

Banque de graines du sol en relation avec la végétation ligneuse de la forêt sacrée Kouvizoun d'Adakplamè au Bénin

Padonou Antoine Elie^{1,2}, Aholoukpe Mahona Janvier¹, Teteli Clément Soloum^{3*}, Kokou Kokouvi Bruno^{4,5}, Agbahoungba Symphorien³, Tchigossou Bernard¹, Djossa Agossou Bruno¹

¹Université Nationale d'Agriculture, Ecole de Foresterie Tropicale ; BP 43 Kétou, Bénin

² Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP : 526, Cotonou, Bénin ; agbahsympho@gmail.com

³ Unité de Recherche en Mycologie Tropicale et Interaction Plantes-Champignons du Sol, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP 123 Parakou, Bénin

⁴Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale (LBEV), Département botanique, Faculté des sciences (FDS), Université de Lomé (UL), 01 BP 1515, Lomé 1, Togo

⁵African Centre of Excellence in Neglected and Underutilised Biodiversity (ACENUB), University of Mzuzu, P/BAG 201 LUWINGA, Mzuzu, Malawi

(*) Corresponding author: cteteli29@gmail.com

ORCDI des Auteurs :

Elie Antoine Padonou: [0000-0002-5712-2557](https://orcid.org/0000-0002-5712-2557), Clément Soloum Teteli: [0000-0002-5714-2144](https://orcid.org/0000-0002-5714-2144), Kokou Kokouvi Bruno: [0009-0006-0852-1232](https://orcid.org/0009-0006-0852-1232), Symphorien Agbahoungba: [0000-0001-8454-7297](https://orcid.org/0000-0001-8454-7297), Bruno Agossou Djossa: [0000-0002-4033-5126](https://orcid.org/0000-0002-4033-5126)

Comment citer l'article : Padonou Antoine Elie, Aholoukpe Mahona Janvier, Teteli Clément Soloum, Kokou Kokouvi Bruno, Agbahoungba Symphorien, Tchigossou Bernard, Djossa Agossou Bruno (2025) Banque de graines du sol en relation avec la végétation ligneuse de la forêt sacrée Kouvizoun d'Adakplamè au Bénin. *Revue Ecosystèmes et Paysages*, 5(1):1-14pp, e-ISSN (Online): 2790-3230.

doi: <https://doi.org/10.59384/recopays.tg5125>

Reçu : 30 mars 2025

Accepté : 15 juin 2025

Publié : 30 juin 2025



Copyright: Published under a Creative Commons Attribution (CC-BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Résumé

Face à la dégradation croissante des forêts sacrées au Bénin, la conservation de la biodiversité et particulièrement de la régénération des espèces ligneuses devient essentielle. Cette étude évalue la banque de graines du sol dans la forêt sacrée Kouvizoun d'Adakplamè, en lien avec sa végétation ligneuse, pour guider la gestion durable de sa biodiversité. Des échantillons de sol ont été prélevés tous les 100 m dans 9 parcelles de 50 m x 50 m. Pour caractériser la végétation ligneuse, 80 placettes carrées de même dimension ont été installées. Les indices de diversité floristique comme ceux de Shannon et Simpson ont été calculés pour évaluer la richesse et l'équilibre des espèces. Les analyses ont inclus l'abondance, la densité absolue, la fréquence relative et la viabilité des graines à différentes profondeurs. Des tests de germination ont été réalisés sur une période de 6 mois pour estimer le potentiel de régénération. Les structures de diamètre et de hauteur des arbres ont été analysées et ajustées à la distribution théorique de Weibull pour comprendre la dynamique de la population. Les résultats montrent que la densité de graines viables varie selon la profondeur de prélèvement, avec un total de 486 individus/cm³ émergeant durant la germination. L'absence d'espèces ligneuses dans la banque de graines indique un potentiel de régénération limité. La végétation ligneuse est dominée par les familles des Légumineuses suivies des Sterculiaceae. Elle présente une hauteur moyenne (Hm) de 26,27 m, un diamètre moyen (Dm) de 38,95 cm et un volume total estimé à 185,31 m³. Les indices de diversité révèlent une flore diversifiée et peu perturbée, soulignant l'importance de la forêt sacrée comme refuge de biodiversité. Ces résultats appellent à des mesures de conservation pour préserver les espèces ligneuses et renforcer la résilience écologique de cet écosystème.

Mots clés : Banque de graine du sol, inventaire, diversité floristique, forêt sacrée de Kouvizoun, Bénin

Abstract

Faced to the increasing degradation of sacred forests in Benin, the conservation of biodiversity, particularly, the regeneration of woody species, is becoming essential. This study assesses the soil seed bank in the Kouvizoun sacred forest of Adakplamè, in relation to its woody vegetation, to guide the sustainable management of its biodiversity. Soil samples were taken every 100 m in 9 plots measuring 50 m x 50 m. To characterise the woody vegetation, 80 square plots of the same size were installed and floristic diversity indices such as the Shannon and Simpson indices, were calculated to assess species richness and balance. Analyses included abundance, absolute density, relative frequency and viability of seeds at different depths. Germination tests were carried out over a period of 6 months to estimate regeneration potential. The diameter and height structures of the trees were analysed and fitted to the theoretical Weibull distribution to understand the population dynamics. The results show that the density of viable seeds varies according to sampling depth, with 486 individuals/cm³ emerging during germination. The absence of woody species in the seed bank indicates limited regeneration potential. The Leguminosae families, followed by the Sterculiaceae, dominate the woody vegetation. The vegetation has an average height (Hm) of 26.27 m, an average diameter (Dm) of 38.95 cm and an estimated total volume of 185.31 m³. The diversity indices reveal a diverse and undisturbed flora, underlining the importance of the sacred forest as a biodiversity refuge. These results call for conservation measures to preserve woody species and strengthen the ecological resilience of this ecosystem.

Keywords : Soil seed bank, inventory, floristic diversity, Kouvizoun sacred forest, Benin

1. Introduction

Les paysages forestiers tropicaux sont soumis à un problème de destruction continue sous les effets conjugués des facteurs anthropiques (Charbel and Hassan 2021) et climatiques (Djoufack 2011; Manetsa 2011, Kokou et al. 2025) de plus en plus prononcée. Néanmoins, dans la zone guinéenne du Bénin, subsistent encore quelques îlots de forêts denses parmi lesquelles sont bien placées les forêts sacrées qui sont conservées à cause de la crainte des divinités que ces forêts abritent, les rituels qui y sont rattachés, la force du système de sanction communautaire ainsi que leurs multiples utilités culturelles et culturelles (Kokou and Sokpon 2006 ; DGFRN 2012).

Cependant, cette crainte des forêts sacrées diminue et sont en proie à de fortes pressions anthropiques (Kokou and Sokpon 2006 ; Mehu 2012 ; Padonou et al. 2019, Ndiaye et al. 2024, Kokou et al. 2024, Teteli et al. 2024). Très protégées auparavant pour leur rôle culturel, culturel, social et de conservation de la biodiversité, ces forêts sacrées sont de nos jours sous l'effet des pressions démographiques et menacées de disparition (Padonou et al. 2019 ; FAO and PNUE 2020). Selon Africanews (2023), 45 % des forêts sacrées au Bénin sont perdues entre 2001 et 2012. Cette régression des forêts est due aux activités humaines (expansion agricole, la déforestation, le surpâturage, etc) dans le but de satisfaire les besoins socio-économiques des populations locales de plus en plus croissante (Biaou et al. 2019; Teteli et al. 2023 ; Kokou et al. 2023 ; Koffi-Ndéré et al. 2024 ; Diagne et al. 2024, Gnonyi et al. 2024).

Malgré ces multiples pressions, les forêts se rétablissent via différentes voies, le potentiel séminal édaphique qui constitue une stratégie de régénération très efficace (Tesfaye et al. 2010). Encore appelé banque de graines du sol, le potentiel séminal édaphique désigne l'ensemble de graines viables présentes dans le sol (Roberts 1981). Elle est composée de la banque des graines éphémère, récalcitrante ou transitoire et de la banque de graines persistante ou orthodoxe. Les diaspores étant plus résistantes aux conditions extrêmes que la plante elle-même (Chang et al., 2001), la banque de graines constitue une stratégie de conservation génétique des espèces (Bakker et al. 1996).

