

Dynamique urbaine et impacts sur les écosystèmes dans la ville de Kayes au Mali

Urban Dynamics and Impacts on Ecosystems in the City of Kayes, Mali

Coulibaly Yamadou^{1,2}, Keita Aichata^{1,2}, Badjare Bilouktime², Akpegnon Amékaéli Casimir², Folega Fousseni², Wala Kperkouma², et Batawila Komlan²

¹ Centre d'Excellence Régional sur les Villes Durables en Afrique (CERViDA-Dounedon), Université de Lomé (UL), 1 BP 1515 Lomé 1, Togo

² Laboratoire de botanique et écologie végétale, département de Botanique, Faculté des Sciences (FDS), Université de Lomé (UL), 1 BP 1515 Lomé 1, Togo

(*) Auteur correspondant : ycoulibaly43@gmail.com

ORCID des auteurs

Coulibaly Yamadou <https://orcid.org/0009-0008-2209-3638> Keita Aichata <https://orcid.org/0009-0002-6836-3273> Badjare Bilouktime <https://orcid.org/0009-0006-8139-433X> Akpegnon Casimir <https://orcid.org/0009-0002-6935-3392> Folega Fousseni <https://orcid.org/0000-0001-9097-3524> Wala Kperkouma <https://orcid.org/0000-0002-7533-6356> Batawila Komlan <https://orcid.org/0000-0003-2781-3063>

Comment citer l'article : Coulibaly Yamadou, Keita Aichata, Badjare Bilouktime, Akpegnon Amékaéli Casimir, Folega Fousseni, Wala Kperkouma, et Batawila Komlan (2024) Dynamique urbaine et impacts sur les écosystèmes dans la ville de Kayes, Mali. *Revue Écosystèmes et Paysages*, 4(2) : 1-18, e-ISSN (Online) : 2790-3230
Doi: <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4217>

Reçu : 30 septembre 2024

Accepté : 15 décembre 2024

Publié : 30 décembre 2024



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

Résumé

Durant des décennies, la ville de Kayes (Mali), comme plusieurs villes africaines, a connu une forte croissance démographique. Il en découle une urbanisation rapide, mais surtout incontrôlée. Ces changements ont eu d'énormes répercussions sur les ressources naturelles avec, en l'occurrence, la perte du couvert végétal et des terres agricoles. La présente étude vise à contribuer à une meilleure gestion des écosystèmes urbains dans la ville de Kayes. La méthodologie adoptée est basée sur les techniques d'observation de la terre couplée à une approche systématique intégrant les inventaires écologiques, floristiques et forestières. Les résultats indiquent qu'entre 2000 et 2022, il est remarqué une progression de la trame grise (bâti) de 142,01%, les plans d'eau et les bois (forêts galeries) ont progressé respectivement de 5,79% et 50%. La plus grande régression est observée au niveau de la mosaïque de végétation et des sols nus avec (-47,97% et -46,9% respectivement) soit une superficie de 531 ha et 886 ha au cours de la période, de même que les végétations marécageuses (-28,57%) soit 10 ha. Au total, 105 espèces ont été relevées et réparties en 88 genres et 48 familles. Les 81 personnes enquêtées reconnaissent l'importance des arbres dans la ville de Kayes. Les espèces les plus fréquentes sont : *Azadirachta indica* A.Juss., (51,47%), *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton, (35,63%), *Ziziphus mauritiana* Lam. (35,5%), *Hyphaene thebaica* (L.) Mart, (30,92%), *Borassus aethiopum* Mart., (24,21%), *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile, (23,85%). Trois (03) groupes de végétaux ont été discriminés. Le groupe 1 qui représente les forêts galeries et les zones agricoles, est le plus dense et plus diversifié. Ces informations peuvent aider les structures de gestion des écosystèmes dans la mise en place

des mesures de protection et de conservation du potentiel écologique de la ville.

Mots clés : Dynamique urbaine, service écosystémique, écologie urbaine, biodiversité, Mali.

Abstract

For decades, the city of Kayes (Mali), like many African cities, has experienced strong population growth. This has resulted in rapid, but above all uncontrolled, urbanization. These changes have had enormous repercussions on natural resources, including the loss of vegetation cover and agricultural land. This study aims to contribute to better management of urban ecosystems in the city of Kayes. The methodology adopted is based on earth observation techniques coupled with a systematic approach integrating ecological, floristic and forest inventories. The results indicate that between 2000 and 2022, there has been an increase in the gray area (built-up areas) of 142.01%, while water bodies and woods (gallery forests) have increased by 5.79% and 50% respectively. The greatest regression is observed at the level of the vegetation mosaic and bare soils with (-47.97% and -46.9% respectively) or an area of 531 ha and 886 ha during the period, as well as marshy vegetation (-28.57%) or 10 ha. In total, 105 species were noted and divided into 88 genera and 48 families. The 81 people surveyed recognize the importance of trees in the city of Kayes. The most frequent species are: *Azadirachta indica* A.Juss., (51.47%), *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton, (35.63%), *Ziziphus mauritiana* Lam. (35.5%), *Hyphaene thebaica* (L.) Mart, (30.92%), *Borassus aethiopum* Mart., (24.21%), *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile, (23.85%). Three (03) groups of plants were discriminated. Group 1, which represents gallery forests and agricultural areas, is the densest and most diverse. This information can help ecosystem management structures in implementing measures to protect and conserve the ecological potential of the city.

Keywords: Urban dynamics, ecosystem service, urban ecology, biodiversity, Mali.

1. Introduction

Aujourd'hui, 56 % de la population mondiale, soit 4,4 milliards d'habitants, vivent en ville et cette tendance va se poursuivre. D'ici à 2050, on assistera au doublement du nombre actuel de citadins, avec pratiquement sept personnes sur dix vivant en milieu urbain (Banque mondiale, 2022). Or, l'urbanisation est le phénomène qui va transformer le plus profondément le continent africain au XXI^e siècle (ONU, 2012). Ainsi, la réflexion sur l'avenir des villes et sur la notion de paysage urbain pour un développement durable est une réalité qui s'est imposée aux nations et aux collectivités territoriales ces dernières années (Guinand *et al.*, 2007). Et l'écologie fournit de plus en plus de preuves que les humains modifient radicalement les écosystèmes de la Terre en augmentant l'hétérogénéité des paysages et en transformant leurs cycles énergétiques et matériels (Vitousek *et al.*, 1997).

