'utilisation du fumier (des sols ferrugineux de pH eau de 4,8 à 5,1 ont eu des pH eau de 5,6 à 6,2 après traitement au zaï au bout de 2 ans).

Les différents paramètres mesurés présentent des coefficients de variation compris entre 5 et 27%, ce qui suggère un échantillonnage satisfaisant (Dagnelie, 1970). A l'échelle des traitements, les communautés d'adventices sont relativement riches en espèces avec 56% de l'ensemble des espèces dans le témoin, 75% dans le zaï et 81% dans la diguette. La relative richesse floristique constatée dans les aménagements comparativement au témoin est liée aux conditions écologiques plus favorables (disponibilité de l'eau, de la matière organique et des nutriments) dans ces aménagements pour permettre le développement d'une gamme variée d'espèces (Dessaint *et al.*, 2001). A l'échelle de la zone d'étude, la richesse spécifique des adventices est importante puisqu'elle inclut 25% de la flore adventice du Burkina Faso (Traoré, 1991). La part importante des Poaceae et des Fabaceae constatée est en accord avec les observations antérieures dans des parcelles de mil, de sorgho et de maïs sur l'ensemble du pays (Traoré et Mailet, 1992) ou sur des parcelles cultivées dans d'autres régions du monde (Lonchamp et Barralis, 1988 ; Bensellam *et al.*, 1997).

Les espèces telles que *Mollugo nudicaulis*, *Phyllanthus amarus* et *Ceratotherca sesamoïdes* relevées dans les champs non aménagés, *Leptadenia hastata* et *Dichrostachys cinerea* recensées uniquement dans les champs aménagés en diguettes antiérosives peuvent être des espèces indicatrices de milieu si

leur confinement dans ces milieux est confirmé. Les informations rapportées dans cet article ne peuvent être irréfutables car les données de base sont recueillies à partir d'interviews avec les producteurs. Cette approche a l'inconvénient de compter sur leur mémoire et sur l'authenticité de leur déclaration (Réseau Africain sur les Approches Participatives, RAAP, 1999). Toutefois les informations recueillies ont été vérifiées sur le terrain. De plus, les résultats des analyses de laboratoires ne sont pas contradictoires avec les informations fournies.

