

Effets de différents types d'occupation de sol sur la composition, la diversité et la densité de la banque de graines du sol

Drissa SANOU^{1*},
Wendlassida Idrissa SANKARA¹,
Lassina SANOU²,
Didier ZIDA²
Patrice SAVADOGO²,
Mipro HIEN¹

Résumé

Les plantations forestières sont souvent perçues comme une niche pour la conservation de la biodiversité dans les écosystèmes dégradés. Cette étude analyse l'influence de différents types de plantations sur la capacité de régénération des espèces locales à partir de la banque de graines du sol. Le potentiel séminal de régénération d'une jachère et de trois types de plantations (*Senegalia macrostachya*, *Pterocarpus erinaceus* et une structure mixte) a été étudié à travers la collecte et la mise en germination en milieu contrôlé de 1248 carottes de sol. Les résultats révèlent que la banque de graines du sol est exclusivement constituée d'herbacées (26 espèces), indiquant ainsi une stratégie de survie rapide de ces espèces face aux perturbations environnementales. Par ailleurs, la plantation mixte enregistre la plus forte densité (47 graines/dm³), montrant ainsi l'effet de la diversité des ligneux épigés sur la production du stock de semences dans le sol. Le potentiel de régénération est très superficiel, 60 % des graines se concentrent dans les 5 premiers centimètres du sol. Aucune espèce ligneuse n'a germé, révélant une absence de semences ou une dormance non levée. La forte dissimilarité de la banque de graine du sol avec la végétation de surface (indice de Bray-Curtis > 74 %) s'explique par une forte présence d'espèces annuelles. Les plantations accumulent un stock important de graines d'espèces herbacées dans le sol contrairement aux graines d'espèces ligneuses. Pour une restauration écologique complète de ces écosystèmes,

¹ Université Nazi Boni, Institut du développement rural 01 BP 1091, Bobo-Dioulasso Burkina Faso, , Burkina Faso.

² Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Burkina Faso

***Auteur Correspondant :** Drissa SANOU ; drissasanou44@gmail.com; Tel : 07733276;
<https://orcid.org/0009-0003-5539-5935>.

les interventions directes, comme la plantation active ou des traitements de levée de dormance sont nécessaires.

Mots-clés : Banque de graines du sol, Plantations forestières, Régénération naturelle, Restauration écologique, Stock semencier.

Effects of Plantation Type on the Composition, Diversity, and Density of the Soil Seed Bank.

Abstract

Forest plantations are often perceived as a niche for biodiversity conservation in degraded ecosystems. This study analyzes the influence of different plantation types on the regeneration capacity of local species from the soil seed bank. The seed-based regeneration potential of a fallow land and three plantation types (*Senegalia macrostachya*, *Pterocarpus erinaceus*, and a mixed-species stand) was evaluated by collecting and germinating 1,248 soil cores under controlled conditions. The results reveal that the soil seed bank is exclusively composed of herbaceous plants (26 species), indicating a rapid survival strategy of these species in response to environmental disturbances. Furthermore, the mixed plantation recorded the highest density (47 seeds/dm³), highlighting the positive effect of aboveground woody diversity on soil seed stock production. The vertical distribution of the seed bank is mostly concentrated near the surface, with 60% of the seeds located within the top 5 cm of soil. No woody species germinated, revealing either an absence of seeds or unbroken dormancy. The high dissimilarity in species composition between the soil seed bank and the aboveground vegetation (Bray-Curtis index > 74%) is explained by a strong prevalence of annual species in the soil. Forest plantations accumulate a substantial stock of herbaceous seeds in the soil, in contrast to woody seeds. For full ecological restoration of these ecosystems, direct interventions such as active planting or dormancy-breaking treatments are necessary.

Keywords: Soil seed bank, Burkina Faso, Forest plantations, Natural regeneration, Ecological restoration.

Introduction

Les forêts jouent un rôle très important en matière de développement économique et au maintien de la biodiversité (Arroyo-Rodríguez *et al.* 2020). Ainsi, la biodiversité nécessite une forte préservation et doit impliquer tous les acteurs intervenants dans le domaine et les décideurs pour qu'un équilibre soit trouvé entre les besoins des communautés rurales et les exigences de la conservation (Rouxel, 2010). Au cours des dernières décennies, de nombreuses initiatives mondiales et politiques nationales de conservation, telles que l'extension des réseaux d'aires protégées et la mise en œuvre de programmes de restauration des écosystèmes dégradés, ont été

déployées pour enrayer la dégradation de l'environnement. Néanmoins, en dépit de ces efforts, l'érosion de la biodiversité se poursuit à un rythme alarmant à l'échelle mondiale (IPBES, 2019 ; CBD, 2020). Les causes sont fortement imputables aux changements rapides dans l'utilisation des terres, la surexploitation des ressources naturelles, la pollution, la prolifération d'espèces exotiques envahissantes ou encore des changements climatiques (Pawson *et al.*, 2013). Face à cette situation, de nombreuses stratégies ont été entreprises par les États. La plus courante repose sur le boisement quantitatif, où la disparition des forêts naturelles est palliée par des plantations d'espèces d'arbres, en majorité exotiques. (Basto *et al.*, 2020). En Afrique, l'introduction des premières plantations monocultures remonte au XIX^{ème} siècle avec l'implantation de l'Eucalyptus en Algérie (1854), Madagascar (1890), Ethiopie (1895), Rwanda (1900), Burundi et du teck au Nigeria (1902), Ghana (1905), Côte d'Ivoire (1929) (Mallet, 2021).