Le bien-être de tout homme dépend de son bien-être matériel, de sa santé, de ses bonnes relations sociales, de sa sécurité et de sa liberté. Toutes ces composantes sont affectées par les changements dans les services que procurent les écosystèmes (Torre-Schaub, 2022). Cependant, la plupart des études menées sur les arbres en milieu urbain en Afrique portent sur les grandes villes, notamment celles du Grand Nokoué (Amontcha, 2017) ; Bamako (Traoré, 2021) ; Bamako (Diarra, 2015) ; Abidjan (Kouadio, 2016 ; Vroh, 2014) ; Ouagadougou (Pinatel, 1997) ; N'Djamena (FAO, 2012). Or, dans l'armature urbaine actuelle des pays africains, les villes secondaires commencent par jouer un rôle important. Elles deviennent, tant bien que mal, des pôles de développement de leur région et enregistrent de rapides augmentations de leurs populations. Ce qui mérite, selon certains auteurs, que des études soient faites sur les différents problèmes auxquels elles sont confrontées sur tous les plans (Tourey *et al.*, 2021 ; Folega *et al.* 2020 ; Folega *et al.* 2019a et b ;).

Le Mali situé en Afrique de l'Ouest connaît en matière d'urbanisation les mêmes phénomènes que les autres pays de l'Afrique subsaharienne : croissance rapide des villes, extension spatiale de l'espace construit, incapacité des pouvoirs publics à maîtriser cette croissance, faiblesse des moyens financiers consacrés à l'urbanisation (Traoré, 2021). Actuellement urbanisé à 41%, le Mali devrait franchir la barre des 48% d'ici à 2030. Ceci constitue un défi majeur qui doit être pris en compte dans les politiques

publiques maliennes, notamment l'aménagement, l'assainissement et la gestion de l'espace urbain (Traoré, 2021). L'urbanisation croissante des grandes villes du Mali laissera très peu de place aux terres agricoles et pastorales. En effet, plusieurs zones urbaines s'étendront à des zones potentielles de production et ce phénomène pourrait fortement impacter négativement sur les productions agrosylvopastorales (MEEA, 2014).

Le pays dispose de diverses politiques nationales (la politique nationale d'aménagement du territoire, le plan national d'action environnementale, la politique nationale forestière, etc.) ayant pour objectif d'encadrer, de superviser et de définir les mesures environnementales à prendre. Différents outils de planification urbaine (le schéma régional d'aménagement du territoire de la région de Kayes, le plan d'urbanisme sectoriel, le schéma directeur d'urbanisme et le Programme de développement social, économique et culturel de la commune urbaine de Kayes) ont été élaborés. Cependant, la fragilité de l'écosystème, les insuffisances dans le domaine de la planification (à court, moyen et long terme) et l'incapacité à dynamiser l'économie dans le domaine des services rendent les politiques environnementales des villes difficiles à mettre en place (ONU-habitat, 2012). Les études qui sont menées jusqu'à présent sur la dynamique des villes et les écosystèmes au Mali sont non seulement insuffisantes, mais concentrées sur la capitale Bamako. C'est ainsi que cette étude se tourne vers l'une des villes secondaires du Mali. La ville de Kayes, chef-lieu de la première région administrative du Mali, situé à l'ouest de Bamako, ne fait pas exception à cette réalité. La croissance démographique dans la ville de Kayes depuis deux décennies a favorisé une occupation et une installation significative des populations dans les espaces périurbains, ces occupations entraînent plusieurs formes de dégradations sur les écosystèmes (ONU-habitat, 2012).

Il est constaté ces vingt dernières années une forte dégradation de la couverture végétale dans la ville de Kayes et ses environs. En effet, la ville de Kayes connaît aujourd'hui un grand changement dans son aire urbaine, débouchant sur un problème de gestion urbaine en général mais, surtout une incapacité d'assurer la préservation de son milieu naturel. En témoigne la disparition de la ceinture verte qui protégeait la ville de Kayes et dont la préservation a été fortement recommandée dans les SDU (Schémas Directeurs d'Urbanisme) de 1995 et 2006. Avec des écosystèmes fragiles (zone sahélienne), la prise en compte et la gestion durable de ceux-ci (écosystèmes) doit être l'une des priorités des acteurs du développement et de la population pour l'atteinte de l'Objectif 11 des ODD (Objectifs de Développement durable) relatif aux villes et aux communautés durables. Afin d'apporter une connaissance sur les effets de l'évolution de la trame urbaine sur les écosystèmes et leurs services dans la ville de Kayes, la problématique s'articule autour d'une question principale :

Quels sont les impacts de la dynamique urbaine sur les services écosystémiques dans la ville de Kayes ?

De cette question principale découlent trois questions secondaires : Quels sont les facteurs de la dynamique urbaine et les formes d'occupation du sol dans les espaces urbains et périurbains de la ville de Kayes ? Comment la dynamique urbaine impacte les écosystèmes et les services écosystémiques dans la ville de Kayes ? Quel est le niveau de prise en compte de la gestion des écosystèmes urbains et périurbains dans les documents de planification et de gestion de la ville de Kayes d'une part et d'autre part dans les actions des populations ?

L'objectif principal de la présente étude est d'analyser les impacts de la dynamique urbaine sur les services écosystémiques dans la ville de Kayes. Il s'agit spécifiquement de déterminer les mutations et les facteurs de la dynamique urbaine de la ville de Kayes sur la période de 2000 à 2022 ; Evaluer les impacts de la dynamique urbaine et périurbaine sur les écosystèmes et les services écosystémiques ; Analyser les politiques publiques et les actions locales de gestion durable des écosystèmes de la ville de Kayes. L'hypothèse générale est que la ville de Kayes a une forte dynamique du front urbain et ces changements dans son aire urbaine influencent son milieu naturel en général et spécifiquement les écosystèmes et les services écosystémiques.

2. Matériel et Méthode

3. 2.1 Description du milieu d'étude

La ville de Kayes, chef-lieu du cercle (cercle de Kayes) et de la première région administrative du Mali (région de Kayes) est située entre 14° 25' 00" et 14° 30' 00" de latitude nord, et 11° 23' 00" et 11° 28' 00" de longitude ouest, à 610 km à l'ouest de Bamako (Figure 1). La ville est composée de six (06) principaux quartiers à savoir : Khasso, Liberté, Legal Ségou, Plateau, Lafiabougou et Kayes ndi.

La région de Kayes dont la ville de Kayes est la capitale administrative, fait frontière avec la Mauritanie au nord, le Sénégal l'ouest, la Guinée au sud et la région de Koulikoro à l'est. Ce qui fait de Kayes une ville carrefour et la principale porte d'entrée des marchandises du pays avec plus de 21% des exportations du Sénégal.

