

Diversité des systèmes de cultures et des modes de gestion des ligneux arborés et arbustifs des parcs agroforestiers en zone nord-soudanienne du Burkina Faso

Moussa GNISSIEN¹, Kalifa COULIBALY¹, Issaka SENOU^{1,2}, Jérôme T. YAMEOGO³ et Hassan B. NACRO¹

Résumé

L'amélioration de la fertilité des sols des parcs agroforestiers sahéliens requiert une connaissance et une compréhension des systèmes de cultures et modes de gestion des ligneux qui y sont rencontrés. Cet article analyse la diversité des systèmes de cultures et des pratiques de gestion de la fertilité des sols des parcs agroforestiers. Il se base sur les données d'une enquête qualitative et des observations directes conduites dans trois villages en zone nord-soudanienne du Burkina Faso avec un échantillon total de 37 producteurs. L'enquête a concerné 112 champs dont 71 champs de brousse, 30 champs de case et 11 champs de village. Les champs de brousse, plus vastes (1,49 ha en moyenne par producteur), enregistrent toutes les espèces arborées et 83 % de celles arbustives répertoriées. Ils se distinguent aussi par une pratique plus répandue de la rotation culturale (71,83 % des champs), du zaï (84,51 %), du paillage de biomasse ligneuse issue des champs (80,28 %) et collectée sous forêt (73,24 %). Les champs de case, de superficies plus réduites (0,71 ha en moyenne par producteur), sont plus soumis à la monoculture continue (76,67 %). Les champs de brousse semblent concentrer les efforts de gestion durable des sols

Mots-clés : arbres, arbustes, sols, systèmes de cultures, paillage, Burkina Faso

Analysis of the diversity of cropping systems and management of woody and shrubby trees in agroforestry parks in the northern Sudanian zone of Burkina Faso.

Abstract

Improving soil fertility in Sahelian agroforestry parks requires knowledge and understanding of the cropping systems and woody plant management practices found there. This article analyzes the diversity of cropping systems and soil fertility management practices in agroforestry parks. It is based on data from a qualitative survey and direct observations conducted in three villages in the northern Sudanian zone of

¹ Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol, Université Nazi Boni, Burkina Faso,

² Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural (ISEDR), Université de Dédougou, Burkina Faso ;

³ Laboratoire des Systèmes Naturels, des Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement, Université Nazi Boni, Burkina Faso

Email : moussa.gnissien@yahoo.fr

Burkina Faso with a total sample of 37 producers. The survey covered 112 fields, including 71 scrubland fields, 30 shebang fields and 11 village fields. The scrubland fields, which are larger (1.49 ha on average per producer), contain all tree species and 83 % of the shrub species listed. They are also distinguished by the more widespread practice of crop rotation (71.83 % of fields), zai (84.51 %), and mulching of woody biomass from the fields (80.28 %) and collected from the forest (73.24 %). The shebang fields, which are smaller in size (0.71 ha on average per farmer), are more subject to continuous monoculture (76.67 %). The scrubland fields seem to concentrate the efforts of sustainable soil management

Keywords: trees, shrubs, soils, cropping systems, mulching, Burkina Faso

Introduction

Les parcs agroforestiers constituent le type d'utilisation des terres le plus répandu des zones arides et semi-arides du sahel (BONKOUNGOU *et al.*, 2002). Le paysage agreste formé par ces parcs est dominé par *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f., *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don (BOFFA, 2000) et par des arbustes tels *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst., *Guiera senegalensis* J.F. Gmel. (DOSSA *et al.*, 2010 ; BATIONO *et al.*, 2012). Pratique séculaire (BATIONO *et al.*, 2012), l'agroforesterie se fait à travers le maintien délibéré de plusieurs espèces d'arbres et d'arbustes en association avec les cultures, du fait des multiples avantages qu'elles procurent aux populations rurales (ORWA *et al.*, 2009). Ainsi, ces essences ligneuses pourvoyeuses d'aliments, de bois d'énergie et de services entre autres, luttent contre la dégradation des sols, fournissent du fourrage aux animaux et sont utilisées en pharmacopée (BATIONO *et al.*, 2012 ; YAMEOGO *et al.*, 2013 ; DAO *et al.*, 2016). Ces multiples avantages augmentent la pression anthropique et animale sur les ligneux agroforestiers, conduisant à une régression tant du nombre d'espèces que d'individus (YAMEOGO *et al.*, 2019 ; TAKENAKA *et al.*, 2021). A l'intérieur de ces parcs agroforestiers, évoluent plusieurs systèmes de cultures tels la culture en pure du cotonnier ou du maïs par exemple, la rotation culturale céréales-cotonnier-légumineuses ou encore l'association des cultures de type céréales-légumineuses. Cette cohabitation des cultures avec les essences ligneuses n'est pas sans difficulté d'un point de vue anthropocentrique. Ainsi, les compétitions arbres ou arbustes-cultures associées, la pénibilité du travail du sol en présence d'un nombre de ligneux jugés excessif par le producteur et la perception d'espèces jugées non utilitaires par celui-ci, ont favorisé une réduction des effectifs des ligneux aux champs. Face à la dégradation continue de terres, aux péjorations climatiques et à la cherté des engrais, diverses stratégies d'adaptation endogène de gestion conservatoire des sols ont été adoptées par les producteurs. Ces stratégies sont les techniques de « zai », de cordons pierreux, les techniques de régénération naturelle assistée des ligneux, la couverture du sol par la biomasse ligneuse (REIJ *et al.*, 2009 ; BATIONO *et al.*, 2012 ; ZOUGMORE *et al.*, 2014 ; KABORE *et al.*, 2019). En dépit de la mise en œuvre de toutes ces technologies, les rendements agricoles restent mitigés avec des disparités du niveau de rendement qui peuvent être observées entre producteurs

au sein d'une même localité (AFFOLDHER *et al.*, 2013 ; GANEME *et al.*, 2021). Comprendre les modes de gestion des parcs agroforestiers semble alors primordial pour accroître durablement la production des cultures associées. Nos travaux ont pour objectifs (i) d'analyser les systèmes de cultures et les techniques de travail du sol des parcs agroforestiers adoptés par les producteurs en zone nord-soudanienne du Burkina Faso, (ii) identifier les modes de gestion des arbres et arbustes dans les champs, (iii) comprendre les pratiques de fertilisation mises en œuvre par ces producteurs.