Au Burkina Faso, les plantations monospécifiques comprennent principalement des espèces exotiques à croissance rapide telles que *Anacardium occidentale* L., *Mangifera indica* L., *Eucalyptus* spp., *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm., *Tectona grandis* L.f., *Senna siamea* (Lam.) H.S.Irwin & Barneby (MEEVCC, 2018). Cependant, les scientifiques ne sont pas unanimes de l'impact de ces ligneux, nouvellement introduites, sur les espèces natives (Lipoma *et al.*, 2020). Certains insistent sur les impacts négatifs (inhibition de la germination des graines et de la croissance des plantules), dû à leur effets allélopathiques sur la conservation de la biodiversité, la composition et la régénération des espèces locales (Wu *et al.*, 2023). Tandis que d'autres soulignent le rôle inattendu de ces plantations, qui offrent des habitats de substitution pour la restauration, la régénération et l'amélioration de la diversité biologique des espèces autochtones (Bekele *et al.*, 2022;).

En effet, ces plantations pourraient contribuer à accroître la diversité floristique de la banque de graines du sol en piégeant les graines à travers l'affaissement ou la perméabilité des sols à travers leurs racines et la litière produite (Plue et Hermy, 2012). La banque de graines du sol (BGS) se définit comme étant l'ensemble des graines viables présentes dans le sol et dans la litière supérieure, capables de remplacer les plantes adultes dans un écosystème (Olusola et Adeboyejo, 2024). Elle reflète l'héritage des communautés végétales passées et constitue une réserve essentielle pour la régénération future

des plantes, assurant leur survie dans leur environnement (Bato *et al.*, 2023). La plupart des graines de la banque de graines du sol proviennent des plantes mères voisines, tandis que d'autres graines sont fournies par les communautés de plantes éloignées des plantes mères via les agents disséminateurs.

Par ailleurs, les plantations créent certaines conditions telles que la modification du microclimat (Jetsch *et al.*, 1996 ; Bertiller, 1998) , la production de la litière , l'accumulation des nutriments sous canopée (Belsky *et al.*, 1993; Scholes et Archer 1997), l'humidité du sol (Ludwig *et al.*, 2001 ; 2003 ; 2004) et l'ombre (wilson, 1989 ; Belsky, 1994 ; Ludwig *et al.*, 2001). Ces conditions sont propices à la dispersion, aux captures des graines, à l'enfouissement, à la viabilité des graines. Cela permet l'enrichissement de la banque de graines du sol (Belsky *et al.*, 1993 ; Wilson, 1989 ; Jetsch *et al.*, 1996 ; Scholes et Archer 1997 ; Bertiller 1998). La densité et la composition floristique de la banque de graines du sol pourraient différer d'une plantation à une autre en fonction de son âge et du microclimat qu'il favorise (Chen *et al.*, 2013 ; Chima et Kamalu 2016). Ainsi, les forêts secondaires pourraient influencer la banque de graines du sol (Chima et Kamalu, 2016) donc, la biodiversité dans l'aire de son établissement. Cela constituerait un problème dans la conservation de la biodiversité dans ces formations forestières secondaires.

La connaissance de la composition, la densité et la diversité floristique de la BGS fournissent des indications pour l'élaboration de stratégies de gestion durable des plantations et la conservation des espèces indigènes (Bato *et al.*, 2023). Notre étude se fixe pour objectif global d'évaluer l'influence des plantations forestières sur le potentiel de régénération naturelle des espèces locales à partir de la banque de graines du sol (BGS).

Plus spécifiquement, elle vise à :

- déterminer la composition floristique, la diversité et la densité de la BGS dans différents types d'occupation du sol ;
- évaluer la distribution verticale de la banque de graines du sol dans différents types d'occupation du sol.
- analyser la relation entre la végétation aérienne et la banque de graines du sol dans différents types d'occupation du sol.

I. Matériel et méthodes

1.1. Description du site d'étude

Cette étude a été conduite à la station de recherche de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA-Burkina Faso) basée à Saria (12°16'N, 2°09'W, 300 m ;(Figure 1). Le climat est de type Nord-soudanien caractérisé par une saison pluvieuse de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril (Fontès et Guinko, 1995). La moyenne annuelle des précipitations des dix dernières années était $852,03 \pm 102,02$ mm de pluies avec une forte variabilité inter annuelle et le nombre de jours moyen de pluies était de 65 ± 9 jours. Sur la même période, les températures moyennes annuelles fluctuent entre 28°C pour les minima avec des maxima mensuels de 40°C. Les sols de Saria font partis des sols du type ferrugineux tropical lessivé issus d'une roche mère granitique (Sédogo, 1981). La végétation de saria est caractérisée par des herbes de savane, des arbres et des arbustes, ainsi que par un paysage agricole. Les espèces ligneuses dominantes sont *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex G.Don, *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn., *Lannea microcarpa* Engl. & K.Krause, *Senegalia macrostachya* (Rchb. ex DC.) Kyal. & Boatwr., *Faidherbia albida* (Delile) A.Chev., *Guiera senegalensis* J.F.Gmel. et *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst. La strate herbacée est dominée par *Loudetia togoensis* (Pilg.) C.E.Hubb., *Waltheria indica* L., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd. et *Andropogon gayanus* Kunth (Sehoubo et al., 2023) ;).