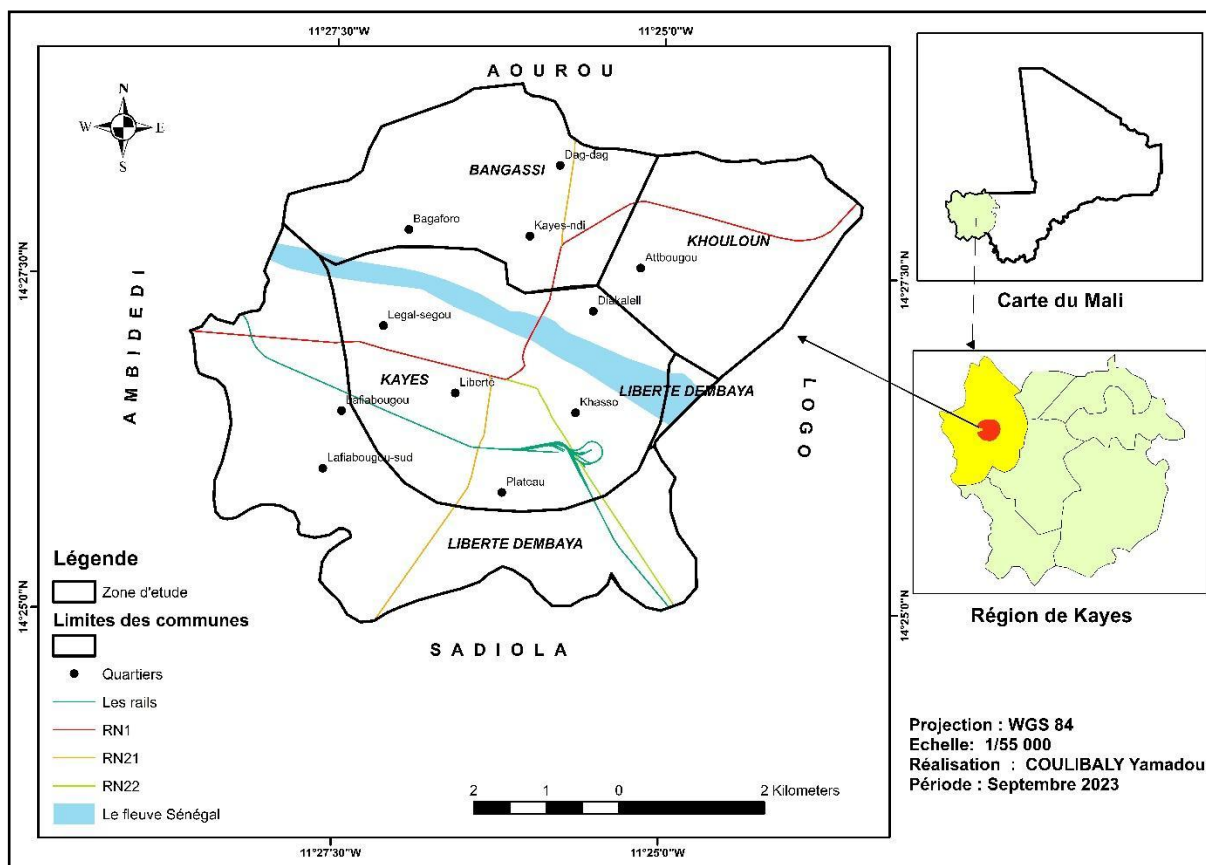


Figure 1 : Carte de la ville de Kayes

Le relief est relativement plat dans l'ensemble avec des pentes principalement comprises entre 0 et 4 %, mais on y rencontre dans les périphéries des plaines, des collines, des grandes dépressions et surtout vers les flancs du plateau mandingue. Le climat est caractérisé par deux (02) saisons. Une saison sèche qui dure d'octobre à mai et une saison pluvieuse qui dure de juin à septembre. La température moyenne annuelle est de 30 °C. Le réseau hydrographique est composé du fleuve Sénégal et deux (02) cours d'eaux temporaires (le Paparah et le Kamankolé). Sur le plan socio-économique, la ville de Kayes compte 164 515 habitants (RGPH, 2022), les principales activités économiques de Kayes sont : le commerce, l'agriculture, l'élevage, l'artisanat. On distingue deux types de formation végétale dans le cercle de Kayes. La zone sahélienne (ou septentrionale) couvrant la majeure partie du cercle de Kayes est le domaine de la steppe, formation épineuse à prédominance d'*Acacia* spp, de *Balanites*, de *Zizyphus*. Lorsqu'on se rapproche du fleuve, l'aridité diminue et on pénètre alors dans la zone sud du sahel que d'aucuns appellent « Sahel Soudanais ». La steppe à épineux qui règne plus au nord est remplacée par un mélange *Borassus aethiopum* Mart., *Hyphaene thebaica* (L.) Mart, *Phoenix dactylifera* L., et *Adansonia digitata* L., éparpillées parmi les Combrétaceae.

2.2 Collecte des données

La collecte des données porte sur les données satellitaires, les données sur la flore, les données d'enquêtes et d'entretiens.

2.2.1 Structure des unités paysagères

Les données de télédétection utilisées sont constituées des images obtenues à partir des travaux de (Potapov *et al.*, 2022) sur la couverture mondiale des terres et changement d'affectation des terres, UMD GLAD. Les images des années 2000 et 2022 ont été téléchargées du site internet : https://earthmap.org/documents/GLCLU2020_legend.xlsx. Le choix de ces données se justifie par le fait que les données GLAD Global Land Cover and Land Use Change quantifie les changements dans l'étendue et la hauteur des forêts, les terres cultivées (zones agricoles), les terres bâties (installations humaines), les eaux de surface (plan d'eau entre 2000 et 2020 à une résolution spatiale de 30 m. Pour affiner davantage les résultats liés à la classification des images, d'autres données cartographiques existantes sont utilisées. Celles-ci concernent la carte IGN et les ressources numériques en ligne (Google Earth). Les fichiers vecteurs (limites de la commune, les routes, le réseau hydrographique, etc.) sont issus de la base de données de l'Institut Géographique du Mali.

2.2.2 Inventaires floristique et forestier

Les points d'inventaires ont été choisis selon un échantillonnage stratifié, après un aperçu sur la physionomie de la végétation que présente la ville de Kayes sur le logiciel Google Earth pro, trois strates ont été identifiées : les zones d'habitation, les zones agricoles et boisées et les berges du fleuve Sénégal. Au total, 40 placettes ont été réparties dans les strates selon la taille de chaque strate.

A chaque point d'échantillonnage, une placette a été installée en fonction du type de végétation dans chaque strate, avec une distance d'un (1) kilomètre sur les berges du fleuve et d'un kilomètre et demi dans les zones d'habitation et les zones agricoles et boisées entre les placettes et entre les lignes. Ainsi, selon le type de formation végétale, une taille de placette fût adoptée. Les placettes carrées de 30x30m (900m²) dans les zones d'habitation, 50x50m (2500m²) dans les zones agricoles et boisées, des placettes rectangulaires de 50x10m (500m²) pour les voiries (Maazou *et al.*, 2017 ; Fousséni *et al.*, 2019). Les espèces ont été inventoriées, des mesures dendrométriques ont été effectuées sur l'ensemble des arbres sur chaque placette. Ces mesures ont concerné les arbres dont le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) est supérieur à 10 cm (Wala *et al.*, 2012). Les paramètres dendrométriques pris en compte sont la hauteur totale, la hauteur du fût, estimées par cotation visuelle et le DHP mesuré à l'aide du mètre ruban. Simultanément à ces deux (02) inventaires (Floristique et Forestier), celui des descripteurs écologiques a été réalisé en tenant compte des paramètres comme : la situation par rapport au cours d'eau ou mare, le degré de fermeture du couvert, le drainage, le degré des actions anthropiques et autres.