Plusieurs études ont révélé que la banque de graines est dominée par les espèces pionnières (Daïnou et al. 2011 ; Lacerda et al. 2016 ; Soares and Laurito 2017 ; Douh et al. 2018). Toutefois, le potentiel végétatif de la banque de graines du sol est intensément sollicité dans plusieurs programmes de restauration des forêts et écosystèmes dégradés à travers le monde notamment en Asie et

en Amérique, mais faiblement en Afrique (Douh et al. 2014). La restauration écologique axée sur la banque de graines du sol est la solution la plus efficace pour la restauration des milieux assujettis à une extraction minière (Lamb 2011).

Au Bénin, très peu d'études existent sur la banque de graines du sol malgré son importance indéniable tant dans la conservation, l'aménagement que dans la restauration des forêts et terres dégradées. Pourtant, la connaissance de cette dernière apparaît nécessaire pour une gestion durable des forêts (Duliere 2001). La présente étude vise donc à évaluer la banque de graine du sol de la forêt sacrée de Kouvizoun d'Adakplamè en relation avec sa végétation ligneuse. Plus spécifiquement, cette étude vise à (i) évaluer la banque de graines du sol de la forêt sacrée Kouvizoun d'Adakplamè et (ii) caractériser la végétation ligneuse de ces deux forêts sacrées.

2. Matériel et Méthodes

2.1 Description du milieu d'étude

L'étude a été conduite dans la forêt sacrée Kouvizoun, située dans la Commune de Kétou (Figure 1). Avec une superficie de 737 ha (MEHU 2012), elle est située dans la zone de climat subéquatorial avec une température moyenne mensuelle de 27,1 °C variants de 25°C en août à 29,1 °C en février. La pluviosité est en moyenne annuelle de 1191,5 mm (Akoègninou et al. 2006). Sur le plan pédologique, deux types de sols sont rencontrés : les sols ferrallitiques faiblement désaturés et les sols ferrugineux tropicaux bien drainés. La végétation est une mosaïque de jachères, de champs, de plantations et de forêts denses humides semi-décidues (Akoègninou et al. 2006). Les ethnies dominantes sont les Mahis et les Nagots. Les principales activités économiques des populations sont l'agriculture et la pêche. Outre ces deux activités, les populations pratiquent les activités telles que l'exploitation forestière, l'élevage, la chasse et l'artisanat.

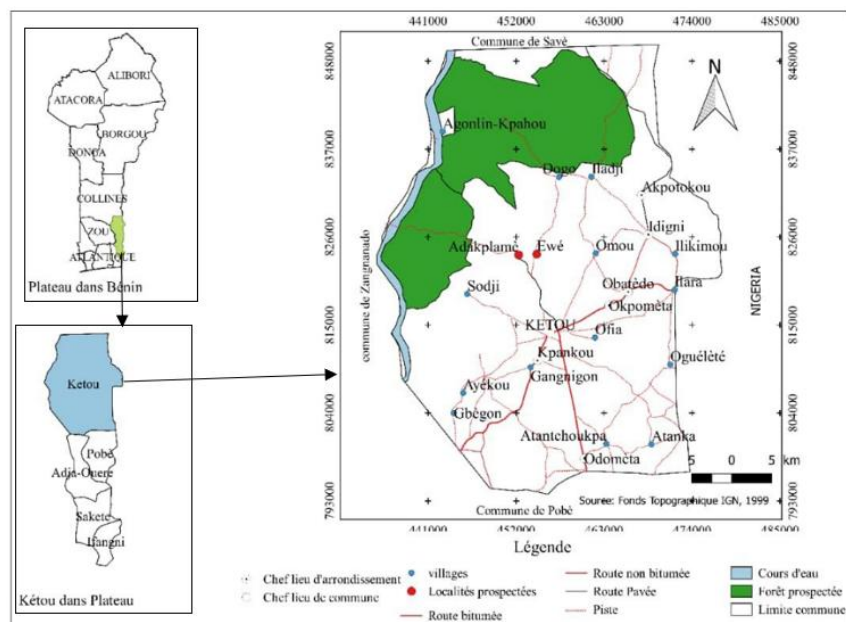


Figure 1. Carte du milieu d'étude

2.2. Collecte des données

2.2.1. Caractérisation de la banque de graines du sol

■ Échantillonnage des sols

Le sol a été prélevé dans 9 parcelles de 50 m x 50 m à l'aide d'un échantillonnage systématique avec des points de prélèvement espacés tous les 100 m selon un azimut X donné. Les prélèvements sont réalisés à quatre différents niveaux de profondeur à savoir : 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm et 15-20 cm. Pour chaque niveau, il est formé un échantillon composite de sol à partir de trois des prélèvements unitaires aux trois sommets d'un triangle équilatéral de 1 m de côté. Chaque prélèvement unitaire a un volume de 10 cm x 10 cm x 5 cm (500 cm³) (Daïnou et al. 2011).

Le tableau 1 présente le nombre d'échantillons prélevés dans la forêt étudiée.

Tableau 1. Nombre d'échantillons prélevés dans la forêt

Profondeur sondée	Nombres d'échantillons
0-5cm	10
5-10 cm	10
10-15 cm	10
15-20 cm	10
Sous-total	40

▪ **Traitement et mise en germination des échantillons graines contenu dans le sol prélevé**

Avant d'être convoyés à la pépinière pour la mise en germination, les échantillons de sol ont d'abord été émiétés manuellement, aussi rapidement que possible après leur prélèvement. Les éléments grossiers tels que les racines, feuilles, morceaux de bois, etc., ont ensuite été retirés. Les échantillons ont été mis en sécher à l'abri de toute contamination potentielle par des graines à l'aide de moustiquaires à mailles fines, dans un endroit ombragé. Une fois secs, les sols ont été tamisés en deux étapes : d'abord à l'aide d'un tamis de 4 mm pour éliminer les débris végétaux et minéraux grossiers, puis avec un tamis à mailles de 0,5 mm afin de se débarrasser des particules agglomérées d'argile et de sable. Les échantillons ainsi préparés ont été ensuite transférés à la pépinière, où ils ont été placés dans des conditions appropriées pour favoriser la germination des graines qu'ils contiennent (Photo 1). Le sol à tester a été étalé en une fine couche de 1 cm sur un substrat composé d'un mélange terreau-sable, préalablement stérilisé par chauffage dans une marmite, disposé dans des cuvettes en plastique, puis arrosé régulièrement.

**Photo 1.** Pépinière de la banque de graines

▪ **Prise de mesures**

Un suivi régulier tous les 2 jours est réalisé pour la collecte des données à savoir : les espèces de plants, le nombre de plants par espèce de plante. Les plantules qui sortent de la banque du sol portent un code unique formé du site, du numéro de l'échantillon et du numéro de la plantule germée au sein de l'échantillon (ex : FSK-E.01-A... avec FSK = Forêt sacrée de Kouvizoun ; E.01 = le numéro de l'échantillon et A = le premier plant germé au sein de l'échantillon). Ce code est également mis sur une étiquette posée près de la plantule dans les cuvettes en plastique. Tous les individus germés ont été transplantés dans des sachets polyéthylènes noirs pour les laisser croître jusqu'à l'identification.

2.2.2. Caractérisation de la végétation de la forêt sacrée

Pour cette caractérisation, 80 placettes carrées de 50 m x 50 m soit 2500 m² ont installées (voir Photo 2) suivant une équidistance de 100 m. Les mesures dendrométriques telles que le diamètre et la hauteur totale ont été prises sur toutes les espèces ligneuses

dont le DBH (diamètre à hauteur de poitrine d'homme soit à 1,30 m au-dessus du sol) est supérieur ou égal à 10 cm. Le diamètre a été mesuré à l'aide d'un ruban pi et la hauteur totale à l'aide d'un clinomètre « SUUNTO ».