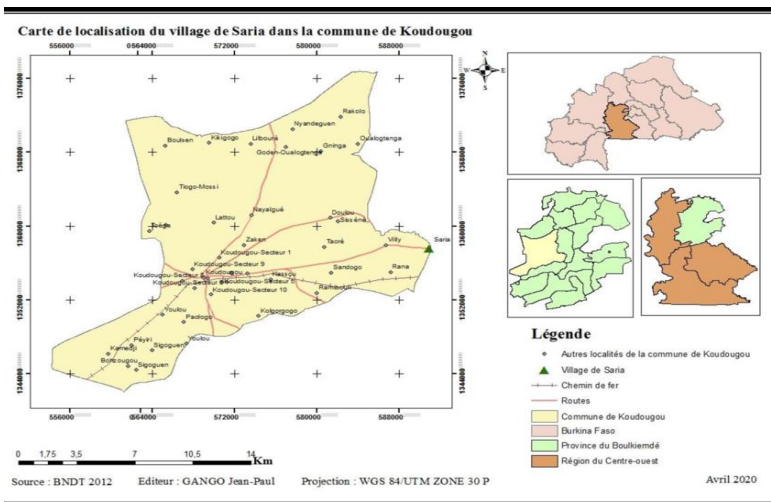


Figure 1 : localisation du site d'étude

1.2. Sélection des sites d'échantillonnage

Afin d'évaluer la composition de la banque de graines du sol, des carottes de sol ont été prélevées au sein de quatre (04) types de plantations distincts à différents, à savoir :

- une plantation mixte d'espèces locales d'une superficie de 4536m² et de 14 ans d'âge ;
- une plantation de *Pterocarpus erinaceus* d'une superficie de 1600m² et de 22 ans ;
- une plantation à *Senegalia macrostachya* d'une superficie de 1600m² et 22 ans d'âge ;
- et une jachère laissée au repos depuis plus de 25 ans.

1.3. Évaluation de la végétation épigée.

Un inventaire exhaustif des espèces ligneuses a été réalisé au sein de chaque parcelle de 2 500 m². Pour les individus multicaules, le diamètre moyen quadratique (dm) a été calculé comme suit :

$$dm = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n di^2}$$

La strate herbacée a été inventoriée en utilisant la méthode des points quadrats alignés (Daget et Poissonnet, 1971) le long d'un transect de 20 m, avec des relevés effectués tous les 20 cm.

1.4. Collecte des échantillons de la banque de semences du sol

Des échantillons de sol ont été prélevés dans les quatre types d'occupation de sol (Figure.2) en avril-mai 2025 de tel sorte à n'obtenir la germination des graines à longue durée de vie dont la période de dispersion est relativement longue soit 4 à 8 mois dans l'année (Garwood ,1989 ; Sanou *et al.*, 2018, 2019). Dans chacun des quatre plantations, nous avons placé de façon randomisée quatre (4) parcelles unitaires de 10 m × 10 m (Figure 2). Les échantillons ont été prélevés en martelant un cadre en métal creux de 15 cm x 15 cm dans le sol. Vingt et cinq (25) placettes de 2 m x 2 m ont été matérialisées dans chaque parcelle principale (Fig.2). Treize (13) de ces placeaux ont été systématiquement sélectionnés pour les prélèvements, en veillant à laisser une placette vide entre chaque placette de prélèvement (Savadogo *et al.*, 2017). Sur les placeaux identifiés, les prélèvements de sol ont été réalisés aux extrémités opposées des diagonales et ont été alternés d'une ligne à l'autre sur les diagonales

(Zida *et al.*, 2020). Cela a permis de disposer au total 26 points de prélèvements par parcelle (Figure 2). Au total 1248 échantillons de sol ont été prélevés (26 fosses de banques de semences $\times$ 4 types de plantation $\times$ 3 profondeurs $\times$ 4 répétitions). Les échantillons de chaque placette et couche de profondeur ont été ensuite mélangés pour former un échantillon homogène/composite et représentatif (Diawara, 2012). Cela a permis de disposer de 16 échantillons composites par type de plantation, soit au total 48 échantillons.

Les échantillons composites de sol ont été transférés dans des sacs en plastique, étiquetés, scellés et transportés dans la serre pour incubation. Ils ont été répartis en couche mince dans des plateaux de germination en polypropylène et arrosés par un système automatique de sprinklers suspendus afin de maintenir le sol humide (Sanou, 2019).

Les plateaux ont été placés sur des palettes à l'intérieur de la serre pour éviter tout contact avec une source de contamination. De plus, 10 plateaux contenant du sable stérilisé ont été placés au hasard dans toute la serre afin de déterminer s'il y avait une contamination en suspension dans l'air. Chaque semaine, tous les plateaux de germination ont été contrôlés pour détecter les semis émergents. Les semis émergents ont été identifiés (son espèce et son type biologique), comptés et enlevés. Ceux qui au stade juvénile sont difficilement discernables ont séjourné plus longtemps dans les plateaux jusqu'à leur détermination.

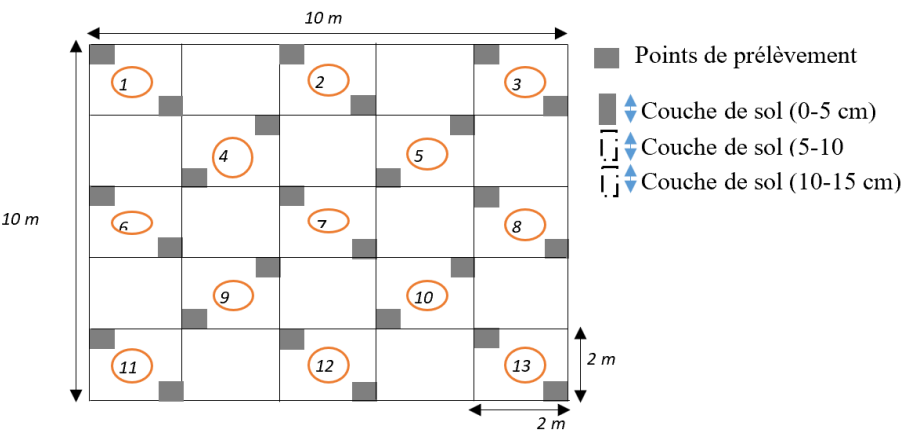


Figure 2 : Dispositif d'échantillonnage du sol.