2.2.3 Perception locale d'écologie urbaine

Une approche basée sur des enquêtes a permis d'appréhender la perception des services écosystémiques dans la zone d'étude. Les enquêtes ont porté sur la perception des écosystèmes par les chefs de ménage de la ville. Le focus-group s'est tenu avec les membres de deux associations qui interviennent dans la foresterie dans la ville de Kayes (Association des Jeunes Patriote de Kayes et l'Association « je suis les routes de Kayes ») et quatre (4) représentants des exploitants de bois et de fourrage de Kayes. Le principe de la théorie de Ardilly (1994) a été utilisé pour la détermination de la taille de l'échantillon. Pour le compte de cette recherche, la base de sondage est 1/250 soit un taux de sondage 0,004% a été retenu.

Procédure de calcul de la taille de l'échantillon

$$N_i = N \times \frac{1}{250} = 20.000 \times \frac{1}{250}$$

N : l'effectif des ménages

T : le taux de sondage retenu pour l'enquête

N_i : la taille de l'échantillon, alors, N_i = N x T

Application Numérique : N_i = 20.000 x 0,004 ; N_i = 80.

Les informations ont été obtenues auprès des populations des six (6) principaux quartiers de la zone d'étude. La sélection de ces derniers est faite de façon aléatoire dans chaque quartier, une fiche d'enquête individuelle a été remplie par chaque enquêté et deux focus-group ont été organisés. Au total, 81 personnes dont 49 hommes soit 60,5 % et 32 femmes (39,5 %) avec une multitude d'ethnies et de diverses catégories socioprofessionnelles ont été enquêtées. Ajoutant ainsi une personne à notre échantillon de base (80), la personne voulant vraiment faire partie de l'enquête, alors que nos 80 personnes étaient complètes. Le questionnaire est essentiellement porté sur la connaissance des différents services écosystémiques, leurs rôles ainsi que la gestion des arbres dans la ville.

Une deuxième étape a porté sur les entretiens. L'entretien semi-directif permet une évolution et une adaptation de la grille en fonction des informations recherchées (Combessie, 2007). Les entretiens ont concerné : Le Directeur du service technique de la mairie centrale de Kayes ; Le maire de la commune rurale de liberté dembaya ; Le chef de cantonnement des services des eaux et forêts de Kayes ; Le président des Groupements à Intérêt Economique (GIE) de Kayes.

Une grille d'entretiens a été élaboré avec des questions ouvertes. Les questions portent sur :

Leur perception tant qu'autorité et acteur impliqué dans la foresterie de Kayes ; Les pratiques de la foresterie dans la ville de Kayes, leur rôle et leur participation ; Les mécanismes de gestion des arbres de la ville de Kayes ; Les contraintes au développement de la foresterie urbaine et les projets en cours pour développement la foresterie urbaine à Kayes.

2.3 Analyse des données

2.3.1 Structure des unités paysagères

Les images téléchargées sont déjà traitées et classifiées. Les classes obtenues sont soumises à des traitements de post-classification dans le logiciel QGIS (version 3.28). Des visites sur le terrain ont été faites pour lever les incertitudes et augmenter la fiabilité de la cartographie. Le taux d'évolution (Ta) d'une unité d'occupation donnée entre deux années X et Y exprimant la proportion de chaque unité de végétation naturelle qui change annuellement est calculé à partir de la formule suivante (Arouna, 2012) :

$$Ta = [(SY - SX) / SX] * 100 / I$$

Où, Sx = superficie d'une unité de végétation en année X, Sy = superficie de la même unité de végétation en année Y, et I = nombre d'années entre les années X et Y.

2.3.2 Inventaire floristique et forestier

Les données collectées sont saisies dans le tableur Excel® 2019. Une matrice « Relevés x Espèces » est réalisée en Présence/Absence avec en ligne les espèces et en colonnes les relevés. Les analyses multidimensionnelles du dendrogramme ont été réalisées à partir des données d'inventaire forestier (Tableau 1). À chaque espèce relevée, la famille, le genre correspondant sont affectés. Cette matrice est soumise à une classification d'analyse des composantes principales et à l'analyse hiérarchique ascendante suivant la méthode de Ward, afin de discriminer les groupements végétaux. Ces deux (02) analyses sont réalisées à l'aide du logiciel CAP® (Community Analysis Package). La richesse spécifique a été calculée. La détermination de la diversité alpha a été faite par le calcul de la richesse spécifique (Rs), de l'indice de diversité de Shannon (Ish) et de l'équitabilité de Piélou (Eq) (Magurran, 1988). Ces indices sont les plus utilisés pour l'étude de la diversité de la végétation tropicale et ont pour formules.

Tableau 1 : Paramètres dendrométriques

Paramètres	Formules	Sources
Densité totale (D) des ligneux	$D = \frac{n}{S}$	(Marcon, 2014)
Diamètre moyen (Dm) des arbres	$D_m = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}$	(Marcon, 2014)
Surfaces terrières (G) des ligneux	$G = \frac{\pi}{4S} \sum_{i=1}^n d_i^2$	(Marcon, 2014)
Hauteur moyenne de Lorey	$H = \frac{\sum_{i=1}^n g_i h_i}{\sum_{i=1}^n g_i}$	(Wala, 2012)
Richesse spécifique (Rs)	Rs=S	(Folega, 2019)
Indice de diversité de Shannon	$-\sum_{i=0}^n \left(\frac{n_i}{n} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{n} \right)$	(Folega, 2019)
S=nombre d'espèces	S	(Folega, 2019)
n : nombre total de relevés	n	(Folega, 2019)
Indice d'équitabilité de Piélou (Eq)	(Eq) : $E = \frac{H'}{\log_2 S}$	(Folega, 2019)

2.3.3 Perception locale d'écologie urbaine

Les données d'enquête ont été exportées du logiciel kobocollect en format csv puis importées dans le logiciel SPSS pour le traitement. Ce dernier a permis d'apprécier les différents services écosystémiques rendus dans la ville et les différents avis de la population locale. Les calculs de proportions et l'analyse multivariée ont été effectués à l'aide du logiciel Excel office 16.