1. Matériel et méthodes

1.1. Zone d'étude

La zone d'étude est située dans la commune de Guibaré (13° 06' N, 1° 36' O), au niveau de la région du Centre-Nord. Dans cette commune, les enquêtes se sont déroulées dans les villages de Yilou, Sindri et Barsa en juillet 2021 (Figure 1). Le climat de la zone est de type nord-soudanien (FONTES ET GUINKO, 1995) avec une pluviosité annuelle moyenne de 721,04 mm de 2015 à 2021 selon les données collectées par les services techniques de l'agriculture. D'après FONTES ET GUINKO (1995), les espèces arborées rencontrées sont *Vitellaria paradoxa* Gaertn f., *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don, *Faidherbia albida* (Del.) Chev., *Adansonia digitata* L., *Tamarindus indica* L., *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause. Les espèces arbustives rencontrées sont *Piliostigma reticulatum* (D.C) Hochst, *Guiera senegalensis* J. F. Gmel, *Ziziphus mauritiana* Lam, *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés, les sols peu évolués d'érosion gravillonnaire, les lithosols sur cuirasse, les sols bruns eutrophes sur roche basique, les sols hydromorphes et sodiques hydromorphes, sont les types de sols rencontrés dans la région du Centre-Nord (BUNASOLS, 1995). La commune de Guibaré compte 37431 personnes (dont 17728 hommes et 19703 femmes) réparties en 8809 ménages (INSD, 2019). L'agriculture, l'élevage et l'orpaillage constituent les principales activités de la localité (USAID, 2010). Le sorgho et le mil en association avec le niébé, le sésame et l'arachide sont les principales cultures rencontrées. Les bovins, caprins et ovins sont les principales espèces d'élevage.

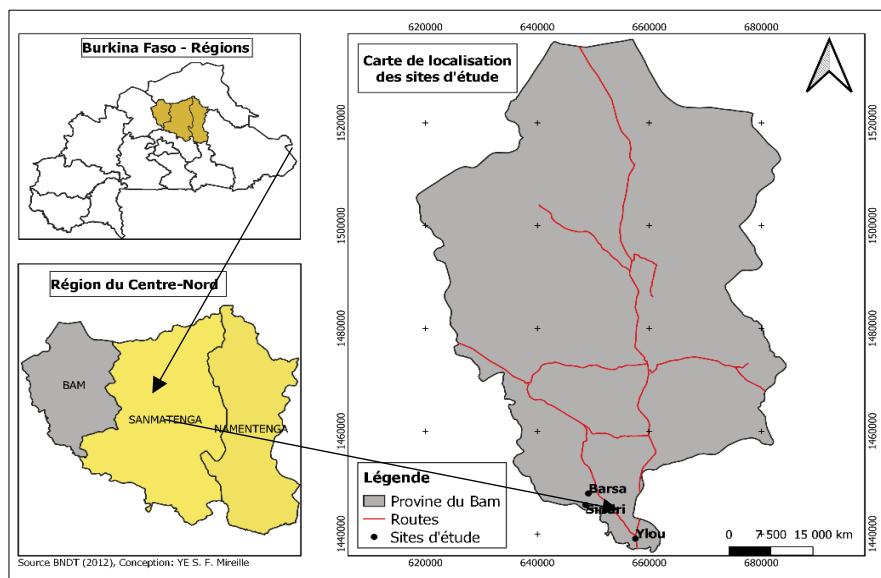


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude

1.2. Echantillonnage et collecte de données

L'échantillonnage de la population d'étude s'est effectué en utilisant la base de données d'une enquête préliminaire réalisée en janvier 2021 sur les potentialités, les atouts et les contraintes des activités agro-sylvo-pastorales des trois villages. Ainsi, un échantillonnage raisonné de 37 producteurs (dont 12 à Yilou, 13 à Sindri et 12 à Barsa) a été effectué. Le choix de la taille de l'échantillon se justifie par le fait que les enquêtes devaient se faire dans les champs incluant les observations directes pour des besoins de triangulation de l'information donnée par l'enquêté (e). Les producteurs choisis devaient disposer au moins d'un champ, pratiquer l'agroforesterie à base des principales espèces d'arbres et d'arbustes qui avaient été rapportées par l'enquête préliminaire. Au total, 112 champs ont été concernés par notre étude. Suivant la typologie décrite par YAMEOGO *et al.*(2013) et en accord avec l'entendement des producteurs, ces champs se composaient de champs de case plus proches des concessions (au nombre de 30), de champs de village moins proches des concessions mais se trouvant à l'intérieur du village (au nombre de 11) et de champs de brousse situés hors des limites du terroir villageois (au nombre de 71).

Les enquêtes ont porté sur les caractéristiques des champs telles le nombre et la superficie des champs, les différentes espèces d'arbres et d'arbustes par type de champs. Elles ont également porté sur les différents systèmes de cultures pratiqués, les types de fertilisants utilisés et les modes de gestion des essences ligneuses et de leur biomasse par type de champs. Les enquêtes se sont déroulées dans les champs des producteurs en

juillet 2021, à raison d'un champ par producteur qui peut être un champ de brousse, un champ de case ou un champ de village, et cela pour confronter les dires des acteurs aux observations directes sur les informations en rapport avec les systèmes de cultures pratiqués, les principaux types de travail du sol, les espèces arborées et arbustives présentes dans le champ.

1.3. Traitement et analyse des données

La saisie des données collectées, de même que la construction des tableaux et des figures ont été réalisées à l'aide du tableur Excel version 2016. La réalisation des analyses statistiques notamment l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC), l'analyse de variance (ANOVA) et l'analyse non-paramétrique (test de Kruskal-Wallis) a été faite avec le logiciel XLSTAT 2022.3.1.1334 version d'essai. L'AFC a été utilisée pour caractériser la distribution des espèces arborées et arbustives par type de champs. L'ANOVA a été utilisée pour faire la comparaison des moyennes au seuil de 5% selon le test de Student Newman-Keuls, pour les données des variables superficie par type de champs, nombre d'espèces d'arbres et d'arbustes suivant les types de champs. Pour les données des variables qui ne suivaient pas une distribution normale d'après le test de Shapiro-Wilk, le test de Kruskal-Wallis a été appliqué pour la comparaison des moyennes au seuil de 5%. Ces variables sont : les types de champs, les systèmes de cultures, les types de travail du sol et les modes de gestion de la biomasse ligneuse suivant les différents types de champs.

2. Résultats

2.1. Caractéristiques structurelles des exploitations agricoles

Le Tableau I indique que 80 % des producteurs possèdent des champs de case et 36 % des champs de village. Tous les producteurs ont au moins 2 champs de brousse. Les champs de case occupent des superficies plus petites que celles des champs de village et de brousse (en moyenne $0,71 \pm 0,18$ ha). Les champs de brousse sont de plus grande superficie ($1,49 \pm 0,11$ ha). Le nombre d'espèces d'arbres par champ est similaire pour les trois types de champs. Le nombre d'espèces d'arbustes est par contre plus élevé dans les champs de brousse ($2,55 \pm 0,138$ par champ). Le test de Kruskal-Wallis a montré une différence significative les types de champs concernant les proportions de producteurs qui en disposent ($P < 0,0001$). L'Analyse de variance a présenté des différences significatives entre les types de champs pour la superficie et le nombre d'espèces arbustives ($P = 0,02$ et $P < 0,0001$).