1.5. Collecte et analyse des données

Les paramètres liés à la composition des espèces et à la structure de la végétation ont d'abord été l'objet d'une analyse de variance à un facteur (ANOVA) avec le logiciel R pour évaluer les différences entre les parcelles étudiées (Zida *et al.*, 2020). En cas de différences significatives entre les moyennes des traitements, des comparaisons par paires ont été effectuées à l'aide du test de Tukey, avec un seuil de signification fixé à 5 %.

Le nombre de graines germées et la richesse spécifique ont été agrégés par parcelle et par couche d'échantillonnage du sol, puis convertis en densité (nombre de plantules par dm³) (Sanou *et al.*, 2018b). Pour évaluer la distribution verticale des graines selon les types de plantations, les plantules de chaque couche similaire ont été combinées afin de déterminer la densité par profondeur d'échantillonnage. La densité de plantules a été calculée grâce à la formule :

$$Densité' = 100 \times \frac{\text{Nombre total cumulé de plantules}}{\text{Volume de sol par plateau en polypropylène}}$$

Avant toute analyse, les données ont été explorées selon le protocole établi par (Zuur *et al.*, 2010) et adopté par (Savadogo *et al.*, 2017). Étant donné la nature des données, un modèle linéaire généralisé (GLM) avec une distribution de Poisson a été utilisé pour tenir compte des erreurs non normales et de la variance croissante en fonction des moyennes (Sanou *et al.*, 2022).

Le modèle a été formulé comme suit dans le logiciel R 2024 (version 4.4.1) en utilisant le package « stats », $N_{isk} \sim P(\exp(\mu + \alpha_s + \beta_k + \gamma_{sk}))$, où

N_{isk} représente le nombre de plantules par unité de surface s dans la parcelle i du site k .

P indique la distribution de Poisson,

μ est la moyenne générale,

α_s l'effet de plantations à différent âge,

β_k l'effet de la profondeur d'échantillonnage,

et γ_{sk} l'interaction entre le traitement et la profondeur.

Si une sur-dispersion est détectée lors de l'examen des erreurs résiduelles, les analyses ont été ajustées en appliquant une vraisemblance quasi-pénalisée avec une erreur de type Poisson (Diawara, 2012).

La similitude de la composition des espèces entre la banque de graine du sol et la végétation aérienne sera évaluée pour chaque peuplement à l'aide de la méthode de similarité de Bray-Curtis. à l'aide de l'indice de similarité de Bray-Curtis : indice de similarité (%) = $2c / (a + b) \times 100$, où a est le nombre total d'espèces dans la banque de graine du sol, b le nombre total d'espèces dans la végétation aérienne et c le nombre total d'espèces communes à la banque de graine du sol et à la végétation aérienne (Plue et al, 2021).

II. Résultats

2.1. Composition floristique et structure végétale de la banque de graine du sol des types de plantations à différent âge.

Au total, 26 espèces herbacées, représentées par 24 genres et 11 familles ont émergées des échantillons de sol incubés (Tableau I). Trois espèces, à savoir *Cyperus sp*, *Euphorbia hirta* L., et *Pennisetum pedicellatum* Trin., étaient communes aux quatre sites. Cependant certaines espèces comme *Achyranthes aspera* L., *Alysicarpus ovalifolius* (Schumach.) J.Léonard, *Brachiaria distichophylla* (Trin.) Stapf, *Cynodon dactylon* (L.) Pers, *Rottboellia exaltata* L.f., et *Triumfetta rhomboidea* Jacq., n'ont germées que dans des plots spécifiques à certains sites. Avec 11 espèces, les *Poaceae* étaient la famille la plus abondante (42%), suivies des *Malvaceae* (15%), les *Fabaceae* et les *Rubiaceae* (8% chacune).

2.2. Effet des types d'occupation du sol sur la densité et la richesse des banques de graines du sol

L'analyse de la densité de la BGS à l'aide d'un Modèle Linéaire Généralisé (GLM) montre que le type de plantation, la profondeur du sol ainsi que leur interaction exercent un effet significatif (p-value < 0,05 ; Tableau II). En revanche, concernant la richesse spécifique, seule la profondeur du sol présente un effet significatif (p-value < 0,05). Ni le type de plantation (p > 0,05), ni l'interaction entre le type de plantation et la profondeur (p > 0,05) n'influencent

significativement le nombre d'espèces présentes dans la banque de graines.

Tableau I : Inventaire des espèces émergées de la BGS par types de plantations.