3. Résultats

3.1 Analyse structurale du paysage urbain de la ville de Kayes

La cartographie de la ville de Kayes a permis d’obtenir cinq (06) unités d’occupation du sol : les sols nus, les végétations marécageuses, les plans d’eau, la mosaïque de végétation (savanes arbustives épineuses, les champs et la ceinture verte), la forêt galerie et les bâtis. L’analyse diachronique de l’occupation du sol entre 2000 et 2022, montre une forte poussée urbaine engendrant de fortes mutations paysagères. Il est noté une expansion rapide des installations humaines qui passent de 995 ha en 2000 à 2408 ha en 2022, soit presque le triplement en deux décennies. En revanche, on note une réduction drastique des sols nus et des mosaïques vertes qui passent respectivement de 1889 ha et 1107 ha en 2000 à 1003 ha et 576 ha en 2022, soit presque la moitié. La réduction de la trame verte (savane arbustive, champs et ceinture verte) impact très négativement la production agrosylvopastorale de la ville. En ce qui concerne la réduction des champs, en dehors des berges et les lits des cours d’eau, la ville de Kayes ne dispose plus d’espace cultivable. Ce sont les communes rurales voisines qui servent de lieux de production agrosylvopastorale Et la ceinture verte qui constituait un brise-vent pour la ville est en voie de disparition, presque 90 % de sa surface est aujourd’hui occupée par la trame grise (Figure 2).

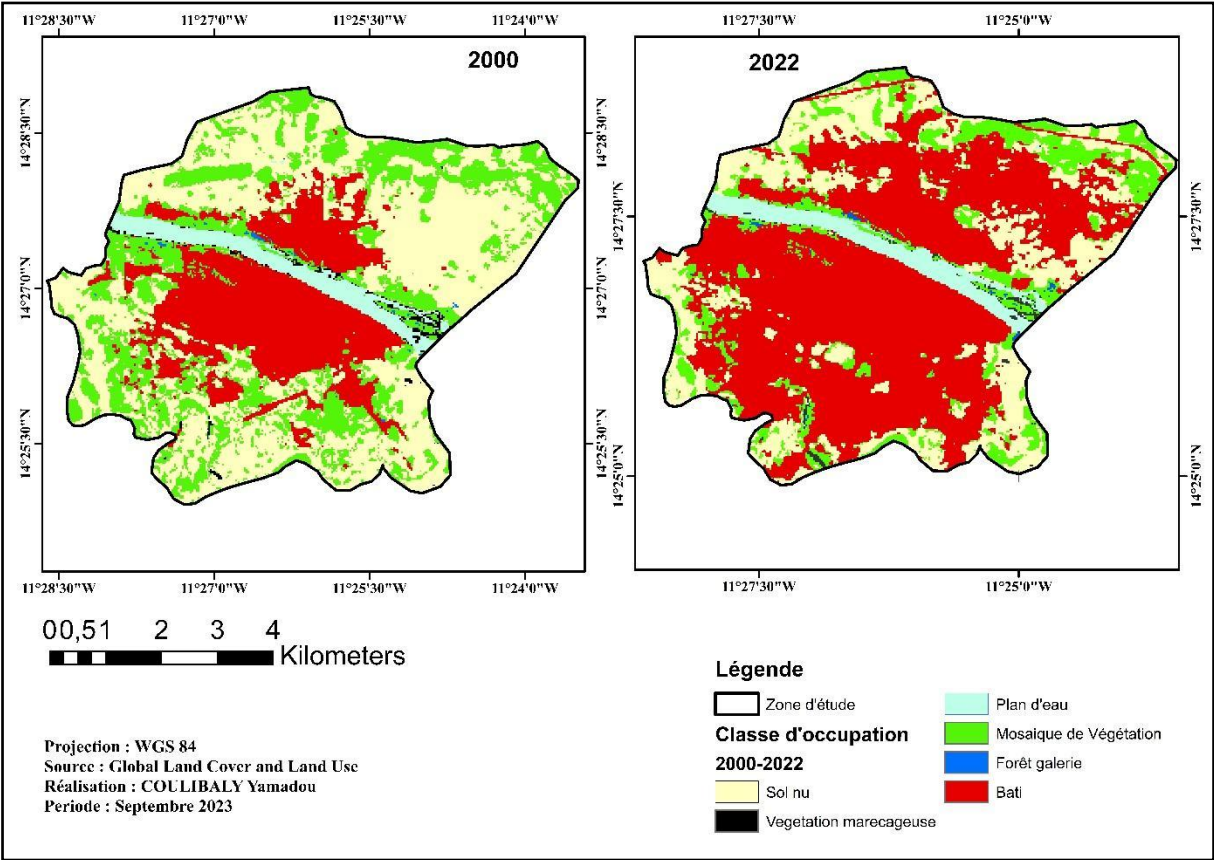


Figure 2 : Dynamique de l’occupation du sol de 2000 à 2022

Il est remarqué une progression des plans d’eau et des forêts galeries qui passent respectivement de 190 ha et 6 ha en 2000 à 201 ha et 9 ha (Tableau 2). Ces progressions s’expliquent par l’érosion hydrique sévère sur les flancs du fleuve Sénégal et la disparition des ilots due à l’exploitation excessive du sable d’une part et aux reboisements de l’OMVS pour empêcher le dépôt des ordures sur les berges du fleuve d’autre part.

Tableau 2 : Evolution des modes d’occupation du sol de 2000 à 2022

Occupation du sol	Superficies		Taux d'évolution
	2000	2022	2000-2022

	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Végétation marécageuse	35	0,83	25	0,59	-10	-28,57
Forêt galerie	6	0,14	9	0,21	+3	50
Mosaïque de végétation	1107	26,22	576	13,64	-531	-47,97
Sol nu	1889	44,74	1003	23,76	-886	-46,9
Plan d'eau	190	4,5	201	4,76	+11	5,79
Bâti	995	23,57	2408	57,03	+1413	142,01

La progression de la trame grise impacte très fortement les autres unités d'occupation (végétation marécageuse, mosaïque de végétation et le sol nu). La régression de ces unités affecte la production agrosylvopastorale de la ville de Kayes. Les sols nus servaient d'aires de repos aux animaux en transhumance, la régression de ceux-ci favorise l'utilisation des forêts périurbaines comme aires de repos. La pression de ces animaux perturbe la régénération naturelle.

3.2 Caractéristique écologique des écosystèmes urbains et périurbains de la ville de Kayes

3.2.1 Diversité des espèces

Les inventaires floristiques menés dans la ville de Kayes ont permis de recenser 105 espèces réparties en 88 genres et 48 familles (Figure 3). Les familles les plus représentées sont les Meliaceae avec (11,34% avec 2 espèces), les Arecaceae (7,56% avec 3 espèces), les Asclepiadaceae (6,72% avec 1 espèce), les Rhamnaceae (6,30% avec 1 espèce), les Leguminosae-Caesalpinioideae et les Moraceae (5,88% et 5 espèces chacune), les Leguminosae-Mimosoideae (5,46% avec 10 espèces), les Combretaceae et les Zygophyllaceae (4,62% chacune avec 4 et 1 espèces respectivement), Anacardiaceae avec (4,2% avec 2 espèces). Les autres familles sont représentées par moins de 4 % et cumulent une proportion de 37,42 %, les Bombacaceae 3,34%, les Lythraceae et les Verbenaceae 2,52% chacune, les Cucurbitaceae 1,25%.