Photo 2. Réalisation du triangle et collecte d'échantillon du sol sur le terrain

2.3. Analyse des données

2.3.1. Caractérisation de la banque de graines du sol

Les données issues de la germination de la banque de graines notamment les espèces germées sont utilisées pour déterminer l'abondance des graines par espèce, la densité des graines et la diversité des espèces. La densité des graines s'exprime en nombre de graines par m² de sol. Pour chaque espèce présente dans la banque de graines, il a été calculé :

- la densité absolue qui est le nombre d'individus de l'espèce divisé par la surface des prélèvements ;
- la fréquence relative de graines qui correspond au nombre d'échantillons comportant l'espèce divisé par le nombre total d'échantillons prélevés. Les différentes variables sont calculées par profondeur d'échantillons.

La diversité de la banque de graines est estimée par calcul des indices suivantes :

- *Richesse spécifique (S)* qui désigne le nombre total d'espèces présentes dans les échantillons ;
- *Indice de diversité de Shannon (H)* qui décrit la structure des communautés de graines dans la banque de graines du sol (Kůrová, 2016). (Voir formule 1 dans tableau 2). La diversité est faible lorsque $H < 3$ bits, moyenne si H est compris entre 3 et 4 puis élevée quand $H \geq 4$ bits
- *L'indice d'équitabilité de Pielou (E)* qui sert à mesurer l'équitabilité des espèces par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces. La valeur de E varie de 0 (une seule espèce domine) à 1 (toutes les espèces ont la même abondance) (Voir formule 2 dans tableau 2).

La nomenclature binomiale standard en botanique a été utilisée pour la nomenclature des espèces végétales, conformément aux règles établies par le Code international de nomenclature pour les algues, les champignons et les plantes (CIN).

2.3.2. Analyse des données pour la caractérisation de la végétation de la forêt sacrée

Pour évaluer la diversité des espèces de la forêt, les mêmes indices ont été encore utilisés à savoir la richesse spécifique (S), l'indice de diversité de Shannon (H) et l'équitabilité de Pielou (E).

Des paramètres dendrométriques sont évalués à savoir :

- *Densité D*: C'est le nombre de tiges d'arbre à l'hectare, obtenue suivant la formule 3, tableau 2.
- *Hauteur moyenne [Hm]* obtenue à partir de la moyenne arithmétique des hauteurs de tous les arbres échantillonnés [n] (voir formule 4, tableau 2).
- *Diamètre moyen [Dm]* obtenu à partir de la moyenne arithmétique des diamètres de tous les arbres échantillonnés [n]. (voir formule 5, tableau 2).
- *Structure en diamètre et en hauteur* réalisées en regroupant toutes les espèces inventoriées en des classes de diamètre et de hauteur. La distribution de Weibull est utilisée pour représenter la structure en diamètre et en hauteur de la forêt.
- *Volume total V du bois* calculé à partir de la formule 6, tableau 2.

Tableau 2. Présentation des formules

Numéro	Formules	Source
1	$H = -\sum_{i=1}^s (\frac{n_i}{N}) * \log \frac{n_i}{N}$, $0 < H < 5$ n_i : effectif de l'espèce i dans l'échantillon ; N : effectif total	Kůrová 2016
2	$E = \frac{H}{H_{max}}$, H = l'indice de shannon et $H_{max} = \ln S$	Pielou, 1966
3	$D = \frac{10\,000 * n}{s}$ n : nombre de tiges d'arbres à l'intérieur de la placette échantillon de sur s exprimé m^2	
4	$Hm = \sum \frac{Hi}{n}$, Hi la hauteur de l'arbre i et n le nombre total d'arbres.	
5	$Dm = \sum \frac{Di}{n}$, Di le diamètres de l'arbre i et n le nombre total d'arbres	
6	$V = \sum_i^n \frac{\pi di^2}{4} * hi$, $\pi = 3,14$, di : DBH de l'arbre i ; hi la hauteur de l'arbre i	

3. Résultats

3.1. Banque de graines du sol de la forêt sacrée Kouvizoun d'Adakplamè

Abondance des graines par espèce de la banque de graine du sol

L'abondance des espèces issues de la germination de la banque de graines (Figure 2) a révélé 486 arbres dont le plus grand nombre d'arbres (224) est obtenu avec *Boerhavia diffusa* L., et le plus faible nombre d'individus (1) avec *Synedrella nodiflora* Gaertn., *Leptochloa caerulea* Steud., *Physalis angulata* Linn., *Scleria verrucosa* Willd.

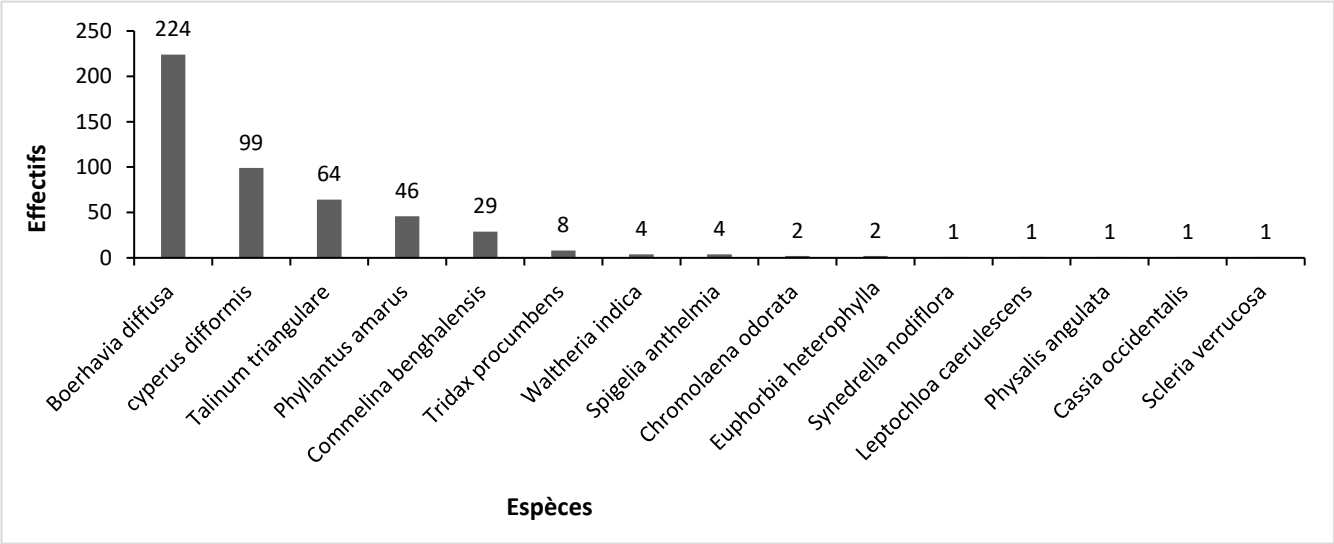


Figure 1. Abondance des graines par espèce de la banque de graine du sol

Richesse spécifique et la composition en famille des espèces de la banque de graines du sol

Le tableau 2 présente la richesse spécifique et la composition en famille des espèces de la banque de graine du sol. De ce tableau, neuf espèces sont obtenues au niveau des profondeurs 0-5 cm, 5-10 cm et 10-15 cm puis diminué à 7 espèces au niveau de la profondeur 15-20cm.

Les résultats de la présente étude révèlent que l'indice de Shannon (H) dans les différents Blocs (0-5 cm ; 5-10 cm ; 10-15 cm et 15-20 cm) de profondeur varie entre 0,88 et 1,55 bits. En comparaison à l'indice de diversité moyenne théorique de Shannon, la diversité spécifique de la banque de sol de la forêt sacrée Kouvizoun d'Adakplamè est supposée faible. La plus grande valeur de diversité (1,55 bits) correspond au bloc de 5-10 cm et la plus faible au bloc de 15-20 cm. Les valeurs de l'indice d'équitabilité de Pielou pour les différents Blocs (0-5 cm ; 5-10 cm ; 10-15 cm et 15-20 cm) de profondeur ont varié entre 0,45 et 0,7. La plupart de ces valeurs sont supérieures à la valeur théorique moyenne d'équitabilité (0,5), donc la richesse spécifique de la banque de sol de la forêt sacrée Kouvizoun d'Adakplamè est relativement équitable. Les valeurs de l'indice de diversité et d'équitabilité sont plus élevées pour la profondeur de 5-10 cm. Les graines de la plupart des espèces sont accumulées dans cette profondeur de sol. L'indice de diversité et d'équitabilité étant dépendant du nombre d'espèces, il est faible après cette profondeur (5-10 cm) vu que le nombre d'espèces diminue en allant en profondeur du sol.