Tableau I: Caractéristiques générales des exploitations enquêtées

Type de champ	Proportion des producteurs selon les types de champ (%)	Superficie moyenne (ha)	Espèces d'arbres (nombre)	Espèces d'arbustes (nombre)
Champ de case	80,56 ± 10,52 ^b	0,71 ± 0,18 ^b	3,17 ± 0,34	1,57 ± 0,20 ^a
Champ de village	36,11 ± 17,88 ^a	1,39 ± 0,28 ^a	2,90 ± 0,56	3 ± 0,34b
Champ de brousse	100 ± 0 ^c	1,49 ± 0,11 ^a	4 ± 0,23	2,55 ± 0,14 ^b
Probabilité	<0,0001	0,002	0,052	<0,0001
Signification	THS	HS	NS	THS

Légende : les chiffres précédés du signe ± désignent l'erreur standard au sein de chaque type de champs. Les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Student Newman-Keuls. THS : Très Hautement Significatif, HS : Hautement Significatif, NS : Non Significatif.

2.2. Systèmes de cultures et types de travail du sol mis en œuvre dans les trois types de champs

L'association de cultures est pratiquée à une fréquence quasi-similaire dans les champs de case et de brousse. La rotation des cultures (71,83 ± 5,38 %) est plus pratiquée en champs de brousse alors que la culture en pure (86,67 ± 6,31 %) et la monoculture continue (76,67 ± 7,85 %) le sont plus en champs de case (Tableau II). Excepté l'association de cultures où il n'y a pas eu de différence significative (P = 0,271), le test de Kruskal-Wallis a présenté des différences significatives entre les types de champs pour les systèmes de cultures (P = 0,0001 et P < 0,0001) L'association se fait au poquet dans le cas où elle concerne deux spéculations (association sorgho / niébé ou mil / niébé) et aussi en inter-poquets ou inter-lignes avec une troisième spéculation comme le sésame, mise en terre après la levée des deux spéculations. La rotation sorgho-mil est la plus rencontrée, mais on retrouve également les rotations sorgho-arachide, mil-arachide et sorgho-sésame. Les spéculations produites en pure sont majoritairement le maïs, suivi du niébé, du sésame, de l'arachide, alors qu'en monoculture continue, le maïs et le sorgho sont les plus produites. Contrairement à la culture en pure qui peut s'inscrire dans une dynamique de rotation, la monoculture continue se traduit par la pratique d'une même spéculation sur la même parcelle chaque année. Il arrive parfois que dans un même champ, cohabitent deux types de systèmes de cultures et de travail du sol.

Le semis direct (26,76 ± 5,29 % des champs) et le zaï (84,51 ± 4,32 % des champs). Le labour est pratiqué dans tous les champs de case (100 ± 0,00 %). Le sarclage est pratiqué dans tous les trois types de champs. Le buttage est plus fréquent en champ de

village ($81,81 \pm 12,20$ %). Excepté le cas du zaï où il a été observé une différence significative ($P < 0,0001$), le test de Kruskal-Wallis n'a pas présenté de différence significative entre les types de champs pour les types de travail du sol ($P > 0,05$).

Tableau II: Systèmes de cultures suivant la typologie des champs

Systèmes de cultures	de Champs de case (%)	de Champs de village (%)	de Champs de brousse (%)	Probabilité	Signification
Association de cultures	$80,00 \pm 7,43$	$54,55 \pm 14,08$	$88,73 \pm 3,78$	$0,271$	NS
Culture en pure	$86,67 \pm 6,31$ ^c	$54,55 \pm 14,08$ ^b	$32,39 \pm 5,53$ ^a	$<0,0001$	THS
Rotation de cultures	$26,67 \pm 8,21$ ^a	$45,45 \pm 15,75$ ^{ab}	$71,83 \pm 5,38$ ^b	$0,0001$	HS
Monoculture continue	$76,67 \pm 7,85$ ^c	$45,45 \pm 15,21$ ^b	$25,35 \pm 5,20$ ^a	$<0,0001$	THS

Légende : les chiffres précédés du signe \pm désignent l'erreur standard au sein de chaque type de système de culture. Les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Kruskal-Wallis. THS : Très Hautement Significatif, HS : Hautement Significatif, NS : Non Significatif.

Tableau III: Principaux types de travail du sol pratiqués dans les différents types de champs

Travail du sol	Champ de case (%)	Champ de village (%)	Champ de brousse (%)	Probabilité	Signification
Semis direct	$16,67 \pm 6,92$	$18,18 \pm 12,20$	$26,76 \pm 5,29$	$0,505$	NS
Zaï	$43,33 \pm 9,20$ ^a	$54,54 \pm 15,75$ ^{ab}	$84,51 \pm 4,32$ ^b	$<0,0001$	THS
Labour	$100 \pm 0,00$	$90,91 \pm 9,10$	$97,18 \pm 1,98$	$0,28$	NS
Sarclage	$100 \pm 0,00$	$100 \pm 0,00$	$100 \pm 0,00$	$0,28$	NS
Buttage	$63,33 \pm 8,95$	$81,81 \pm 12,20$	$69,01 \pm 5,53$	$0,529$	NS

Légende : les chiffres précédés du signe \pm désignent l'erreur standard au sein de chaque type de fertilisant. Les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Kruskal-Wallis. THS : Très Hautement Significatif, NS : Non Significatif.

2.3. Répartition des espèces d'arbres et d'arbustes suivant les trois types de champs

Les résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) indiquent que toutes les 22 espèces d'arbres répertoriées (17 espèces natives et 5 espèces exotiques) lors de l'enquête sont présentes dans les champs de brousse, contre 14 espèces en champs de case et 11 espèces en champs de village (Figure 2). Les espèces d'arbres spécifiques aux champs de brousse sont *Terminalia macroptera* Guill. & Perr., *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Del., *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *Tamarindus indica* L., *Mitragyna inermis* (Willd.) Kuntze et *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. L'AFC a montré une différence significative entre les trois types de champs pour la distribution des espèces d'arbres ($P < 0,0001$).

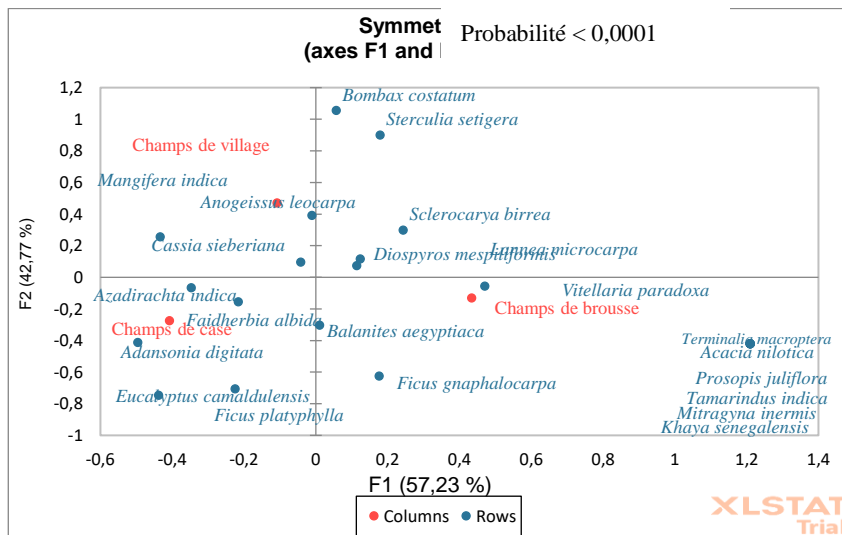


Figure 2: Distribution des espèces d'arbres suivant les différents types de champs

Au niveau des arbustes, 12 espèces (dont 03 espèces exotiques) ont été recensées sur l'ensemble des trois types de champs, soit 10 espèces en champs de brousse, 07 espèces en champs de village et 06 espèces en champs de case (Figure 3). L'AFC a montré une différence significative entre les types de champs pour la distribution des espèces d'arbustes dans les trois types de champs ($P < 0,0001$).