N0	Genre et espèces	Familles	Note			
			Sema	Pter	Jachère	Mixte
1.	<i>Achyranthes aspera</i> L.	<i>Amaranthaceae</i>	1	0	0	0
2.	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schumach.) J.Léonard	<i>Fabaceae</i>	0	1	0	0
3.	<i>Andropogon pseudapricus</i> Stapf	<i>Poaceae</i>	0	0	1	1
4.	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	<i>Nyctaginaceae</i>	1	1	0	0
5.	<i>Brachiaria distichophylla</i> (Trin.) Stapf	<i>Poaceae</i>	0	0	0	1
6.	<i>Brachiaria lata</i> (Schumach.) C.E. Hubb.	<i>Poaceae</i>	1	0	1	1
7.	<i>Brachiaria Xantoleuca</i> Nees	<i>Poaceae</i>	0	1	0	0
8.	<i>Corchorus tridens</i> L.	<i>Malvaceae</i>	0	1	0	1
9.	<i>Cyanotis lanata</i> Benth	<i>Commelinaceae</i>	1	0	0	1
10.	<i>Cynedon dactylon</i> (L.) Pers	<i>Poaceae</i>	1	0	0	0
11.	<i>Cyperus</i> sp	<i>Cyperaceae</i>	1	1	1	1
12.	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	<i>Poaceae</i>	0	1	1	1
13.	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	<i>Poaceae</i>	1	0	1	1
14.	<i>Euphorbia hirta</i> L.	<i>Euphorbiaceae</i>	1	1	1	1
15.	<i>Hyptis suaveolens</i> Poit.	<i>Lamilaceae</i>	1	1	0	1
16.	<i>Kohautia senegalensis</i> Cham. & Schltdl.	<i>Rubiaceae</i>	0	1	0	0
17.	<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	<i>Poaceae</i>	1	1	1	1
18.	<i>Phyllanthus amarus</i> Schumach. & Thonn.	<i>Phyllantaceae</i>	1	1	1	0
19.	<i>Rottboellia exaltata</i> L.f.	<i>Poaceae</i>	0	0	0	1
20.	<i>Setaria pallide-fusca</i> (Schumach.) Stapf & C.E.Hubb.	<i>Poaceae</i>	0	0	1	0
21.	<i>Sida rhombifolia</i> L.	<i>Malvaceae</i>	0	0	0	1
22.	<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Hiern	<i>Rubiaceae</i>	1	0	1	1
23.	<i>Tephrosia pedicellata</i> Baker	<i>Fabaceae</i>	1	0	1	1
24.	<i>Tripogon minimus</i> (A.Rich.) Steud	<i>Poaceae</i>	1	0	1	0
25.	<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.	<i>Malvaceae</i>	1	0	0	0
26.	<i>Waltheria indica</i> L.	<i>Malvaceae</i>	1	0	1	0

Sema=Senegalia macrostachya ; Pter=Pterocarpus erinaceus

Une diminution de la densité des graines a été constatée à travers les différents types de végétation. Elle était respectivement de 47, 39, 32 et 19 graines/dm³ pour la plantation mixte, la plantation de *S. macrostachya*, la jachère et la plantation de *P. erinaceus* (Figure 3a).

Tableau II : Modèle linéaire généralisé (GLM) sur la richesse et la densité de la BGS des types d'utilisation du sol

Source de variation	Densité				Richesse spécifique			
	ddl	Chi²	p-value	Sign.	Ddl	Chi²	p-value	Sign.
Type de plantation (P)	3	175,76	< 0,0001	***	3	1,868	0,6	ns
Profondeur (D)	2	543,52	< 0,0001	***	2	20,523	<0,0001	***
P × D	6	23,87	<0,0001	***	6	2,147	0,9	ns

Aucune différence notable n’a été notée concernant la richesse spécifique, mais le nombre moyen d’espèce identifiée variait quelque peu selon les sites, dont 6 espèces dans la plantation de *S. macrostachya*, 5 respectivement dans la plantation mixte et la jachère et 4 dans la plantation de *P. erinaceus* (Figure 3b). Un gradient vertical décroissant très net est observé le long du profil du sol, tant pour l’abondance des semences que pour la richesse spécifique (Figures 3c et 3d). La densité moyenne des graines décline de plus de moitié entre la couche superficielle (0–5 cm , 60 graines/dm³) et la couche intermédiaire (5–10 cm , 30 graines/dm³), pour atteindre son niveau le plus bas en profondeur (10–15 cm ,13 graines/dm³). La richesse spécifique suit la même tendance régressive avec respectivement 7, 5 et 4 espèces identifiées du sommet vers la profondeur du profil.

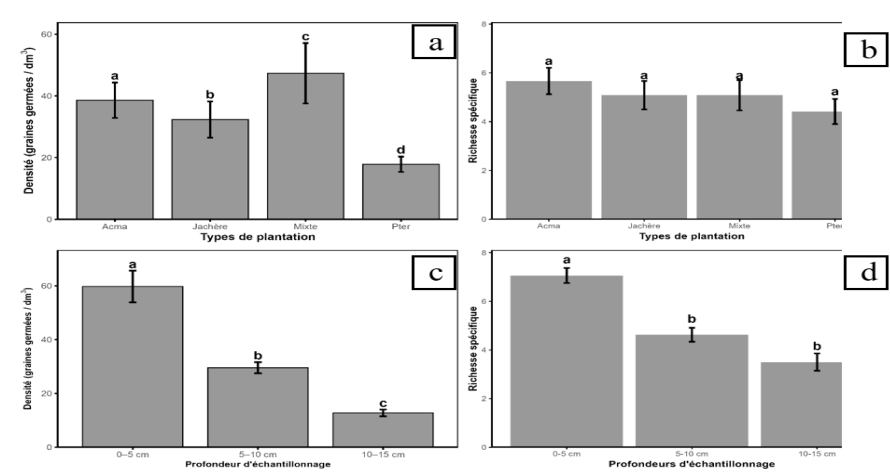


Figure 3 : Densité et richesse spécifique de la BGS des types de types de plantations à différents types d'âge.

2.3. Relation entre les banques de graines du sol et la végétation aérienne

L'analyse de la composition floristique a mis en évidence une faible similarité entre la banque de graines du sol et la végétation aérienne, notamment en ce qui concerne la végétation ligneuse. L'indice de dissimilarité de Bray-Curtis, mesuré entre les deux communautés végétales dans les différents sites était très élevé. Il était de l'ordre de 98% dans la plantation de *P. erinaceus*, 90,5% dans la jachère, 86% dans la plantation de *S. macrostachya* et 74% dans la plantation mixte (Tableau III). Cependant, la composition floristique de la BGS ne représentait que 23% de celle de la population active dans la jachère, 18, 14 et 12%, respectivement dans les plantations de *S. macrostachya*, mixte et *P. erinaceus*. Ce qui montre que certaines espèces recensées dans la BGS étaient absentes dans la population active.