Tableau 3. Richesse spécifique et la composition en famille des espèces de la banque de graines du sol

Bloc	Espèces issues de la banque de graine	Familles	Richesse spécifique
0-5cm	<i>Cyperus difformis</i> Linn.	Cyperaceae	9
	<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd.	Talinaceae	
	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. Et Thonn.	Phyllanthaceae	
	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	Bougainvillée	
	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	
	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M. King & Robinson	Asteraceae	
	<i>Synedrella nodiflora</i> Gaertn.	Asteraceae	
	<i>Leptochloa caerulescens</i> Steud	Poaceae	
	<i>Waltheria indica</i> Linn.	Sterculiaceae	
5-10cm	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	Bougainvillée	9
	<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd	Talinaceae	
	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. Et Thonn.	Phyllanthaceae	
	<i>Tridax procumbens</i> Linn.	Asteraceae	
	<i>Spigelia anthelmia</i> Linn.	Loganiaceae	
	<i>Physalis angulata</i> Linn.	Solanaceae	
	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	
	<i>Heteranthera callifolia</i> Rchb.ex Kunth	Smilacaceae	
	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M. King & Robinson	Asteraceae	
10-15cm	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	Bougainvillée	9
	<i>Cyperus difformis</i> Linn.	Cyperaceae	
	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	
	<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Will	Talinaceae	
	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. Et Thonn.	Phyllanthaceae	
	<i>Euphorbia heterophylla</i> Linn	Euphorbiaceae	
	<i>Cassia occidentalis</i> Linn.	Leguminosae	
	<i>Waltheria indica</i> Linn.	Sterculiaceae	
	<i>Physalis angulata</i> Linn	Solanaceae	
15-20cm	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	Bougainvillée	7
	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	
	<i>Cyperus difformis</i> Linn.	Cyperaceae	
	<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Will	Talinaceae	
	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. Et Thonn.	Phyllanthaceae	
	<i>Waltheria indica</i> Linn.	Sterculiaceae	
	<i>Scleria verrucosa</i> Willd.	Cyperaceae	

Densité absolue de graine

La densité absolue a varié en fonction des profondeurs de prélèvement des échantillons de sols (Figure 3). Au niveau de la profondeur 0-5 cm (Figure 3A), *Cyperus difformis* Linn. a la densité absolue la plus élevée (62 tiges/ha) alors que la densité absolue la plus faible est obtenue avec *Synedrella nodiflora* Gaertn., *Leptochloa caerulescens* Steud. et *Waltheria indica* Linn. (1 tige par espèce). De 5 à 10 cm de profondeur (Figure 3B), la densité absolue la plus élevée est obtenue avec *Boerhavia diffusa* L. (48 arbres/ha) alors que la densité absolue la plus faible est obtenue avec *Heteranthera callifolia* Rchb.ex Kunth. (1 tiges/ ha). De 10 à 15 cm de profondeur (Figure 3C), la densité absolue la plus élevée est obtenue avec *Boerhavia diffusa* L., (64 arbres/ha) alors que la densité absolue la plus faible est obtenue avec *Cassia occidentalis* Linn. et de *Waltheria indica* Linn. (1 tige par espèce). De 15 à 20 cm de profondeur (Figure 3D), la densité absolue la plus élevée est obtenue avec *Boerhavia diffusa* L. (127 arbres) alors que la densité absolue la plus faible est obtenue avec *Scleria verrucosa* Willd. (1 tige par espèce).

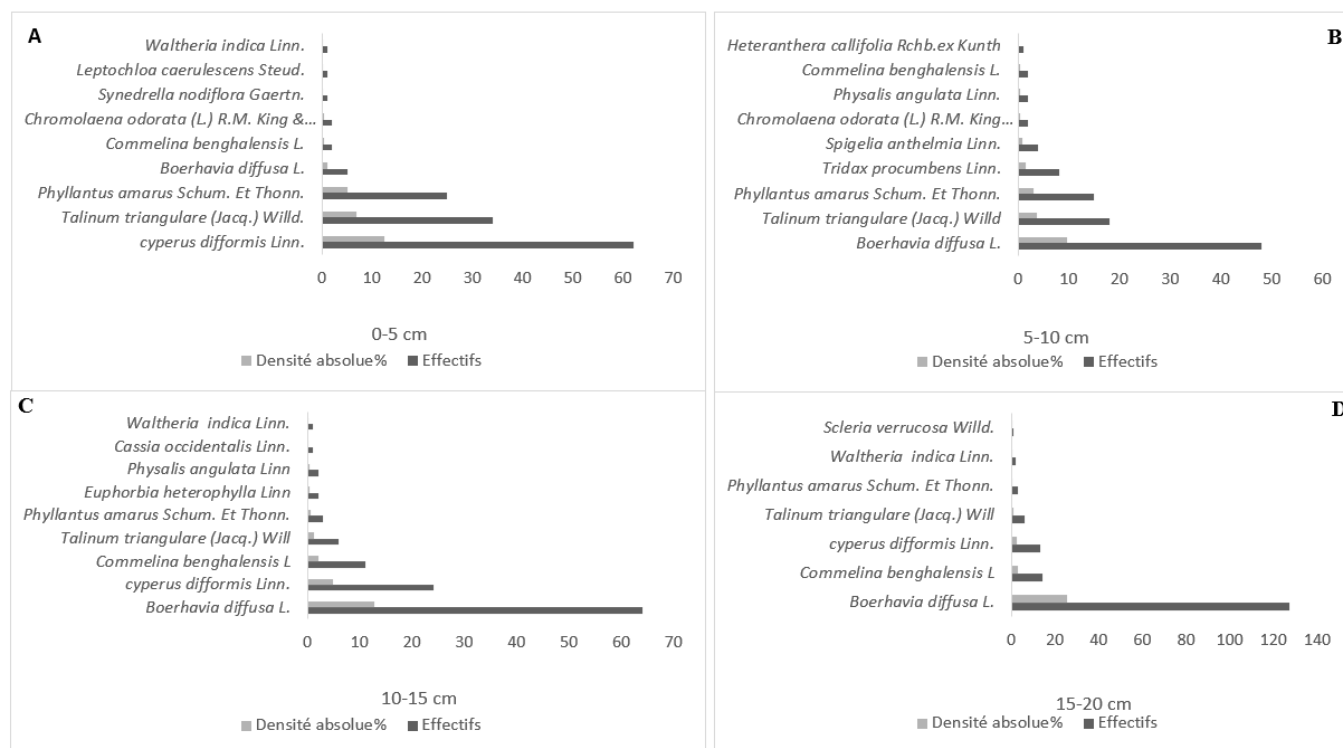


Figure 2. Densité absolue en nombres d'arbres par hectares de la banque de graine 0-5 cm (A), 5- 10cm (B) et 10-15 cm (C) 15

Fréquence relative de graine

De 0 à 5 cm de profondeur (Figure 4A), la fréquence relative la plus élevée est obtenue avec *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd. (70 % des individus) alors que la fréquence relative la plus faible est obtenue avec *Synedrella nodiflora* Gaertn., *Leptochloa caerulescens* Steud., *Waltheria indica* Linn. (10 % des individus). De 5 à 10 cm de profondeur (Figure 4B), la fréquence relative la plus élevée est obtenue avec *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd (80 % des individus) alors que la fréquence relative la plus faible est obtenue avec *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & Robinson, *Physalis angulata* Linn., *Heteranthera callifolia* Rchb.ex Kunth, et *Commelina benghalensis* L. (10 % des individus). De 10 à 15 cm de profondeur (Figure 4C), la fréquence relative la plus élevée est obtenue avec *Commelina benghalensis* L (50 % des individus) alors que la fréquence relative la plus faible est obtenue avec *Cassia occidentalis* Linn., *Waltheria indica* Linn., *Euphorbia heterophylla* Linn (10 % des individus). De 15 à 20 cm de profondeur (Figure 5D), la fréquence relative la plus élevée est obtenue avec *Boerhavia diffusa* L. (60 % des individus) alors que la fréquence relative la plus faible est obtenue avec *Phyllanthus amarus* Schum. Et Thonn., *Scleria verrucosa* Willd., *Waltheria indica* Linn. et *Cyperus difformis* Linn. (10 % des individus).