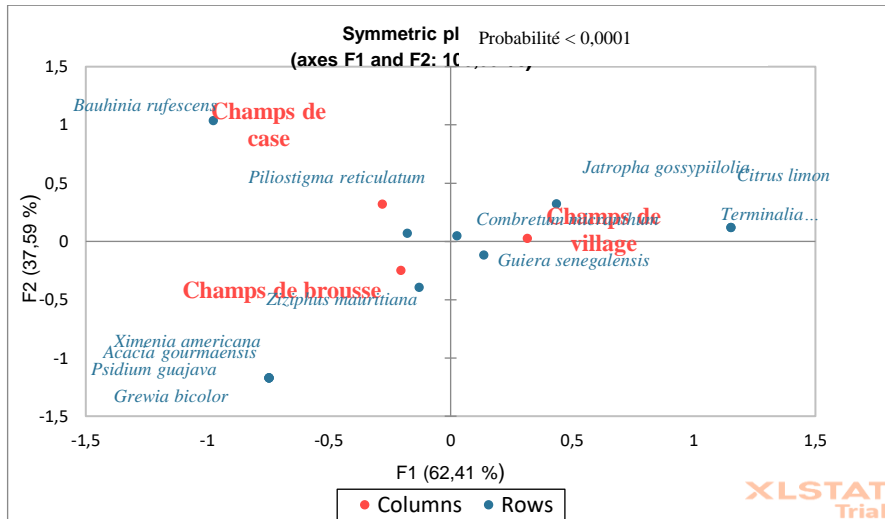


Figure 3: Distribution des espèces d'arbustes suivant les différents types de champs

2.4. Modes de gestion des arbres et arbustes

Les modes de gestion des arbres et des arbustes pratiqués par les producteurs dans les champs, tous les types confondus sont : l'étêtage, l'émondage, le recépage, la plantation, la coupe complète et la régénération naturelle non assistée (Figure 4 et Figure 5).

Au niveau des arbres, l'étêtage, l'émondage et la plantation sont pratiqués sur respectivement 11, 09 et 06 espèces d'arbres (Figure 4). La coupe complète est pratiquée sur *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. et *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. La Régénération naturelle non assistée (RNNA) est le seul mode de gestion spécifiques aux espèces *Tamarindus inidica* L., *Bombax costatum* Pellegr. & Vuillet, *Terminalia macroptera* Guill. & Perr, *Sterculia setigera* Del., *Ficus platyphylla* Del., *Ficus gnaphalocarpa* (Miq.) C.C. Berg et *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. Le recépage est uniquement pratiqué sur *Cassia sieberiana* DC.

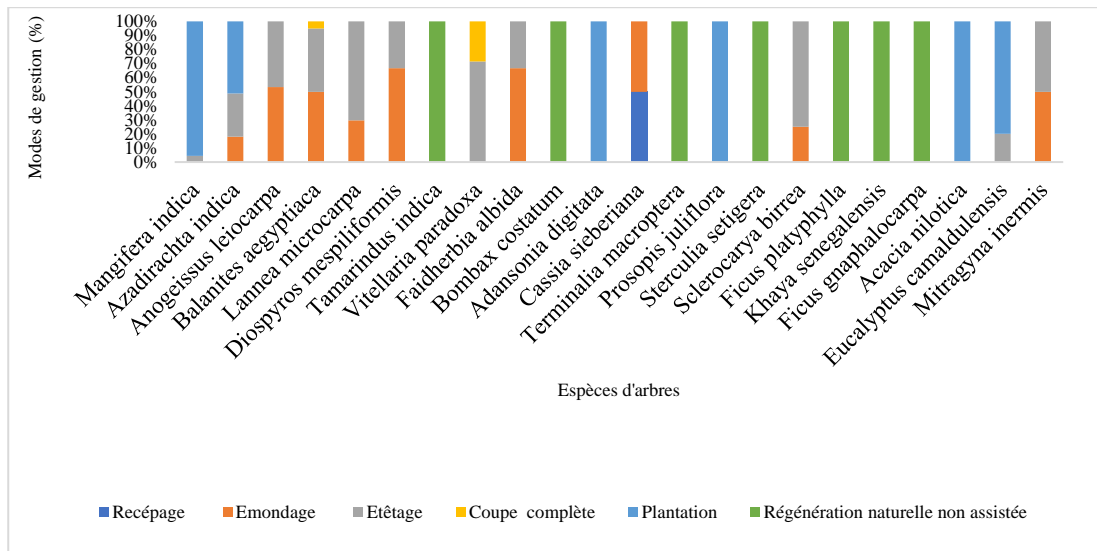


Figure 4: Modes de gestion des arbres pratiqués par les producteurs dans leurs champs

Les espèces *Piliostigma reticulatum*, *Combretum micranthum* G. Don et *Guiera senegalensis* enregistrent un nombre plus élevé de modes de gestion (Figure 5). Pour ces espèces, le recépage et l'émondage représentent chacun entre 40 à 50 % des modes de gestion. L'émondage et la coupe complète sont les modes de gestion appliqués au *Ziziphus mauritiana* Lam.