Tableau III : Indice de dissimilarité de Bray-Curtis entre la BGS et la végétation aérienne

Sites/plantations	EC	U-VA	U-BGS	Indice de Bray-Curtis
<i>S. macrostachya</i>	5	23	11	0,86
Jachère	6	20	7	0,90
Mixte	5	38	10	0,74
<i>P. erinaceus</i>	2	12	9	0,98

EC : Espèces communes ; U-VA : Espèces unique à la végétation aérienne ; U-BGS : Espèces unique à la banque de graine du sol.

III. Discussion

3.1. Composition de la banque de graines du sol

Dans l'ensemble des sites étudiés, la BGS était exclusivement composée d'espèces herbacées, dont 65 à 83% sont annuelles. La prédominance de ces espèces pionnières annuelles s'expliquerait autant par leurs stratégies de dispersion que par la longévité de leurs graines, qui serait liée à des adaptations particulières (Zerbo *et al.*, 2017; Khenfer *et al.*, 2019). Les familles dominantes étaient les Poaceae, les Fabaceae, les Malvaceae, les Rubiaceae et les Cyperaceae. Ce spectre floristique est très comparable à celui rapporté par Sanou *et al.* (2018b) et Zida *et al.* (2020) dans les formations

savanicoles de la zone nord-soudanienne.,. D'après Zizka *et al.* (2015), il s'agit des familles les plus rencontrées dans les savanes ouest-africaines, soumises à de nombreuses perturbations écologiques (feux, pâturage, labour, etc.). Contrairement à certaines études (Sanou *et al.*, 2018b ; Sanou *et al.*, 2023), aucune espèce ligneuse n'a émergé à partir de nos échantillons de sol malgré la présence de pieds ligneux adultes. Ce qui suggère que les graines des ligneux étaient soit absentes du stock semencier actif, soit dormantes (Koutouan-Kontchoi *et al.*, 2020). En effet, la méthode d'estimation des graines viables, basée sur l'incubation directe des échantillons, pourrait expliquer par la présence d'une dormance potentielle, puisque aucun traitement de levée de dormance n'a été appliqué pour évaluer la capacité de régénération naturelle des espèces du stock semencier du sol. L'absence des ligneux dans les échantillons incubés pourrait aussi indiquer que la banque de graine du sol de ses écosystèmes soumis à la restauration à travers les plantations forestières et les jachères sont pauvre en semences ligneuses viables d'espèces indigènes. En effet, dans ces écosystèmes, les réservoirs de graines ne sont pas toujours efficaces pour restaurer la végétation aérienne, car ils sont souvent composés de quelques espèces seulement, généralement des adventices (Lipoma *et al.*, 2020). Egalement, cette absence de graines des ligneux dans la BGS montre que la régénération d'espèces ligneux indigènes dans les plantations forestières au Burkina Faso dépend très peu de la banque de graines permanente du sol de ces espèces (Zida *et al.*, 2007, Ky-Dembele *et al.*, 2007) mais plutôt, par rejets de souches ou sur des graines à cycle de vie courte ou banque transitoire.

3.2. Distribution verticale et horizontale des graines dans le sol.

L'analyse de la distribution verticale des graines a révélé une densité élevée des graines et des espèces dans la couche superficielle du sol (0-5 cm). Ces résultats corroborent ceux de Bekele *et al.* (2022); Zebaze *et al.* (2021); Sanou *et al.* (2022a); Olusola et Adeboyejo, (2024) qui ont également observé que les densités et richesses spécifiques maximales de graines se situe dans les trois à cinq premiers centimètres du sol. Cela pourrait s'expliquer par le fait que cette couche est généralement constituée de graines nouvellement dispersées dans la BGS, donc encore viables (Zida *et al.*, 2020; Tóth *et al.*, 2024). Il convient également de noter que la viabilité de la plupart des graines diminue avec la profondeur d'enfouissement, ce qui limite leur aptitude à la germination à mesure qu'elles s'enfoncent dans le sol (Buss et Pinno, 2019). Ces résultats soulignent l'importance

de la couche arable du sol pour la régénération naturelle des espèces, un rôle qui semble étroitement lié à la diversité floristique de la végétation.

En termes de distribution horizontale, des différences notables ont été observées entre sites sur la densité des graines. Les plus fortes densités, enregistrées dans la plantation mixte des 12 espèces locales s'expliqueraient par la diversité des espèces qui auraient permis une production en quantité des graines (Bekele *et al.*, 2022). En revanche, l'ombrage créé par la plantation de *P. erinaceus*, semble avoir réduit la pénétration de la lumière dans le sous-bois, ce qui aurait limité le développement d'une biomasse importante d'herbacée. Ces résultats concordent avec ceux de (Bato *et al.*, 2023), qui ont mis en évidence une diminution significative de la quantité de graines dans quatre types de plantations d'espèces exotiques denses.