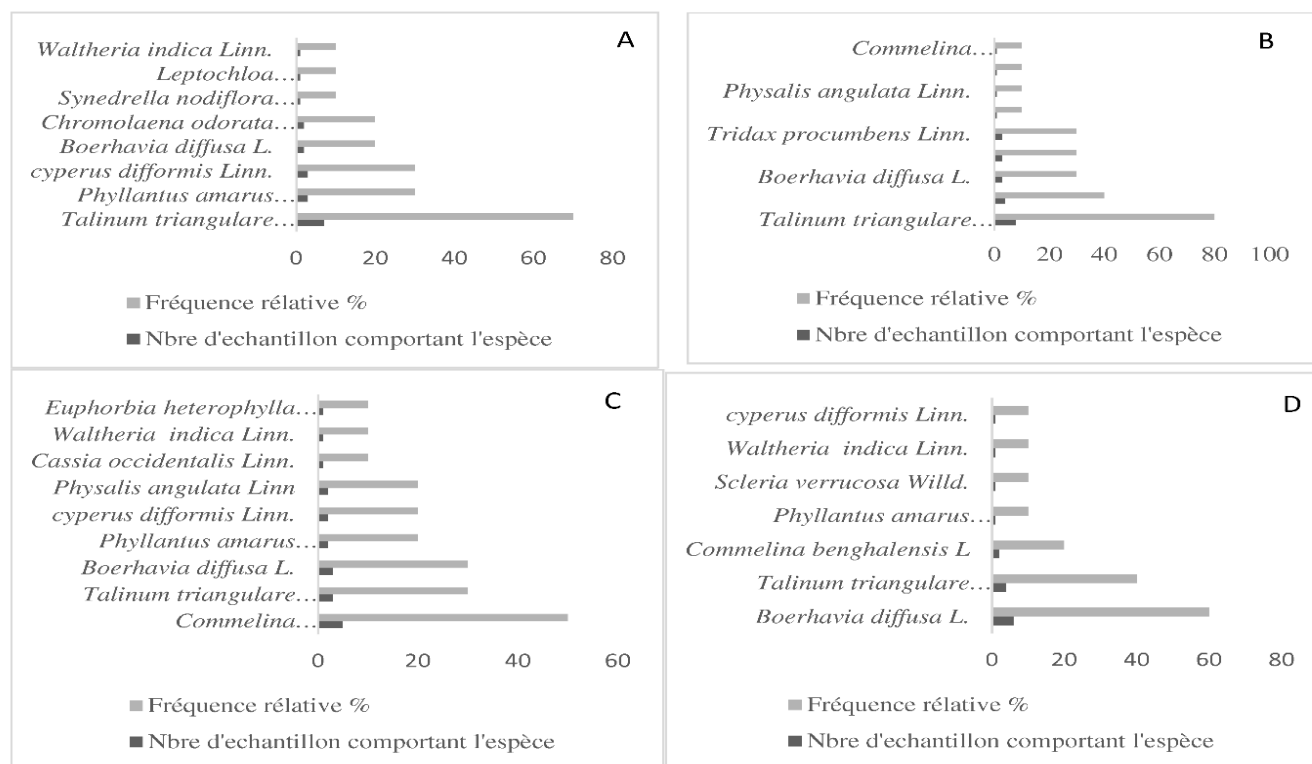


Figure 4. Fréquence relative de la banque de graines du sol de profondeur 0-5 cm(A), 5-10 cm (B), 10-15 cm (C) et 15-20 cm (D). Les noms scientifiques sont entièrement écrits et mentionnées dans tableau 2

3.2. Végétation ligneuse de la forêt sacrée de Kouvizoun d'Adakplamè

Composition et richesse floristique de la forêt sacrée de Kouvizoun d'Adakplamè

La forêt sacrée de Kouvizoun à Adakplamè présente une composition floristique dominée par les espèces de la famille des Leguminosae (31,68 %), incluant notamment *Albizia lebbeck* (L.) Benth., *Albizia ferruginea* (Guill. & Perr.) Benth., *Dialium guineense*, *Albizia adianthifolia*, *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex Benth., *Pterocarpus erinaceus* Poir., et *Burkea africana* Hook. Elle est suivie par les Sterculiaceae (24,39 %), représentées par *Triplochiton scleroxylon* K. Schum, *Sterculia setigera* Delile, et *Hildegardia barteri* (Mast.) Kosterm. Les Moraceae (14,63 %) sont illustrées par *Antiaris toxicaria* Lesch. spp. *welwitschii*, tandis que les Bombacaceae (14,63 %) sont dominées par *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. Parmi les familles moins représentées figurent les Apocynaceae (2,43 %) avec *Holarrhena floribunda*, les Combretaceae (2,43 %) avec *Combretum collinum*, les Bignoniaceae (2,43 %) avec *Newbouldia laevis* (P. Beauv.) Seem. ex Bureau, les Ebenaceae (2,43 %) avec *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A.DC., les Euphorbiaceae (2,43 %) avec *Drypetes gilgiana* Pax & K. Hoffm., ainsi que les Anacardiaceae (2,43 %) représentées par *Spondias mombin* L.

L'indice de diversité de Shannon (H) est de 2,55 bits et l'équitabilité de Piélou est de 0,88. Les valeurs moyennes de H traduisent une diversité des espèces ligneuses au sein de la forêt sacrée Kouvizoun d'Adakplamè. Plus grande ($E = 0,88$) est l'équitabilité, plus équitable est la présence des espèces ligneuse dans forêt sacrée. La hauteur moyenne (Hm) des arbres dans la forêt sacrée est de 26,27 m et le diamètre moyen (Dm) est de 38,95 cm. Le diamètre des arbres se situe entre 24,57 cm et 53,33 cm. Le volume total est de 185,31 m³.

L'ajustement de la distribution des diamètres des arbres selon la loi de Weibull révèle un indice de forme $c = 1,4$, compris entre 1 et 3,6, ce qui indique une distribution asymétrique positive, également appelée asymétrie à droite (Figure 5). Cette structure diamétrique montre une population constituée d'individus ayant un diamètre à hauteur de poitrine (dbh) compris entre 10 et 50 cm, avec une prédominance marquée dans la classe de 20 à 30 cm.

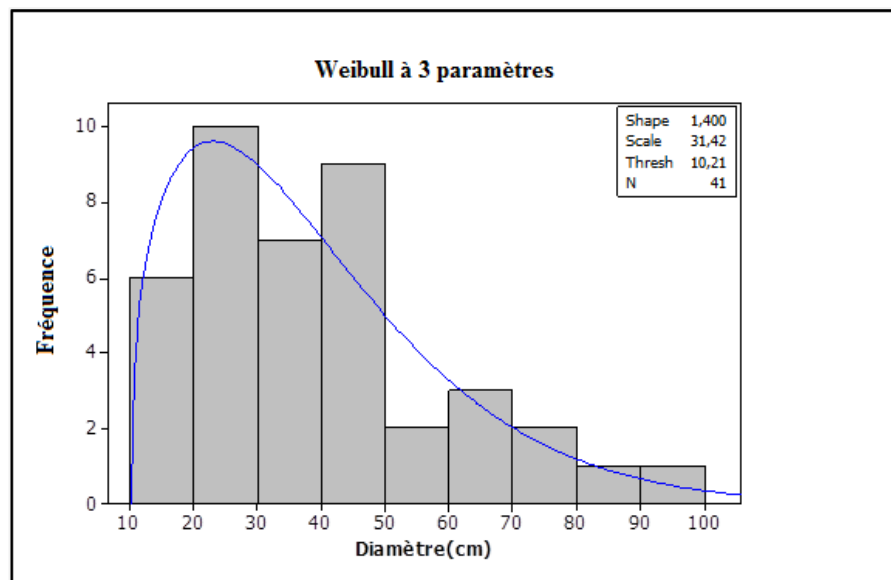


Figure 3. Structure en diamètre de la forêt sacrée Kouvizoun d'Adakplamè

L'ajustement de la distribution en hauteur des arbres à la distribution de Weibull présente un indice de forme $c = 2,165$ compris entre 1 et 3,6 (Figure 6) traduisant une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite. Cette population est composée des individus de hauteur compris entre 10 et 40 cm, mais dominé par les individus compris entre les amplitudes de 15-25 cm et 35-45 cm.