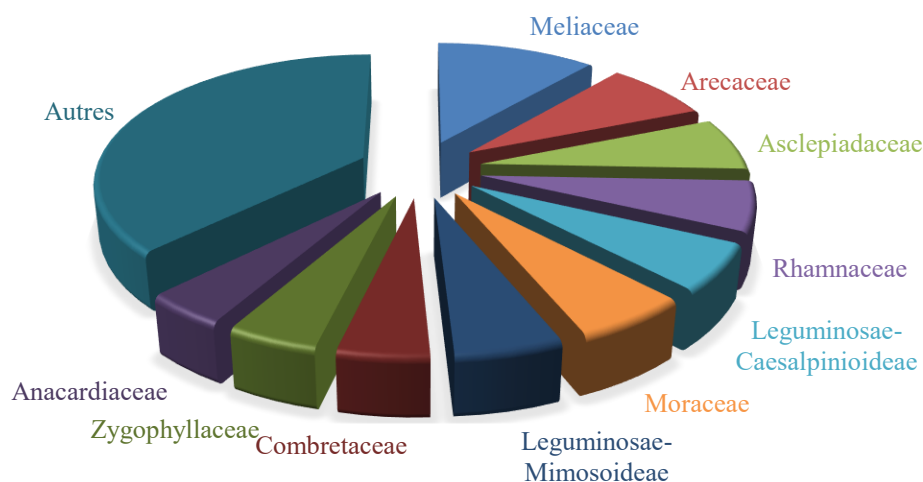


Figure 3 : Spectre des familles

Les espèces les plus fréquentes sont : *Azadirachta indica* A.Juss., (51,47%), *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton, (35,63%), *Ziziphus mauritiana* Lam. (35,5%), *Hyphaene thebaica* (L.) Mart, (30,92%), *Borassus aethiopum* Mart., (24,21%), *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile, (23,85%), *Ficus longifolia* L., (21,35%), *Mangifera indica* Linn. (21,35%), *Terminalia mantaly* L. ; (19,2%), *Piliostigma reticulatum* (DC.) Höchst. (16,8%), *Ficus jeddah* L., (16,5%), *Adansonia digitata* L., (10,10%), *Lawsonia inermis* L., (10,10%), *Acacia nilotica* (L.) Willd. (9,8%). La figure 4, nous représente la fréquence des espèces.

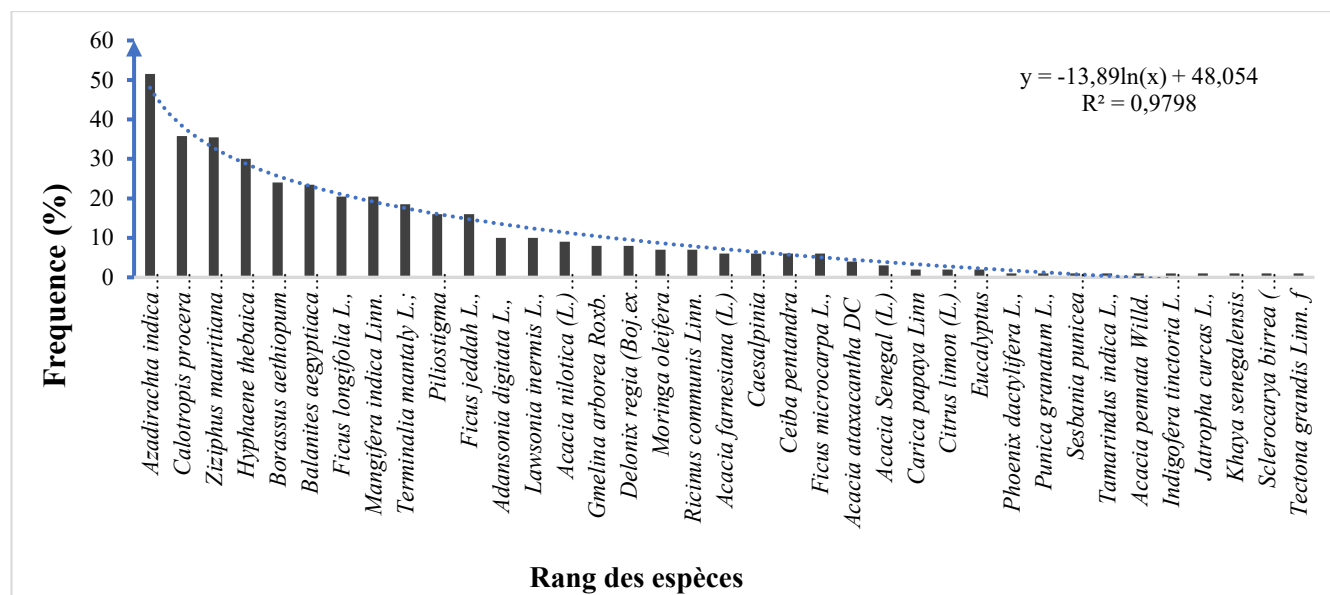


Figure 4 : Courbe rang-fréquence des espèces

3.3 Description des formations végétales

Afin d'établir la typologie des formations végétales, une analyse en composantes principales (ACP) (Figure 5) des relevées a été faite, ainsi qu'une classification ascendante hiérarchique (CAH). L'analyse factorielle a permis de discriminer 3 groupes suivant l'axe 1 qui traduit le gradient pédologique (Argileux à sablonneux) de la gauche vers la droite. L'axe 3 traduit un gradient croissant d'anthropisation du haut vers le bas. La CAH a permis de distinguer trois (03) groupes : le groupe 1 (G1), le groupe 2 (G2) et les groupe 3 (G3). Le groupe G1 représente le groupe des formations forêts galeries et les zones agricoles, le groupe G2 représente par les formations à savanes arbustive épineuse, arborées tandis que les groupe G3 représente les voiries et établissements.