3.3. Relation entre la BGS et la végétation aérienne

Les résultats ont révélé une faible similarité entre la composition floristique de la BGS et celle de la végétation aérienne dans tous les sites. Des résultats similaires ont été rapportés par plusieurs auteurs dans des contextes d'occupation du sol comparables (Bittnerová *et al.*, 2018; Shibu *et al.*, 2021). Certains auteurs ont montré que cette différence de composition pourrait s'expliquer par la proportion d'espèces annuelles et vivaces dans les deux compartiments (Wu *et al.*, 2023). En effet, la BGS est généralement plus riche en espèces herbacées annuelles qu'en espèces pérennes, ces dernières produisant peu de graines, souvent de courte longévité (Fabšičová *et al.*, 2024). Ce qui peut les rendre moins aptes à constituer une banque de graines persistante dans le sol. Aussi la faible similarité entre la composition floristique de la BGS et celle de la végétation aérienne dans tous les sites peut aussi s'expliquer par l'âge de la plantation qui aurait un impact sur la stabilité de ces écosystèmes soumis à la restauration. En effet, la similarité entre la banque de graine sol et la végétation épigée augmente avec l'âge de plantation (Bossuyt et Honnay, 2008, Wang *et al.*, 2020) car les communautés de plantation ont tendance à se stabiliser après plus de 20 ans de développement plutôt que de connaître une homogénéisation des espèces végétales (Zhang *et al.*, 2020).

Conclusion

Cette étude avait pour objectif global d'évaluer l'influence des types de plantations sur le potentiel de régénération naturelle des espèces locales à partir de la banque de graines du sol. Elle a permis mettre en lumière la dynamique complexe de la régénération naturelle sous différents types de plantations en zone nord-soudanienne. Les plantations, qu'elles soient monospécifiques (*S. macrostachya*, *P. erinaceus*) ou mixtes ont influencé significativement la densité et la diversité de la banque de graines du sol. La plantation mixte, par sa structure plus complexe a accumulé plus de graines tandis que la jachère et les plantations de *S. macrostachya* conservent une plus grande richesse spécifique. Cependant, la banque de graines du sol reste quasiment dominée par des espèces herbacées annuelles, principalement des *Poaceae*. Un constat majeur de cette étude est l'absence totale de germination des espèces ligneuses dans les échantillons de sol. En définitive, bien que les plantations forestières favorisent l'accumulation de certaines graines, la composition floristique du stock semencier du sol ne saurait à elle seule garantir la restauration écologique des écosystèmes. L'intervention humaine à travers la plantation directe d'espèces cible ou la levée assistée de la dormance des graines ligneuses serait nécessaire.

Conflit d'intérêt

Tous les auteurs déclarent qu'il n'existe aucun conflit d'intérêt.

Contribution

SD, SL et MH ont formulé la thématique, SL a facilité l'obtention des financements pour cette étude. SD, SL et SWI ont conduit les travaux recherche sur terrain sous la supervision de MH. SD, SWI et SL ont conduit les analyses de données. SL, SP ont fournis le matériel d'échantillonnage et de collecte. SL, MH, ZD et SP ont assuré la supervision des travaux de recherche tout au long de cette étude.

Références bibliographiques

Arroyo-Rodríguez, V., Fahrig, L., Tabarelli, M., 2020. Designing optimal human-modified landscapes for forest biodiversity conservation. *Ecology Letters*, 23(9), 1404-1420.

Bato, Y., Bekele, T., & Demissew, S., 2023. Impact of different exotic tree plantation species on soil seed bank composition, distribution, and density in the central highland of Ethiopia. *International Journal of Forestry Research*, 2023.

Bekele, M., Demissew, S., Bekele, T., & Woldeyes, F., 2022. Soil seed bank distribution and restoration potential in the vegetation of Buska Mountain range, Hamar district, southwestern Ethiopia. *Heliyon*, 8(11), e11244. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11244>.

Belsky, A.J., Mwonga, S. M., Amundson, R. G., Duxbury, J. M., & Ali, A. R., 1993. Comparative Effects of Isolated Trees on Their Undercanopy Environments in High- and Low-Rainfall Savannas. *Journal of Applied Ecology*, 30(1), 143–155. <https://doi.org/10.2307/2404278>.

Bittnerová, S., Ujházy, K., Hegedúšová, K., Škodová, I., Ujházyová, M., & Janišová, M., 2018. Soil seed bank and above-ground vegetation changes during grassland succession: Is space-for-time substitution an alternative to re-sampling? *Tuexenia*, 38, 347–370. <https://doi.org/10.14471/2018.38.021>

Bossuyt, B., & Honnay, O., 2008. Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science*, 19(2), 239–252. <https://doi.org/10.3170/2008-8-18462>

Chen, H., Cao, M., & Tang, Y., 2013., Soil seed banks in plantations and tropical seasonal rainforests of Xishuangbanna, South-West China. *Journal of Tropical Forest Science*, 25(3), 375–386.

Buss J. et Pinno, B. D., 2019. Soil stockpile seed viability declines with depth and is impacted by surface vegetation. *Journal of the American Society of Mining and Reclamation*, 8(1), 23–38. <https://doi.org/10.21000/JASMR19010023>

Fabšičová, M., & Vymyslický, T., 2024. The importance of soil seed banks for biodiversity restoration in degraded grasslands. *Folia Geobotanica*, 59(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s12224-024-09452-x>.

CBD (2020). *Global Biodiversity Outlook 5*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada, 212 pages.

Douh C., Gorel A.P., Dainou K., Fonteyn D., 2019. Banque de graines du sol et déterminants de la germination du tali, *Erythrophleum*

suaveolens (Guill. & Perr.) Brenan. *Bois & Forêts des Tropiques*, 338 : 43-54. DOI : 10.19182/bft2018.338.a31681

FAO.,2015. *Global Forest Resources Assessment*. Rome : FAO.

Fontès, J., et Guinko, S.,1995. *Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso*. Toulouse: CNRS.