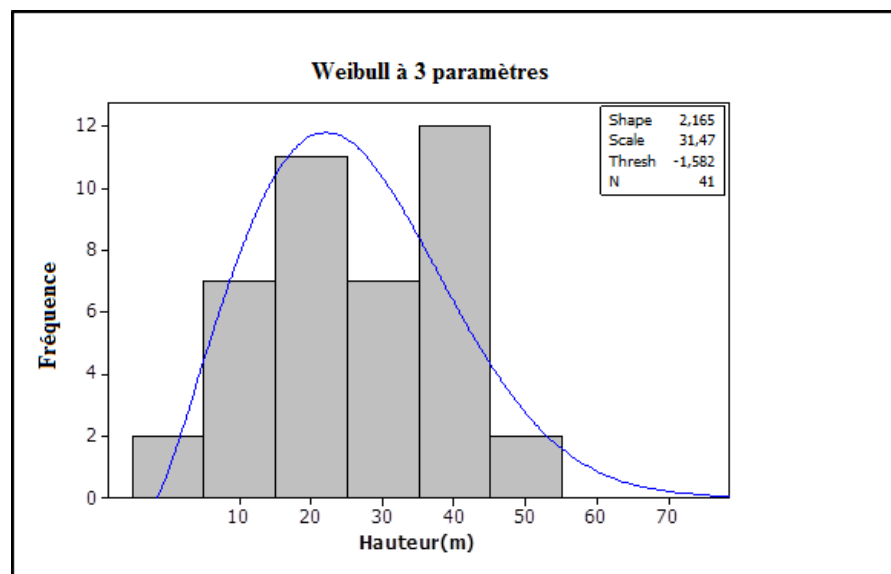


Figure 4. Structure en hauteur de la forêt sacrée Kouvizoun d'Adakplamè

4. Discussion

4.1. Banque de graines du sol de la forêt sacrée de Kouvizoun d'Adakplamè

Le plus grand nombre d'individus (224) obtenu au niveau de *B. diffusa* dans la banque de graines du sol pourrait s'expliquer par le fait que la germination de l'espèce n'est pas liée à un prétraitement spécifique ou obligatoire. Les graines de la présente espèce ont donc une facilité à germer lorsque les conditions sont favorables. Le plus faible nombre d'individus (1) a été observé au

niveau des espèces suivantes : *S. nodiflora*, *L. caerulea*, *P. angulata* et *S. verrucosa*. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les graines de ces dernières sont un peu récalcitrantes et ont une difficulté à germer sans un prétraitement particulier. En effet, des études antérieures ont déjà reporté que les espèces *S. nodiflora*, *L. caerulea*, *P. angulata* et *S. verrucosa* présentent des graines récalcitrantes. Ceci voudra dire que, seule une condition favorable de germination ne suffit pas pour les graines de ses espèces pour obtenir un meilleur taux de germination. Une condition favorable pour la germination en plus d'un ou des traitements spécifiques pourrait permettre à ses espèces de donner un meilleur taux de germination.

La densité absolue des graines obtenues pour les échantillons de sol de la forêt sacrée a varié en fonction des profondeurs de prélèvement des échantillons de sols. Cette densité augmente au fur et à mesure que la profondeur aussi augmente. Cette augmentation croissante pourrait s'expliquer par la seule présence des espèces herbacées dans les banques de graines, à la dormance des graines des herbacées à certains niveaux du sol et aussi à la période de levée des semis (4 mois) qui aurait permis la levée des semis.

La fréquence relative varie en fonction des profondeurs de prélèvement des échantillons de sol et de l'espèce. Il est à noter que la fréquence relative la plus élevée est obtenue avec *T. triangulare* pour les deux premiers niveaux de profondeur (0-5 cm et 5-10 cm) alors que pour les deux derniers niveaux (10-15 cm et 15-20 cm), *C. benghalensis* et *B. diffusa* ont une fréquence relative plus élevée. Ceci pourrait être lié à la taille des graines des deux espèces herbacées. En effet, les fruits mûrs de *T. triangulare* tombent au toucher et donnent des graines viables qui ont un taux de germination acceptable (Brasileiro, 2009). Tout ceci pourrait expliquer la raison de sa fréquence relative élevée au niveau des deux premiers niveaux de profondeur du sol (0-5 cm et 5-10 cm). La banque de graines de la forêt sacrée de Kouvizoun à Adakplamè présente une faible diversité mais une distribution relativement homogène quels que soient les niveaux de profondeur de sol. Cette faible diversité pourrait être due à plusieurs facteurs dont la résilience limitée de la forêt elle-même. La méthodologie d'échantillonnage employée a été rigoureusement adaptée pour évaluer les composantes de la banque de graines en fonction des profondeurs de sol, permettant une analyse comparative précise malgré les limitations observées. L'absence d'espèces ligneuses dans la banque de graines pourrait résulter des dimensions et du nombre d'échantillons de sol collectés selon une méthode reconnue pour explorer la composition des graines en contexte forestier. Shen et al. (2014) ont démontré qu'un échantillonnage de petite taille révèle souvent l'absence d'espèces ligneuses dans les banques de semences du sol forestier, accentuant ainsi la disparité avec la banque de semis en surface. Par conséquent, cette absence observée ici pourrait aussi être influencée par l'impact des feux de végétation fréquents dans la région ainsi que par la phénologie des espèces ligneuses locales.

En outre, la méthodologie appliquée prend en compte les cycles reproductifs spécifiques des principales familles ligneuses (Apocynaceae, Caesalpinioideae, Papilionoideae, Meliaceae, Sterculiaceae, etc.), lesquels varient selon la saison. Les Apocynaceae, Caesalpinioideae et Mimosoideae sont en phase reproductrice en août, tandis que d'autres familles, comme les Anacardiaceae, Bombacaceae et Moraceae, le sont en février. Ces détails renforcent la pertinence de la méthodologie, qui permet de distinguer les influences de la dynamique de reproduction et de la dormance des graines ligneuses dans la banque de graines de sol. Enfin, la dominance des espèces herbacées pourrait être liée à la taille des graines ligneuses, souvent plus grosses, et à l'absence de mécanismes de dormance spécifiques, comme l'ont indiqué Hall et Swaine (1980). La méthodologie adoptée, sensible à ces aspects, confirme ainsi une compréhension approfondie de la composition et de la diversité de la banque de graines, tout en fournissant des résultats conformes aux attentes théoriques.

4.2. Végétation ligneuse de la forêt sacrée de Kouvizoun d'Adakplamè

La diversité des familles ligneuses dans la forêt sacrée de Kouvizoun à Adakplamè est inférieure à celle rapportée par Dissou et al. (2018) dans la galerie forestière de la rivière Kossi, située dans les communes de Dassa-Zoumè et Glazoué, au Centre-Bénin. Cette différence pourrait être attribuée aux variations écologiques et méthodologiques entre les deux études telles que les différences de superficie, de composition écosystémique et de méthodes de collecte. La prédominance des Leguminosae dans cette forêt sacrée n'est pas propre au site de Kouvizoun, mais s'inscrit dans une tendance générale observée dans les formations végétales naturelles des zones Guinéo-Congolaise, Soudano-Guinéenne et Soudanienne (Iritié et al., 2014 ; Ahouandjinou et al., 2017 ; Azonwade et al., 2017). L'indice de diversité de Shannon est de 2,55 bits, avec une équitabilité de Pielou élevée de 0,88. Ces valeurs indiquent une diversité ligneuse modérée dans la forêt, bien que l'indice de Shannon soit inférieur à ceux observés dans d'autres forêts sacrées du sud-est du Bénin, où il atteint jusqu'à 4,7 bits (Adjakpa, 2011). L'équitabilité élevée de Pielou, proche de 1, reflète une distribution relativement homogène des espèces ligneuses, ce qui signifie que les espèces sont équitablement représentées au sein de la forêt (Folega et al. 2022 ; Fousseni et al. 2023).