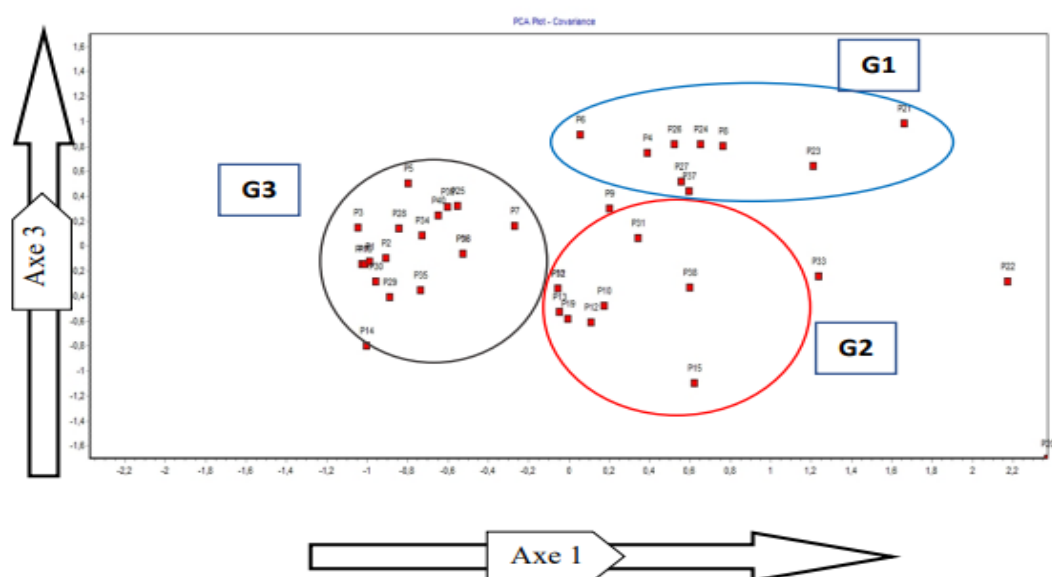


Figure 5 : Typologie de la trame verte

L'analyse du (tableau 3), montre que la richesse spécifique est plus élevée au niveau du groupe 1 (G1) qui représente la forêt galerie et les champs avec 86 espèces et très faible au niveau du groupe 3 (G3) qui représente les voiries et les établissements avec 26 espèces. L'indice de Shannon est élevé ($4,12 \pm 0,05$) dans le groupe 1, caractéristique des formations moyennement diversifiées par rapport au groupe 2 ($3,12 \pm 0,04$) et au groupe 3 ($2,41 \pm 0,06$) ce qui traduit des formations très faiblement diversifiées. L'Équitabilité de Pielou est faible dans tous les groupes. La hauteur moyenne des individus inventoriés varie selon les groupes. Elle est plus élevée dans le groupe 1 (8,2m) et faible dans le groupe 3 (6,69m). Le groupe 1 a des individus dont le diamètre est le plus élevé (24,77cm) tandis que les individus de faibles diamètres s'observent dans le groupe 2 (17,62). Par contre, la densité est très élevée dans le groupe 1 (184 pieds/ha) et faible dans le groupe 3 (122 pieds/ha). Cette différence entre les groupes est liée au facteur anthropique. En effet, le groupe 1 est moins anthropisé avec moins de sol artificialisé par rapport aux autres.

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des groupements végétaux

Groupe	Rs	Dm (cm)	Hm(m)	D (tiges/ha)	G (m ² /ha)	H'	E
G1	86	24,77	8,2	184,8	8,91	$4,12 \pm 0,05$	$0,64 \pm 0,01$
G2	45	17,62	7,8	129,1	4,72	$3,12 \pm 0,04$	$0,63 \pm 0,01$
G3	26	22,69	6,69	122	7,45	$2,41 \pm 0,06$	$0,60 \pm 0,01$

Rs : richesse spécifique, H' : indice de Shannon (bits), E : équitabilité de Pielou, D: densité (tiges/ha), Hm : hauteur moyenne de Lorey (cm), G : surface terrière (m²/ha).

Le groupe 1 qui représente les forêts galeries et les zones agricoles, est le plus dense et le plus diversifié. Cette différence entre les groupes est liée au facteur anthropique. En effet, le groupe 1 est moins anthropisé avec moins de sol artificialisé par rapport aux autres par rapport au groupe 2 et 3.

3.4 Perception locale d'écologie urbaine

3.4.1 Profil sociodémographique des personnes enquêtées

3.4.1.1 Répartition des enquêtés par quartier et par sexe

Les quartiers ont été choisis d'une manière raisonnée, après un aperçu sur la physionomie de la ville de Kayes, les quartiers : Khasso, Kayes n'di, liberté et lafiabougou présentent beaucoup d'écosystèmes. En effet, les trois premiers se trouvent au bord du fleuve Sénégal et le dernier (lafiabougou) regroupe les derniers espaces agricoles de la ville. Et le choix des ménages a été fait de façon aléatoire. Sur les 81 personnes enquêtées, les hommes représentent 49 soit 60,5% et les femmes représentent 39,5% (Tableau 4).

Tableau 1 : Répartition des enquêtés par quartier et par sexe

Quartier	Enquêtés	Hommes	Femmes	(%)
Khasso	17	10	7	20,9
Liberté	15	9	6	18,5
Plateau	7	2	5	8,64
Legal segou	11	8	3	13,6
Kayes ndi	15	11	4	18,5
Lafiaboudou	16	9	7	19,8
Total général	81	49	32	100

3.4.2 Caractéristiques socioéconomiques des enquêtés

La présentation des caractéristiques socioéconomiques des enquêtés, porte sur l'âge de la population et les activités économiques et le niveau d'éducation.

3.4.2.1 Population majoritairement jeune, un atout pour la foresterie urbaine

Selon les résultats provisoires du 5^{ème} RGPH du Mali, les jeunes de 15 à 40 ans représentent 29 % de la population Kayesienne. Ainsi, sur les 81 personnes enquêtées, l'intervalle d'âge le plus représenté est 25 à 35 (32,1%), suivi de l'intervalle 35 à 45 avec (22,22%) et les plus de 65 ans sont les moins représentés avec (7,41%). La figure 6, présente la répartition des enquêtés selon leur âge.

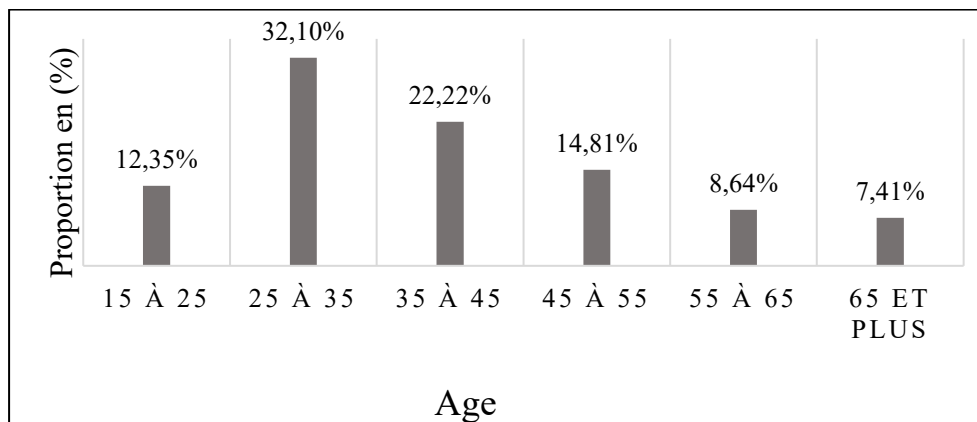


Figure 6 : Répartition de la population selon l'âge

La forte proportion de la jeunesse constitue une force pour le déploiement de l'écologie urbaine de la ville de Kayes. La jeunesse représente non seulement le présent en termes de bras valides et de dynamisme, mais aussi les futurs gestionnaires de la ville.