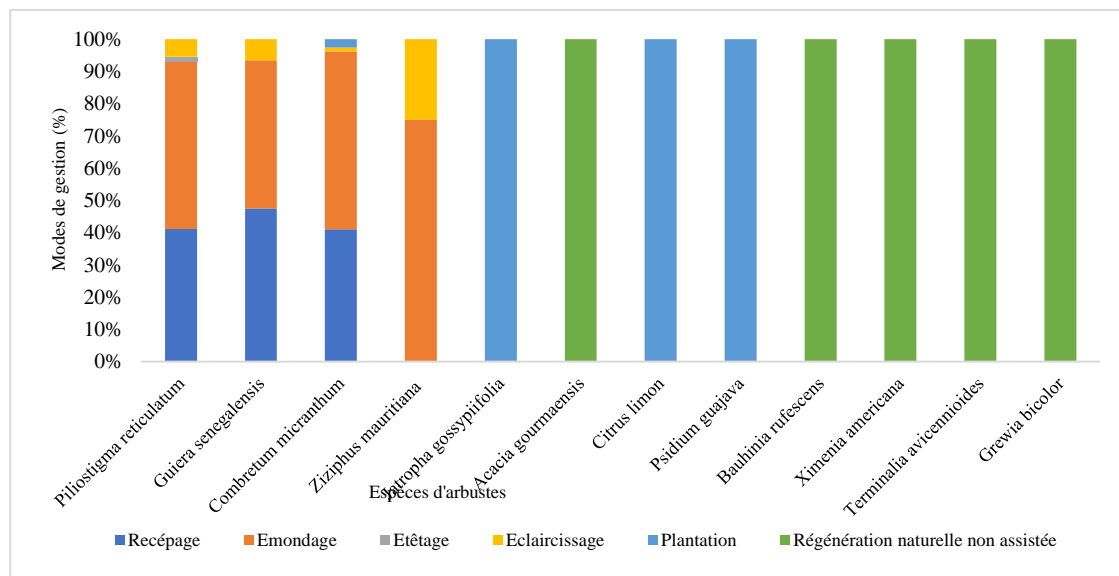


Figure 5: Modes de gestion des arbustes pratiqués par les producteurs dans les champs

Le paillage et l'enfouissement sont beaucoup plus pratiqués en champ de brousse où ils concernent respectivement $80,28 \pm 9,09$ % et $88,73 \pm 15,75$ % des champs (Figure 6). Le brûlis n'est pratiqué que sur $9,09 \pm 3,06$ % des champs de village et $7,04 \pm 9,09$ % des champs de brousse. Le test de Kruskal-Wallis a montré des différences significatives entre les types de champs pour le paillage ($P < 0,0001$) et l'enfouissement de la biomasse des arbres et arbustes ($P = 0,012$) mais pas pour le brûlis ($P = 0,305$).

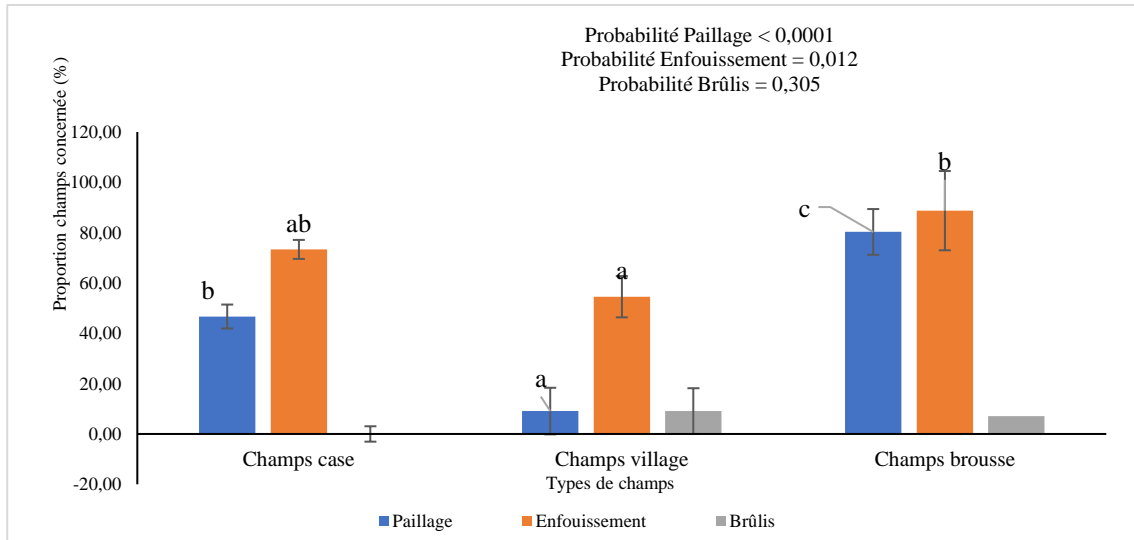


Figure 6: Modes de gestion de la biomasse des arbres et arbustes dans les d

Légende : les barres d'erreurs désignent les erreurs standards au sein du même type de champs. Les valeurs portant les mêmes lettres pour la même couleur d'histogramme ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Kruskal-Wallis. *ifférents types de champs*

2.5. Pratiques de fertilisation appliquées suivant la typologie des champs

Le Tableau IV présente les proportions de champs qui reçoivent les fertilisants suivant la typologie des champs. L'apport de fumier est plus répandu en champ de village ($81,82 \pm 12,20$ %) qu'en champs de brousse ($59,15 \pm 5,88$ %), L'application de la litière sous forêt est plus répandue en champs de brousse ($73,24 \pm 3,56$ %)). Excepté l'application de la litière sous forêt où le test de Kruskal-Wallis a présenté une différence significative ($P < 0,0001$), ce test n'a pas présenté de différence significative de la proportion des champs concernée par les apports de fertilisants selon la typologie des champs ($P > 0,05$).

Tableau IV: Fertilisants utilisés par les producteurs dans les différents types de champs

Fertilisants	Champ de case (%)	Champ de village (%)	Champ de brousse (%)	Probabilité	Signification
Fumier	70,00 ± 8,51	81,82 ± 12,20	59,15 ± 5,88	0,261	NS
Compost	73,33 ± 8,21	81,82 ± 12,20	73,24 ± 5,29	0,829	NS
Litière sous forêt	10,00 ± 5,57 ^a	9,09 ± 9,10 ^a	73,24 ± 3,56 ^b	<0,0001	THS
NPK	80,00 ± 7,43	90,91 ± 9,10	90,14 ± 3,56	0,351	NS
Urée	26,67 ± 8,21	36,36 ± 15,21	33,80 ± 5,65	0,746	NS

Légende : les chiffres précédés du signe ± désignent l'erreur standard au sein de chaque type de fertilisant. Les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5 % selon le test de Kruskal-Wallis.

3. Discussion

3.1. Analyse de la diversité des systèmes de cultures et du travail du sol suivant la typologie des champs

Les champs de brousse sont les plus grands et les plus nombreux. Cela pourrait s'expliquer par une plus grande disponibilité d'espace en brousse contrairement au village où les habitations et autres infrastructures réduisent la disponibilité de l'espace (OUEDRAOGO *et al.*, 2021). L'association et la rotation des cultures sont plus pratiquées dans ces champs. Les pratiques d'association et de rotation des cultures constituent d'après les producteurs un moyen pour éviter l'épuisement des sols et réduire l'infestation des mauvaises herbes parasites telle *Striga hermonthica* (Del.) qui a été citée par KABORE *et al.* (2019) comme un facteur de baisse des rendements des cultures. L'association céréales-légumineuses constitue aussi un moyen de diversification de la production et une stratégie d'optimisation des terres face à l'insuffisance des terres (COULIBALY *et al.*, 2019 ; GANEME *et al.*, 2021). La forte fréquence de la pratique de l'association des cultures céréales-légumineuses a aussi été soulignée par ZONGO *et al.* (2016) dans la région du nord du Burkina Faso. Les observations sur le terrain nous ont permis de constater la pratique des types d'association céréales / légumineuses au poquet et souvent combinée à l'association avec une troisième culture qui est généralement le sésame en inter-ligne ou en inter-poquet comme relevé par KABORE *et al.* (2019) et GANEME *et al.* (2021). *A contrario*, la culture en pure et la monoculture continue sont plus fréquentes dans les champs de