CONCLUSION

Les techniques de conservation des eaux et des sols telles que le zaï, la diguette en pierres revêtent une importance dans un contexte d'incertitude pluviométrique et de baisse continue de la fertilité des sols. Ainsi, le zaï et la diguette en pierres de longue durée ont des effets positifs sur la productivité du sol. Cependant, les paramètres mesurés tels que la granulométrie, l'azote total, le phosphore total, le pH eau, la matière organique et la biomasse microbienne sont à des niveaux relativement faibles. L'âge seul des ouvrages de conservation des eaux et des sols ne permet pas de restaurer la fertilité des sols. En plus des techniques de la conservation des eaux et des sols, l'apport de fertilisants organiques est une nécessité. Tous les paramètres de la fertilité du sol n'étant pas pris compte dans ce travail, la poursuite des travaux de recherche s'impose afin de connaître l'impact des aménagements de longue durée sur le pH, le Kcl, le potassium, l'azote, le phosphore assimilables, la capacité d'échange cationique, les bases échangeables et la pédofaune.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aït-Houssa, A., M. Benbella, M. Badraoui, 2004 : Eléments d'aide au raisonnement de l'échantillonnage du sol en parcelle agricole. *Rev. HTE*, 129, 20-29.
- Alexander, M., 1977: Introduction to soil microbiology (2nd eds.). New-York, John Wiley, 467 p.
- Bambara, D., A. Bilgo, F. Lompo, V. Hien, 2011 : Influence du changement climatique sur la diversité inter et intra-spécifique des plantes cultivées à Tougou au nord du Burkina Faso. *Rev. Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5(6), 2415-2433.
- Barro, A., R. Zougmore, J.B.S. Taonda, 2005 : Mécanisation de la technique de zaï manuel en zone semi-aride. *Rev. Cahiers agricultures*, 14 (6), 51-60.
- Bationo, A., Somda, Z., 1994 : Gestion de la fertilité des sols. In : W.B., Hoogmoed, M.C., Klajj (eds.). Le Travail du Sol pour une Agriculture Durable. Document FAO, FAO-AGL-MISC/21/97 ; <http://www.fao.org/docrep/W7304F/W7304F00.htm>, consulté le 08/11/2010.
- Bayen P., 2010 : Impact de la restauration des sols sur la productivité du sorgho : cas du zaï amélioré au Yatenga. Mémoire de DEA, UFR/SVT, Ouagadougou, 57 p.
- Belemviré, A., A. Maïga, H. Sawadogo, M. Savadogo, S. Ouédraogo, 2008 : Evaluation des impacts biophysiques et socioéconomiques des investissements dans les actions de gestion des ressources naturelles au nord du plateau central du Burkina Faso. Rapport de synthèse, Étude Sahel, Ouagadougou, 94 p.
- Bensellam, E.H., M. Bouhache, A. Taleb, 1997 : Étude des adventices des vergers d'agrumes dans le Gharb (Maroc) : aspects floristique, agronomique et écologique. *Weed Res.* 37 (4), 201-210.
- Botoni, E., C. Reij, 2009 : La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au sahel : Impacts des investissements public et privé dans la gestion des ressources naturelles. CILSS-CIS, 61 p.
- BUNASOLS, 1990 : Manuel pour l'évaluation des terres. Document technique n°6, 181 p.
- Chaussod, R., B. Nicolardot, G. Catroux, 1986 : Mesure en routine de la biomasse microbienne des sols par la méthode de fumigation au chloroforme. *Science du Sol*, 24, 201-211.
- Chopart, J.L., 1994 : Systèmes racinaires des cultures annuelles tropicales : effets du travail du sol sur les racines. In : W.B., Hoogmoed, M.C., Klajj (eds.). Le Travail du Sol pour une Agriculture Durable. Document FAO, FAO-AGL-MISC/21/97 nd, p. 27-34 ; <http://www.fao.org/docrep/W7304F/W7304F00.htm>, consulté le 10/07/2010.
- Dagnelie, P., 1970 : Théorie et méthodes statistiques. Tome II, Les Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 451 p.
- David, F., 2003 : Action de la macrofaune sur la fertilité des sols dans une succession végétale : rôle des termites dans un système de zaï forestier au Yatenga (Burkina Faso). Mémoire d'Ingénieur-Maître, Institut Universitaire Professionnalisé Environnement, Technologies et Société, 25 p.
- Dessaint, F., R. Chadoeuf, G. Barralis, 2001 : Diversité des communautés de mauvaises herbes des cultures annuelles de Côte-d'Or (France). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 5 (2), 91-98.
- Dugué, P., L. Rodriguez, B. Ouaba, I. Sawadogo, 1994 : Techniques d'amélioration de la production agricole en zone soudano-sahélienne. Manuel à l'usage des techniciens du développement rural, élaboré au Yatenga, Burkina Faso. Montpellier : CIRAD, 209 p.