La densité des arbres de diamètre (dbh) ≥ 10 cm est de 33 tiges/ha, tandis que la surface terrière atteint 6,83 m²/ha. Cette densité est nettement plus faible que celle rapportée pour la forêt classée de la Lama au Sud-Bénin, qui compte 360 tiges/ha (Adjakpa,

2011). Cette disparité peut être due au statut de forêt sacrée de Kouvizoun, qui bénéficie d'une certaine protection contre l'exploitation intensive, mais dont la grande superficie pourrait limiter l'influence de la sacralisation sur toute son étendue. Il est possible que les rituels et interdits liés au caractère sacré de la forêt ne suffisent pas à couvrir efficacement l'intégralité de son territoire, entraînant ainsi une variabilité dans la protection et la régénération de la végétation.

D'un point de vue structurel, la distribution de Weibull appliquée aux diamètres des arbres montre une prépondérance d'individus jeunes et de faible diamètre, suggérant un recrutement régulier. Ce profil indique une dynamique de régénération active, renforcée par l'absence de pressions anthropiques majeures, probablement en raison du statut sacré de la forêt. La sacralisation de la forêt de Kouvizoun constitue une stratégie traditionnelle de conservation de la biodiversité. Les forêts sacrées jouent souvent le rôle d'îlots préservés qui abritent des divinités ou des esprits vénérés par les communautés locales. Dans ce contexte, la forêt de Kouvizoun abrite un nombre suffisant de tiges d'avenir assurant le renouvellement de la population ligneuse et contribuant à la résilience de l'écosystème. En somme, bien que la méthodologie et l'écosystème diffèrent par rapport à d'autres études, la structure démographique et la diversité observées témoignent de l'efficacité des pratiques culturelles et des interdits religieux dans la conservation et la régénération de la végétation ligneuse dans cette forêt sacrée.

5. Conclusion

Cette étude a mis en évidence la dominance des espèces herbacées dans la banque de graines de la forêt sacrée de Kouvizoun à Adakplamè, ainsi qu'une prédominance des familles des Léguminosae, Sterculiaceae, Moraceae et Bombacaceae, qui représentent ensemble 80,47 % des espèces ligneuses recensées. Les résultats montrent une faible similarité entre la composition de la banque de graines et celle de la végétation sur pied. Cette différence s'explique probablement par la phénologie des espèces ligneuses et la méthode d'échantillonnage utilisée, reposant sur la germination en serre ou l'émergence de plantules. Cette méthode, bien que courante, peut limiter la diversité floristique observée dans la banque de graines. Des recherches complémentaires seraient utiles pour affiner ces observations, notamment en augmentant le nombre et la taille des échantillons de sol. L'adoption d'une méthode de prélèvement unitaire avec un volume standard de 20 cm × 20 cm × 5 cm (soit 2000 cm³) permettrait de renforcer la représentativité des échantillons et d'obtenir une évaluation plus précise de la diversité de la banque de graines de cette forêt sacrée. Ces études approfondies contribueraient à une meilleure compréhension de la dynamique de régénération et de la conservation de la biodiversité au sein de la forêt de Kouvizoun.

Remerciement

Nos remerciements vont à l'endroit des autorités de l'ARES pour avoir financé cette étude. De même, nous remercions les gestionnaires de la forêt sacrée Kouvizoun de Adakplamè pour leur collaboration lors de la collecte de données.

Contribution des auteurs

Rôle du contributeur	Noms des auteurs
Conceptualisation	E. A. Padonou, B. Tchigossou, B A. Djossa
Gestion des données	M. J. Aholoukpe, C. S. Teteli, E. A. Padonou
Analyse formelle	E. A. Padonou, M. J. Aholoukpe, C.S. Teteli
Enquête et investigation	M. J. Aholoukpe
Méthodologie	E. A. Padonou
Supervision Validation	E. A. Padonou, B. A. Djossa
Écriture – Préparation	E. A. Padonou, M. J. Aholoukpe, C.S. Teteli, K. B. Kokou
Écriture – Révision	E. A. Padonou, M. J. Aholoukpe, C.S. Teteli, B. Tchigossou, B. A. Djossa, K.B. Kokou, S. Agbahoungba

Références

Africanews. (2023). Bénin, les forêts sacrées, un patrimoine en danger. Documentaire. [Lien](#)

- Adjakpa, J. B., Dassoundo, H. A., Yedomonhan, H., Weesie, P. D. M., & Akpo, E. L. (2011). Diversité du peuplement ligneux d'une forêt dense en zone sub-humide : Cas de la forêt de Sakété dans le sud Bénin en Afrique de l'Ouest. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(6), 2291-2305. <https://doi.org/10.4314/IJBCS.V5I6.10>
- Ahouandjinou, S. T. B., Tossou, M. G., Yedomonh, H., Zanou, A., Adomou, A. C., & Akoègninou, A. (2017). Importance du couplage de l'inventaire des plantes mellifères et de l'analyse pollinique des miels de la saison des pluies en zone ouest-soudanienne au nord-Bénin. *European Scientific Journal*, 13(6), 1857-7881. <https://doi.org/10.19044/ESJ.2017.V13N6P38>
- Akoègninou, A. (2004). *Recherches botaniques et écologiques sur les forêts actuelles du Bénin* (Doctoral dissertation). Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire.
- Akoègninou, W. J., Van Der B., & Van Der M. (2006). *Flore analytique du Bénin*. Backhuys Publishers, Wageningen. [Lien](#)
- Azonwade, F. E., Paraíso, A., Tossou, M. G., Sina, H., Kelomey, A. E., Chabi-Sika, K., & Baba-Moussa, L. (2017). Pollen analysis of the honeys samples produced in the three phyto-geographical zones of Benin. *European Scientific Journal*, 13(18), 528-547. <https://doi.org/10.19044/ESJ.2017.V13N18P528>
- Bakker, J. P., Poschlod, P., Strykstra, R. J., Bekker, R. M., & Thompson, K. (1996). Seed banks and seed dispersal: Important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica*, 45(4), 461-490. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1996.tb00806.x>
- Biaou, S., Houeto, F., Gouwakinnou, G., Biaou, S. S. H., Awessou, B., Tovihessi, S., & Tete, R. (2019). Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin. *Conférence OSFACO: Des Images Satellites Pour La Gestion Durable Des Territoires En Afrique*. [Lien](#)
- Brasileiro, B., Dias, D., Casali, V., Bhering, M., & Cecon, P. (2009). Effects of temperature and pre-germinative treatments on seed germination of *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd (*Portulacaceae*). *Revista Brasileira de Sementes*, 32(4), 151-157. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000400017>
- Chang, E. R., Jefferies, R., & Carleton, T. J. (2001). Relationship between vegetation and soil seed banks in an arctic coastal marsh. *Journal of Ecology*, 89, 367-384. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2001.00549.x>
- Charbel, L., & El Hage Hassan, H. (2021). Variation spatio-temporelle (1984-2018) du couvert forestier du haut massif du Mont-Liban: Rôle du facteur anthropique. *Physio-Géo. Géographie Physique et Environnement*, 16, 71-86. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.12264>
- C. S. Teteli, E. A. Padonou, A. M. Langa, G. C. Akabassi, S. M. Mukotanyi, & B. K. Kokou. (2023). Pratiques agroforestières prioritaires de conservation des sols dans la zone soudanienne au Bénin. *Alternatives Rurales*, 9. <https://doi.org/10.60569/9-a9>
- Daïnou, K., Bauduin, A., Bourland, N., Gillet, J. F., Fétéké, F., & Doucet, J.-L. (2011). Soil seed bank characteristics in Cameroon rainforests and implications for post-logging forest recovery. *Ecological Engineering*, 37, 1499-1506. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.05.004>
- DGFRN. (2012). Potentiel en diversité biologique de 45 forêts sacrées au Bénin. *Rapport d'exécution, Projet d'Intégration des Forêts Sacrées dans le Système des Aires Protégées (PIFSAP)*, Cotonou, Bénin. [Lien](#)
- Dissou, F. E., Adjakpa, J. B., Tchabi, I. V., Toundoh, P. O., & Obossou, F. K. (2018). Caractéristiques écologiques de la galerie forestière de la rivière Kossi dans les communes de Dassa-Zoumé et de Glazoué au Centre-Bénin. *European Scientific Journal*, 14(21), 329. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n21p329>
- Djoufack, V. (2011). Étude multi-échelles des précipitations et du couvert végétal au Cameroun : Analyses spatiales, tendances temporelles, facteurs climatiques et anthropiques de variabilité du NDVI (Thèse de doctorat). *Université de Bourgogne*. [Lien](#)
- Douh, C., Kasso, D., Loumeto, J. J., Moutsambote, M., Fayolle, A., Tosso, F., Forni, E., Gourlet-Fleury, S., & Doucet, J.-L. (2018). Soil seed bank characteristics in two Central African forest types and implications for forest restoration. *Forest Ecology and Management*, 409, 766-776. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.012>
- Douh, C., Kasso, D., Loumeto, J. J., Fayolle, A., & Doucet, J.-L. (2014). Explorer la banque de graines du sol pour mieux comprendre la dynamique de régénération des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 18(4), 558-565. <https://doi.org/10.19182/bft2018338a31681>
- Duliere, J. F. (2001). L'étude de la banque de graines du sol est un outil efficace qui doit orienter les actions de restauration des milieux semi-naturels menacés (Thèse de doctorat). *Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique*, 137 p. <https://doi.org/10.19182/bft2018338>
- FAO & PNUE. (2020). *Forêts, biodiversité et activité humaine*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8642fr>
- Folega, F., Haliba, M., Folega, A. A., Ekougoulou, R., Wala, K., & Akpagana, K. (2022). Diversité structurale des ligneux en lien avec l'utilisation des terres du Socle Eburnéen au Togo. *Annales de la Recherche Forestière en Algérie*, 12(1), 7-25.