case du fait de la proximité de la fumure organique et des exigences en fertilisants des cultures comme le maïs aux dires des producteurs. La monoculture continue du sorgho se fait dans les champs de brousse situés dans les bas-fonds qui selon les producteurs sont plus favorables à cette spéculation comparativement au maïs ou au mil. Le zaï est plus répandu dans les champs de brousse comparativement aux autres types de champs. Cette technique, d'après les producteurs est pratiquée sur des sols dénudés impropres à l'agriculture, et constitue un moyen de récupération des terres dégradées (BARRO *et al.*, 2005 ; YAMEOGO *et al.*, 2013). Dans les trous de zaï, différents types de fertilisants tels que le fumier, le compost, la litière de différentes espèces d'arbres et arbustes y sont déposés en début d'hivernage. La plus grande fréquence de la pratique de l'association et de la rotation des cultures, ainsi que du zaï dans les champs de brousse pourrait traduire le fait que la dégradation des sols y est plus prononcée.

3.2. Diversité et modes de gestion des arbres et arbustes dans les différents types de champs

Les résultats des enquêtes révèlent que le nombre d'espèces d'arbres cité (22) est environ le double de celui des arbustes (12). La fourniture de services écosystémiques et la protection de certaines espèces par la réglementation nationale pourraient expliquer la plus grande diversité en espèces arborées. En effet, 12 espèces sur les 22 arborées fournissent des produits forestiers non ligneux d'après les producteurs. En plus, les producteurs ont signifié l'interdiction à eux faite par les services de l'environnement de pratiquer la coupe de bois sur certaines espèces. La diversité spécifique des arbres semble alors plus être favorisée par la réglementation nationale et le besoin de préserver des espèces menacées. Ainsi, *V. paradoxa*, *A. leiocarpa*, *T. indica*, *K. senegalensis*, *B. costatum*, *T. macroptera*, *A. digitata*, *D. mespiliiformis*, *S. setigera* font partie de des espèces bénéficiant de mesures de protection particulière et de celles menacées en zone nord-soudanienne du Burkina Faso (MECV, 2004 ; THIOMBIANO ET KAMPMANN, 2010). Au niveau des arbustes, seule *X. americana* est protégée par la réglementation nationale. La pression moins accrue tant de la part des hommes que des animaux sur les essences ligneuses pourrait également expliquer la plus grande diversité des espèces enregistrée dans les champs de brousse, comparativement aux champs de case et de village où cette pression serait plus forte. SOMPOUGOUDOU (2006) avait également enregistré une plus grande diversité spécifique des ligneux arborés et arbustifs dans les champs de brousse dans la région du Plateau central du Burkina Faso. Par contre, nos résultats sur la distribution quasi-similaire de *P. reticulatum* dans les trois types de champs sont différents de ceux de YELEMOU *et al.* (2007) qui ont montré, dans la région du Plateau central, que l'espèce était plus abondante dans les champs de brousse comparativement aux champs de case en raison d'une pression anthropique et animale plus accrue en champs de case.

Concernant les modes de gestion des arbres, l'étêtage est le plus pratiqué sur les arbres notamment sur les individus adultes dans le but de réduire l'ombrage sous houppier qui induit une baisse des rendements des cultures associées et pour couvrir le besoin en bois de service. Ce mode de gestion était pratiqué par les producteurs de la région du Centre sur des espèces telles *V. paradoxa*, *A. indica* et *B. costatum* dans les champs de brousse principalement (YAMEOGO *et al.*, 2013). L'émondage est pratiqué beaucoup plus chez les jeunes sujets afin de favoriser la croissance en hauteur des arbres. La plantation concerne plus les espèces exotiques (*M. indica*, *A. indica*, *E. camaldulensis*) en vue d'en obtenir des produits ligneux tel le bois devant servir à la construction des hangars ou directement vendu. Elle constitue une alternative à l'interdiction de coupe des espèces arborées protégées par la réglementation en vigueur. Ces espèces exotiques ont été plantées par les producteurs du Centre-Ouest du Burkina Faso pour les besoins en bois d'œuvre et de service, et de pour la fertilisation des sols (BATIONO *et al.*, 2012 ; YAMEOGO *et al.*, 2013).

Au niveau des arbustes, *P. reticulatum*, *G. senegalensis* et *C. micranthum* bénéficient d'un nombre plus élevé de modes de gestion en vue de leur régénération par rapport aux autres espèces. Et pour cause, celles-ci sont réputées pour leur capacité à améliorer la fertilité des sols grâce à leur biomasse aérienne. BATIONO *et al.* (2012) et CAMARA *et al.* (2021) rapportaient que *P. reticulatum* et *G. senegalensis* bénéficiaient des pratiques de régénération naturelle assistée dans les champs pour leur vertu fertilisante du sol. BAYALA *et al.* (2020) soulignaient que sur 14 espèces agroforestières sahéennes, *P. reticulatum* était l'espèce qui bénéficiait le plus des pratiques de régénération après *F. albida* en raison de sa fonction fertilisante. A travers les observations directes, nous avons remarqué que ces espèces étaient les plus abondantes dans les différents champs, avec des individus de tailles variées suivant différents modes de gestion. Ce constat avait été fait par YELEMOU *et al.* (2007) dans la région du Centre-Ouest qui concluait que la gestion des individus de *P. reticulatum* dans les champs répondait à une logique paysanne de gestion de l'espace utile aux cultures. La régénération naturelle non assistée est pratiquée sur des espèces qui se rencontrent rarement dans les champs.

3.3. Stratégies de gestion de la fertilité des sols des champs

Les producteurs ont affirmé apporter plus de fumier et de compost dans les champs de case et de village par rapport aux champs de brousse. La proximité de ces intrants couplée au manque de moyen de transport de la fumure organique favorise selon eux leur épandage dans les champs de case et de village. Le manque de moyen de transport a été souligné par GNISSIEN *et al.* (2021) comme une contrainte limitant l'apport de la fumure organique dans les champs de brousse dans la région de l'Est du Burkina Faso. Cette déclaration des producteurs contraste avec les travaux de OUEDRAOGO *et al.*

(2021) selon lesquels les champs de village et de brousse recevaient plus de fumure organique par rapport aux champs de case en zones nord et sud-soudanienne du Burkina Faso.