Galloway, A. D., Holmes, P. M., Gaertner, M., & Esler, K. J., 2017. The impact of pine plantations on fynbos above-ground vegetation and soil seed bank composition. *South African Journal of Botany*, 113, 300-307.

Garwood, N. C. (1989). ***Tropical soil seed banks: A review***. In

Huc, S., Saatkamp, A., Jacob, F., & Abdulkhak, S., 2019. Effets d'une crue sur la banque de semences du sol des habitats riverains dans les Alpes du Sud, France. *Ecologia Mediterranea*, 45(1), 45-59.

IPBES (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES secretariat, Bonn, Germany, 1148 pages.

Jeltsch, F., Milton, S. J., Dean, W. R. J., & van Rooyen, N., 1996. Tree spacing and coexistence in semiarid savannas. *Journal of Ecology*, 84(4), 583–595. <https://doi.org/10.2307/2261480>

Kasekete, D. K., Kimbuluma, C. K., Bourland, N., Drouet, T., Makana, J.-R., Vasombolwa, K., & Mate, J.-P., 2022. Plantations monospécifiques d'espèces exotiques, déserts biologiques ou îlots de diversité floristique ? Exemple de situations biotiques et abiotiques contrastées au Nord-Kivu en République démocratique du Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*, 352, 3-18. <https://doi.org/10.19182/bft2022.352.a36810>.

Khenfer, B., Chehma, A., & Huguenin, J., 2019. Importance d'une banque de semences du sol pour régénérer des parcours camélins algériens. *Livestock Research for Rural Development*, 31(11), Article 178. <http://www.lrrd.org/lrrd31/11/khenf31178.html>.

Koutouan-Kontchoi, M. N., Phartyal, S. S., Rosbakh, S., & Kouassi, E. K., 2020. Seed dormancy and dormancy-breaking conditions of 12 West African woody species with high reforestation potential in the forest-savanna ecotone of Côte d'Ivoire. *Seed Science and Technology*, 48(1), 89–101. <https://doi.org/10.15258/sst.2020.48.1.12>.

Lipoma, M. L., Fortunato, V., Enrico, L., & Díaz, S., 2020. Where does the forest come back from? Soil and litter seed banks and the juvenile bank as sources of vegetation resilience in a semiarid Neotropical forest. *Journal of Vegetation Science*, 31(3), 433-444. <https://doi.org/10.1111/jvs.12842>.

Plue, J., Cousins, S. A. O., De Frenne, P., & Lindborg, R. (2021). Buffering effects of soil seed banks on plant community composition in response to land use and climate change in temperate forests. *Global Ecology and Biogeography*, 30(6), 1182–1195. <https://doi.org/10.1111/geb.13296>

Pawson, S. M., Brin, A., Brockerhoff, E. G., Lamb, D., Payn, T. W., Paquette, A., & Parrotta, J. A., 2013. Plantation forests, climate change and biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 22(5), 1203–1227. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0458-8>

Mallet, B., 2021. Les nouveaux enjeux des plantations forestières. Feuilles du Flamboyant, (8), 1-23. hal-05178997.

MEVCC., 2018. *Annuaire des statistiques de l'environnement 2018*.

Plue, J., & Hermy, M., 2012. Consistent seed bank spatial structure across semi-natural habitats determines plot sampling. *Journal of Vegetation Science*, 23(3), 505–516. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01361.x>

Rouxel, A., 2010. *Biodiversité et développement durable*. Paris : L'Harmattan.

Salawu, A., 2009. Research stations in West Africa. *Agricultural Systems*, 101, 1–9.

Sanou, L., Zida, D., Savadogo, P., & Thiombiano, A., 2018. Comparison of aboveground vegetation and soil seed bank composition at sites of different grazing intensity around a savanna-woodland watering point in West Africa. *Journal of Plant Research*, 131, 773-788. <https://doi.org/10.1007/s10265-018-1048-3>.

Sanou, 2019. Ecologie de la banque de semences du sol dans trois aires protégées du Burkina Faso et leurs implications pour la restauration des habitats. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou. 203 p.

Sanou, L., Savadogo, P., Zida, D., & Thiombiano, A., 2022. Variation in soil seed bank and relationship with aboveground vegetation across

microhabitats in a savanna-woodland of West Africa. *Nordic Journal of Botany*, 2022(5), e03304. <https://doi.org/10.1111/njb.03304>.

Sanou L., Ouédraogo S., Koala J., Delma J., Thiombiano A. (2023). Productivité intra-annuelle des parcours naturels dans la zone sahélienne du Burkina Faso. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 76, 1-7. DOI : 10.19182/remvt.36966

Scholes, R. J., et Archer, S. R., 1997. Tree–grass interactions in savannas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 517–544.

Sehoubo, Y. J., Meda, M., Kabre, W. O., & Yelemou, B. (2023). Caractérisation et structure de la végétation ligneuse des parcs agroforestiers en zone nord soudanienne au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(2), 325–348. 80(2), 263–267. <https://doi.org/10.1007/BF00380356>

Zebaze, D., Fayolle, A., Daïnou, K., Libalah, M., Droissart, V., Sonké, B., & Doucet, J.-L. (2021). Land Use Has Little Influence on the Soil Seed Bank in a Central African Moist Forest. *Biotropica*, 54, 100-112. <https://doi.org/10.1111/btp.13032>.

Zida, D., Sanou, L., Diawara, S., Savadogo, P., & Thiombiano, A., 2020. Herbaceous seeds dominates the soil seed bank after long-term prescribed fire, grazing and selective tree cutting in savanna-woodlands of West Africa. *Acta Oecologica*, 107, 103607. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103607>.

Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N., Saveliev, A. A., & Smith, G. M., 2010. *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. New York : Springer.