- Fousseni, F., Bilouktime, B., Mustapha, T., Kamara, M., Wouyo, A., Aboudoumisamilou, I., ... & Koffi, A. (2023). Land Use Change and the Structural Diversity of Affem Boussou Community Forest in the Tchamba 1 Commune (Tchamba Prefecture, Togo). *Conservation*, 3(3), 346-362.
- Hall, B. J., & Swaine, M. D. (1980). Seed stock in Ghanaian forest soils. *Biotropica*, 12, 256-263. <https://doi.org/10.2307/2387695>
- Gnonyi, I. H., Kokou, K. B., Teteli, S. C., Fagnibo, A. H., Atade, S. R., Sodalo, C., Ebuy, A. J., & Akossou, A. Y. J. (2024). Pratiques agroforestières et résilience climatique : Étude de cas dans la commune de Djougou. *Revue Écosystèmes et Paysages*, 4(2), 1-20. <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4205>
- Kokou, K., & Sokpon, N. (2006). Les forêts sacrées du couloir du Dahomey. *Bois et Forêts des Tropiques*, 288(2), 15-23. <https://doi.org/10.19182/bft2006288a20312>
- Kokou, K. B., Diop, A. B., Mukotanyi, M., Teteli, S. C., Polo-Akpisso, A., & Atakpama, W. (2024). Identification et gestion communautaire des principaux produits forestiers non-ligneux fournis par les espèces forestières de la région de la Kara (Togo). *Revue Écosystèmes et Paysages*, 4, 1-12.
- Kokou, B. K., Msiska, U., Atakpama, W., Biaou, S., Teteli, S. C., Sambieni, K. R., Mnthambala, F., Mavuto, T., Munyenembe, P., & Noulékoun, F. (2025). Climate change reduces and shifts suitable habitats of *Uapaca kirkiana* Müll. Arg. to higher altitudes in Malawi. *Trees, Forests and People*, 20, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2025.100884>
- Kůrová, J. (2016). The impact of soil properties and forest stand age on the soil seed bank. *Folia Geobot*, 51, 27-37. <https://doi.org/10.1007/s12224-016-9236-1>
- Lacerda, F., Miranda, I., Lima, T. T. S., Mafra, N. A., Leão, F. M., Do Vale, I., Bispo, C. J. C., & Kato, O. R. (2016). Origin of and resulting floristic composition from seedbanks in agroforestry systems of Tome-Açu, Eastern Amazon. *Weed Research*, 56, 219-228. <https://doi.org/10.1111/wre.12201>
- Lamb, D. (2011). *Regreening the Bare Hills*. *World Forests*. Springer Netherlands, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9870-2>
- Manetsa, V. (2011). Étude multi-échelles des précipitations et du couvert végétal au Cameroun : Analyses spatiales, tendances temporelles, facteurs climatiques et anthropiques de variabilité du NDVI (Thèse de doctorat). *Université de Bourgogne*, Dijon.
- MEHU. (2012). Potentiel en diversité biologique de 24 forêts sacrées des départements de l'Ouémé et du Plateau au Bénin. *Projet d'Intégration des Forêts Sacrées dans le Système des Aires Protégées (PIFSAP) : Rapport*, 304 p.
- Ndiaye, B. B., Kokou, K. B., Teteli, S. C., Koffi, N. A., Fagnibo, A. H., Diop, A. B., Sambieni, K. R., Faye, E., & Riera, B. (2024). Analyse de la durabilité des services écosystémiques dans le parc forestier et zoologique de Hann (Sénégal). *Revue Écosystèmes et Paysages*, 4(2), 1-16. <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4208>
- Padonou, E. A., Akakpo, A. B., & Gbongbou, C. (2019). Forêts sacrées au Bénin : État de conservation et stratégies pour une gestion durable. *CAPES ONG*, Abomey-Calavi, Bénin, 83 pages.
- Pielou, E. A. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13(1), 131-144. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)
- Roberts, H. A. (1981). Seed banks in soils. *Applied Biology*, 6, 1-55.
- Salako, V. K., Glèlè Kakaï, R., Assogbadjo, A. E., Fandohan, B., Houinato, M., & Palm, R. (2013). Efficiency of inventory plot patterns in the quantitative analysis of vegetation: Case study of tropical woodland and dense forest in Benin. *Southern Forests*, 75(3), 137-143.
- Shen, Y. X., Liu, W. L., Li, H., & Guan, H. L. (2014). Une grande zone d'échantillonnage et une grande taille sont nécessaires pour les études sur les banques de semences de sols forestiers afin de garantir un faible écart avec la végétation sur pied. *PLoS ONE*, 9(8), e105235. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105235>
- Soares, J. J., & Laurito, S. F. (2017). Seasonal semi-deciduous forest fragment soil seed bank and its relationship with conservation. *Revista Árvore*, 41(3), 1-9.
- Tesfaye, G., Teketay, D., Fetene, N., & Beck, E. (2010). Regeneration of seven indigenous tree species in dry Afromontane forest, Southern Ethiopia. *Flora*, 205(2), 135-143.
- Teteli, C. S., Padonou, E. A., Langa, A. M., Comlan, G., Akabassi Mukotanyi, S. M., & Kokou, B. K. (2023). Pratiques agroforestières prioritaires de conservation des sols dans la zone soudanienne au Bénin. *Alternatives Rurales*, 9, 153-165. <https://doi.org/10.60569/9-b1>
- Teteli, S. C., Kokou, K. B., Elangilangi, M. J., Mukotanyi, S., Lobho, J. L., Diop, A. B., Ngoie, L. L., Lwanzo, D. V., Mbavumoya, T. S., Muhindo, M. M. A., Ahouandjinou, S. D. I. T. K., Pyame, O. D., Balandi, J. B., Atakpama, W., & Riera, B. (2024). Impact of anthropogenic and climatic factors on forest structure in and around the Muanda Mangrove Marine Park. *Revue Écosystèmes et Paysages*, 4(2), 1-16. <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4207>