- Guinko, S., 1984 : Végétation de la Haute Volta. Thèse de Doctorat d'État ès Sci. Naturelles, Univ. Bordeaux III, 303 p.
- Hien, F.G., 1995 : La régénération de l'espace sylvo-pastoral au Sahel : une étude de l'effet de mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso. Document sur la gestion des ressources tropicales. Univ. Agr. Wageningen, 219 p.
- Hien, V., P.C. Belem, M. Berger, L. Richard, 1984: Aspect général de l'évolution de la fertilité des sols burkinabé en culture continue. *Notes et doc. burkinabé*, 15 (4), 18-24.
- ISET, 2008 : Département de production et protection végétales. Laboratoire de Pédologie. <http://www.iset.mr/dgab/labo/dppvlp/echsol.html>, consulté le 15/07/2010.
- Jenkinson, D.S., D.S. Powelson, 1976 : The effects of biocidal treatments on metabolism in soil- V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 8, 209-213.
- Koussoubé, A., D.E.C. Da, H. Yacouba, H. Karambiri, 2006 : Impact des techniques de conservation des eaux et des sols sur les rendements agricoles dans le bassin versant de Tougou. 2ie-AMMA, Ouagadougou, 5 p.
- Lepage, M.G., 1981 : L'impact de populations récoltantes de *Macrotermes michaeni* (Sjostedt) (Isoptera: Macrotermitinae) dans un écosystème semi-aride (Kajiado, Kenya). *Insectes sociaux*, 28 : 297-308.
- Lonchamp, J.P., G. Barralis, 1988 : Caractéristiques et dynamique des mauvaises herbes en région de grande culture : le Noyonnais (Oise). *Agronomie* 8 (9), 757-766.
- Mbow, A.F.B., S.S. Diop, A. Tounkara, B. Gueye, M.L. Seck, 2009 : Changements climatiques, entre résilience et résistance. *Agridape* 24 (4), 4-5.
- Ouédraogo, M., Y. Dembélé, L. Somé, 2010 : Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Sécheresse* 21 (2), 87-96.
- Ouédraogo, S., 2005 : Intensification de l'agriculture dans le plateau central du Burkina Faso : Une Analyse des possibilités à partir des nouvelles technologies. Thèse de Doctorat, Univ. de Groningen (Rijksuniversiteit Groningen), 317 p.
- Pallo, F.J.P., S. Asimi, A. Assa, P.M. Sedogo, N. Sawadogo, 2006: Statut de la matière organique des sols de la région sahéenne du Burkina Faso. *Etude et Gestion des Sols* 13 (4), 289-304
- RAAP, 1999. Participation villageoise au développement rural : Manuel du praticien. Amsterdam : KIT/BM.
- Reddy, K.C., A. Berrada, A. Bonkoura, 1998 : Manuel d'expérimentation en plein champ à l'usage des cadres de développement agricole. INRAN, 157 p.
- Rochette, R.M., 1989 : Le Sahel en lutte contre la désertification. Leçons d'expériences, CILSS/ PAC/ GTZ, 592 p.
- Roose, E., V. Kabore, C. Guenat, 1995: Le « zaï », une technique traditionnelle africaine de réhabilitation des terres dégradées de la région soudano-sahéenne. Congrès international sur la restauration et la réhabilitation des terres dégradées des zones arides et semi-arides, Tunisie, 14-19 novembre, 25 p.
- Sawadogo, H., 2003 : Rapport d'activités GRN/SP Nord-Ouest : section agronomie. INERA, 42 p.
- Sawadogo, H., L. Bock, D. Lacroix, N.P. Zombré, 2008 : Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnol. Agr. Soc. Environ.*, 12 (3), 279-290.
- Sedogo, P.M., 1993 : Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de doctorat .Univ. Cocody, RCI, 285 p.
- Soltner, D., 1988 : Les bases de la production végétale : Tome 1, le sol. Sciences et Techniques Agricoles (16^e édition), Angers, Sainte-gemmes-sur-Loire, France, 469 p.
- SP/CONEDD, 2006 : Programme d'Action National d'Adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA). MECV, Ouagadougou, 76 p.
- Taonda, S.J.B., 1995 : Evolution de la fertilité des sols sur un front pionnier en zone nord-soudanienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, INPL Nancy (France) 133 p.
- Traoré, H., 1991 : Influence des facteurs agro-écologiques sur la constitution des communautés adventices des principales cultures céréalières (sorgho, mil, maïs) du Burkina Faso. Thèse de Doctorat. Université Montpellier, France. 250 p et annexes.
- Traoré, H., J. Maillet, 1992 : Flore adventice des cultures céréalières du Burkina Faso. *Weed Res*; 32 (4), 279-293.
- Walkey, A., A. Black, 1934: An examination of the detjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of chromatic acid titration method; *Soil Science*, 37, 29-38 p.
- Zangré, B.V.C.A., 2000 : Effets combinés du travail du sol et des amendements organiques sur la fertilité d'un sol ferrugineux lessivé dans la région de Saria (zone centre du Burkina Faso). Mémoire IDR, 83 p.
- Zombré, N.P., 2006 : Variation de l'activité biologique dans les zipella (sols nus) en zone sub-saharienne du Burkina Faso et impact de la technique du zaï (techniques des poquets). *Biotechnol. Agr. Soc. Environ.* 10 (2), 139-148.

Zougmoré, R., K. Ouattara, A. Mando, B. Ouattara, 2004 : Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso. *Rev. Sécheresse* ; 15 (1), 41-88.

Zoundi, S.J., A.J. Nianogo, L. Sawadogo, 2002 : Utilisation optimale de ressources alimentaires localement disponibles pour l'engraissement des ovins au sein des exploitations mixtes agriculture-élevage du plateau central du Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. pays trop.* ; 55 (1), 53-62.