Dans les différents types de champs, le paillage et l'enfouissement sont pratiqués avec la biomasse des différentes espèces arborées et arbustives qui s'y trouvent et avec la litière collectée sous forêt. Le paillage est effectué prioritairement sur les sols encroûtés avant de s'étendre aux autres parties du champ si la biomasse ligneuse est toujours disponible. L'enfouissement est effectué au moment du labour. Cette combinaison du travail du sol à la gestion de la litière végétale fait que l'agroforesterie est perçue à la fois comme une stratégie de récupération des terres dégradées et un moyen de gestion de la fertilité des sols. Les espèces arborées les plus utilisées pour le paillage et l'enfouissement sont *V. paradoxa*, *A. leiocarpa* et *L. microcarpa* en champs de brousse ; *A. indica*, *A. leiocarpa*, *L. microcarpa* et *C. sieberiana* en champs de case. En champs de village, c'est *A. leiocarpa* qui a été citée comme espèce d'arbre dont la biomasse est utilisée pour faire le paillage et l'enfouissement. Au niveau des arbustes, les espèces les plus utilisées pour le paillage et l'enfouissement sont *P. reticulatum*, *C. micranthum* et *G. senegalensis* dans les trois types de champs. La collecte de la litière sous forêt est une innovation dans la zone d'étude. La litière sous forêt provient de trois espèces arbustives et six espèces arborées que sont *C. micranthum*, *P. reticulatum*. et *G. senegalensis* pour les arbustes ; *V. paradoxa*, *A. leiocarpa*, *Daniella oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalz., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich., *L. microcarpa*, *C. sieberiana* et *M. inermis* pour les arbres. La collecte et l'épandage se déroulent sur la période d'avril à mai, voir début juin. Parmi ces espèces, *V. paradoxa*, *C. micranthum*, *P. reticulatum*, *G. senegalensis*, *A. leiocarpa* sont dans l'ordre décroissant les espèces dont les litières sont les plus collectées par les producteurs pour pailler les sols encroûtés des champs. BAMBARA *et al.* (2019), enregistraient une forte adoption de la collecte de la litière sous forêt dans la province du Sanmatenga en zone nord-soudanienne du Burkina Faso avec des espèces comme *V. paradoxa*, *C. micranthum*, *A. leiocarpa*, *L. microcarpa* et *D. mespiliformis*. Au cours de nos travaux, *V. paradoxa* Gaertn. f. a été l'espèce d'arbre dont la litière est jugée de meilleure qualité par les producteurs, et *P. reticulatum* l'a été chez les arbustes. Des producteurs ont déclaré avoir constaté que la litière de *V. paradoxa* améliore plus la fertilité du sol lorsqu'elle est appliquée sur les sols encroûtés que sur les sols non-encroûtés car elle est rapidement attaquée et décomposée par les termites sur les sols encroûtés. Le brûlis est pratiqué rarement sauf en cas d'excès de litière de *V. paradoxa* et *P. reticulatum* dans certains champs selon quelques producteurs.

La fonction fertilitaire des arbres et arbustes, surtout leur rôle de conservation du sol, a été également appréciée à travers certains indicateurs des états de surface du sol sous et autour des houppiers. Ainsi, les micro-buttes étaient particulièrement remarquables sous les houppiers des plantes régulièrement recépés de *P. reticulatum*, *C. micranthum* et *G.*

senegalensis, et formées de débris végétaux entraînés par le vent ou charriés par les eaux de pluie et piégés par les rameaux des arbustes, le tout mélangés à de la terre et de la biomasse desdits arbustes. BATIONO *et al.* (2012) attribuaient la formation de ces micro-buttes sous *G. senegalensis* et *P. reticulatum* à leur port buissonnant et à leur système racinaire latéral qui fixe le sol. Les placages de termites étaient visibles sur les sols paillés avec la biomasse des essences arborées et arbustives. Les turricules de vers de terre étaient plus remarquables sous houppiers *V. paradoxa* et *M. indica*. FELIX *et al.* (2018) et GUEBRE (2021) avaient rapporté que le paillage à base de bois raméal fragmenté de *P. reticulatum* augmentait la densité placages de termites.

Conclusion

Les systèmes de cultures favorisant une diversification des cultures sont plus pratiqués dans les champs de brousse, alors que les moins diversifiés sont plus constatés dans les champs de case et de village. Le zaï est également plus adopté en champs de brousse qu'en champs de case et de village. S'agissant de la diversité des peuplements ligneux, les champs de brousse enregistrent le plus grand nombre d'espèces arborées et arbustives par rapport aux autres types de champs, en plus du fait que certaines de ces espèces leur soient spécifiques. Les modes de gestion des arbres et des arbustes dans les différents types de champs sont variés allant des techniques de régénération naturelle assistée à la régénération naturelle non assistée en passant par la plantation aussi bien au niveau des arbres que des arbustes. Le paillage et l'enfouissement de la biomasse ligneuse qu'elle soit issue des champs ou pas, sont plus rencontrés dans les champs de brousse. Toutefois, les champs de brousse seraient les plus affectées par la dégradation des sols en réponse à laquelle la diversification des systèmes de culture, la prédominance de la technique du zaï, du paillage et la collecte de la litière sous forêt apparaissent comme des stratégies de lutte. Des travaux plus approfondis sur la quantification de la biomasse ligneuse des principales espèces arborées et arbustives des champs et de la litière sous forêt collectée, et de leurs effets sur le sol et les rendements des cultures sont à envisager.

Remerciements

Les auteurs remercient le projet Sustain Sahel financé par l'Union Européenne à travers la convention de subvention n° 861974 de son programme Horizon 2020. Ils adressent également leurs remerciements aux différents partenaires réunis en consortium au sein dudit projet pour leurs contributions scientifiques et techniques.

Clause de non-responsabilité

Ce projet a été financé avec le soutien du REA, un programme soutenu par l'Union européenne. Cette publication n'engage que ses auteurs et ni REA ni l'Union européenne ne peuvent être tenus responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations qu'elle contient.

Références bibliographiques

1. AFFHOLDER F., POEYDEBAT C., CORBEELS E., SCOPEL E., TITTONELL P., 2013. The yield gap of major food crops in family agriculture in the tropics: Assessment and analysis through field surveys and modelling, *Field Crops Research*, 143: 106– 118.
2. BATIONO B.A., BAYALA A K J., 2012. Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique de l'Ouest : Aperçu de quelques systèmes candidats. Manuel technique, World Agroforestry Centre, 50 p.
3. BAMBARA D., COMPAORE H., SOULAMA S., SAMANDOULGOU Y., BILGO A., 2019. Fertilisation des sols avec la litière foliaire en zone Subsaaharienne du Burkina Faso : Diversité des espèces, effets sur les rendements du sorgho. *African Crop Sciences Journal*, 27(2) :133.
4. BARRO A., ZOUGMORE R., TAONDA J-B., 2005. Mécanisation de la technique du zaï manuel en zone semi-aride. *Cahiers d'Agricultures*, 14(6) :549–59.
5. BAYALA J., SANOU J., BAZIE H R., COE R., KALINGANIRE A., SINCLAIR F L., 2020. Regenerated trees in farmers' fields increase soil carbon across the Sahel. *Agroforestry Systems*, 94(2):401–15.
6. BAYALA J., SANOU J., TEKLEHAIMANOT Z., KALINGANIRE A., OUÉDRAOGO S.J., 2014. Parklands for buffering climate risk and sustaining agricultural production in the Sahel of West Africa. *Current Opinion Environmental Sustainability*, 6(1):28–34.
7. BONKOUNGOU E.B., DJIMDÉ M., AYUK E.T., ZOUNGRANA I., TCHOUNDJEU Z., NIANG A., N'DIAYE S.H., MAYAKI A., OUÉDRAOGO J.S., YOSSE H., 2002. L'agroforesterie, un outil performant pour la gestion des ressources naturelles et la lutte contre la désertification au Sahel. Institut du Sahel, AGROSOC, Bamako, Mali, 88 p.
8. BUREAU NATIONAL DES SOLS (BUNASOLS), 1995. Etude morphopédologique de la province du Barn. Volume 1 : Rapport technique n097, 96 p.
9. CAMARA B A., SANOGO D., NDIAYE O., DIAHATE P B., SALL M., BA H S., DIOP M., BARDJI M., 2021. Farmers' perception on the benefits and constraints of Farmer Managed Natural Regeneration and determinants of its adoption in the southern groundnut basin of Senegal. *Agroforestry Systems* doi.org/10.1007/s10457-021-00690-y
10. COULIBALY A., MOTELICA-HEINO M., HIEN E., 2019. Determinants of Agroecological Practices Adoption in the Sudano-Sahelian Zone. *Journal of Environmental Protection*, 10(07):900–918.

11. DAO M. C. E., KONE M., SOMDA J., 2016. Fabrication d'aliment du bétail issue de la cueillette de gousses de *Piliostigma reticulatum*. Une opportunité pour les femmes rurales burkinabè. *Cahiers. d'Agricultures*, 25, 7 p.
12. DIXON S., HOLT J., 2010. Zones et profils de moyens d'existence au Burkina Faso, Rapport spécial du réseau du système d'alerte précoce (FEWS NET), 83 p.
13. DOSSA E L., DIEDHIOU S., COMPTON J E., ASSIGBETSE K B., DICK R P., 2010. Spatial patterns of P fractions and chemical properties in soils of two native shrub communities in Senegal. *Plant Soil*. 327(1):185–198.
14. FÉLIX G F., SCHOLBERG J M S., CLERMONT-DAUPHIN C., COURNAC L., TITTONELL P., 2018. Enhancing agroecosystem productivity with woody perennials in semi-arid West Africa. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(6):21 p.
15. FONTES J., GUINKO S., 1995. Carte de la végétation et l'occupation des sols au Burkina Faso, p. 67 p.
16. GANEME A., DOUZET J., TRAORE S., DUSSERRE J., KABORE R., TIROGO H., NABALOU M O., OUEDRAOGO N W-Z S., ADAM M., 2021. L'association sorgho / niébé au poquet, une pratique traditionnelle en zone soudano-sahélienne à faible rendement : état des lieux et pistes d'amélioration. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 31(4):836–848.
17. GNISSIEN M., COULIBALY K., TRAORE M., HIEN M., Mathieu B., NACRO H B., 2021. Conditions de Mise en Œuvre des Pratiques Agro-Ecologiques dans La Région de l'Est du Burkina Faso. In Symposium Scientifique International sur la Gestion Durable des Terres. Ouagadougou, Burkina Faso, 10 p.
18. GUEBRE D., 2021. Effets des amendements ligneux à base de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst sur les fonctions et services écosystémiques des sols en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso, 170 p.
19. Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD), 2019. Cinquième Recensement Général de la Population et de l'Habitation, Synthèse des résultats définitifs, 136 p.
20. KABORE P N., BARBIER B., OUOBA P., KIEMA A., SOME L., OUEDRAOGO A., 2019. Perceptions du changement climatique, impacts environnementaux et stratégies endogènes d'adaptation par les producteurs du Centre-nord du Burkina Faso. *VertigO*, 19 (1) :29 p.
21. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV), 2004. Arrêté n° 2004_019 portant détermination de la liste des espèces forestières bénéficiant de mesures de protection particulière. Ouagadougou, Burkina Faso, MECV, 3 p.
22. ORWA C., MUTUA A., KINDT R., JAMNADASS R., SIMONS A., 2009. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. World Agroforestry Centre, Kenya. <http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>
23. OUEDRAOGO E., GNAKAMBARY Z., POUYA M B, SAWADOGO A, HASSAN NACRO H B., 2021. Diversité de systèmes de productions agricoles et de pratiques paysannes de gestion de la fertilité des sols dans les exploitations maïsicoles à l'Ouest du Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies*,32(4):531–544.

24. REIJ C., TAPPAN G., SMALE M., 2009. Re-greening the Sahel: farmer-led innovation in Burkina Faso and Niger. *In Agro-Environmental Transformation in the Sahel: Another Kind of “Green Revolution”*. Washington DC,53-58.
25. TAKENAKA K., IKAZAKI K., SIMPORÉ S., KABORÉ F., THIOMBIANO N., KOALA J., 2021. Changes in woody vegetation over 31 years in farmed parkland of the central plateau, Burkina Faso. *Land*, 10(5):1–16.
26. THIOMBIANO A., KAMPMANN D., 2010. Atlas de la Biodiversité de l’Afrique de l’ Ouest. Tome II. Burkina Faso. Druckerei Grammlich, Pliezhausen, Germany, 760 p.
27. YAMEOGO G., OUEDRAOGO H., YELEMOU B., 2019. Dynamique de la biodiversité des parcs agroforestiers de Vipalogo en zone nord soudanienne du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*,13(6):2765-2776.
28. YAMEOGO G., YELEMOU B., BOUSSIM I., TRAORE D., 2013. Gestion du parc agroforestier du terroir de Vipalogo (Burkina Faso) : contribution des ligneux à la satisfaction des besoins des populations. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*,7(3):1087–1105.
29. YAMEOGO J T., SOME A N., LYKKE A M., HIEN M., NACRO H B., 2013. Restauration des potentialités de sols dégradés à l’ aide du zaï et des cordons pierreux à l’ Ouest du Burkina Faso. *Tropicultura*, 31 (4):224–30.
30. YELEMOU B., BATIONO B A., YAMEOGO G., MILLOGO-RASOLODIMBY J., 2007. Gestion traditionnelle et usages de *Piliostigma reticulatum* sur le Plateau central du Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 291(1):55–66.
31. ZONGO K F., HIEN E., DREVON J-J., BLAVET D., MASSE D., CLERMONT-DAUPHIN C., 2016. Typologie et logique socio-économique des systèmes de culture associant céréales et légumineuses dans les agro-écosystèmes soudano-sahéliens du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*,10(1):290–312.
32. ZOUGMORE R., JALLOH A., TIORO A., 2014. Climate-smart soil water and nutrient management options in semiarid West Africa:a review of evidence and analysis of stone bundsand zaï techniques. *Agriculture & Food Security*, 3 (16), 8 p.