3.4.2.2. Activité économique dominée par les particuliers

Les résultats des enquêtes montrent, en ce qui concerne les activités exercées par la population, une dominance des particuliers (menuisiers, couturiers, maçons, boutiquiers, garagistes) avec 56,7%, suivis des fonctionnaires (fonctionnaires étatiques, les fonctionnaires de la collectivité et les contractuels des collectivités) avec 20,9%, les ménagères (femmes aux foyers) représentent 12,3% et les autres (les travailleurs journaliers, les hommes de caste et les chefs religieux) avec 9,8% (Figure 7).

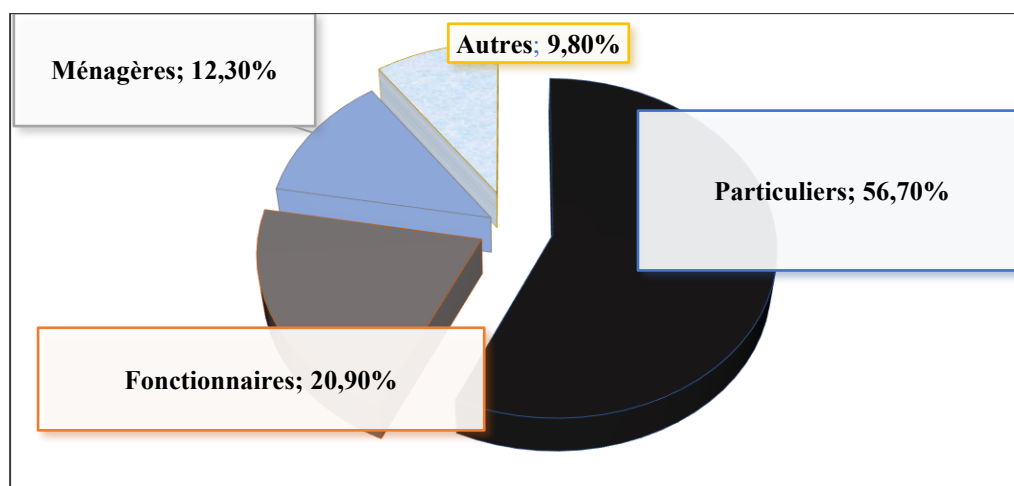


Figure 7: Répartition de la population selon les activités

La forte proportion des particuliers montre que la ville de Kayes est une ville carrefour et la principale porte d'entrée du Mali. Plus de 21% des marchandises du port de Dakar sont destinés pour le Mali. Cette situation serait bénéfique aussi pour la collectivité de Kayes en termes de mobilisation de ressources pour financer la foresterie urbaine.

3.4.2.3. Le niveau d'éducation, un atout pour la formation et la sensibilisation

En ce qui concerne le niveau d'éducation, le niveau universitaire est le plus représenté avec 27,16%, le niveau second-cycle et le lycée avec 20,99% chacun, le niveau primaire 16,04% et autres formations (les formations d'alphabétisation, et coraniques) 14,81% (Figure 8).

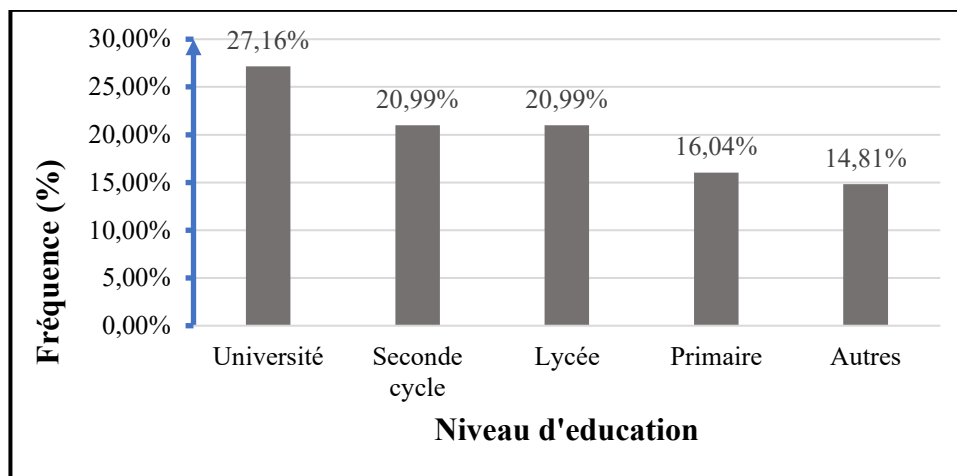


Figure 8 : Répartition de la population selon le niveau d'éducation

Analyse de cette figure nous montre un niveau élevé d'éducation des chefs de ménages dans la ville de Kayes. Ce qui doit être un atout pour la foresterie de la ville. Les sensibilisations pour la prise de conscience d'une manière scientifique sera facile.

3.4.3 Services écosystémiques

Les arbres dans la ville de Kayes sont importants à travers les avantages qu'ils procurent à la population. Ainsi, après analyse des données, 100 % des enquêtés reconnaissent qu'il y a des avantages à avoir des arbres dans la ville de Kayes. Ces avantages correspondent aux services écosystémiques d'approvisionnement, de régulation, de soutien et culturels. Dans les focus-groups souvent certaines personnes confondent insuffisance et importance, ceux-ci pensent que les arbres n'ont pas de rôle parce qu'ils sont insuffisants dans la ville.

3.4.3.1. Services d'approvisionnement

Sur la base des données collectées dans la ville auprès des enquêtés, toutes les personnes questionnées affirment utiliser les organes des arbres dans l'alimentation, les feuilles et les fruits sont les plus utilisés. Les espèces les plus utilisées dans l'alimentation sont : *Adansonia digitata* L., *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile, *Borassus aethiopum* Mart., *Carica papaya* Linn, *Citrus limon* (L.) Burm.f., *Hyphaene thebaica* (L.) Mart, *Mangifera indica* Linn, *Ziziphus mauritiana* Lam. En outre 66,67% estiment que les espèces végétales sont utilisées pour le bois de chauffe et le bois énergie (Figure 9), les espèces les plus utilisées sont (*Acacia nilotica* L. Willd., *Azadirachta indica* A.Juss., *Acacia Senegal* (L.) Willd., *Acacia seyal* Delile var). 83,95% ont affirmé que les ligneux sont utilisés pour la médecine traditionnelle (les espèces fréquemment utilisées : *Moringa oleifera* Lam., *F*, *Azadirachta indica* A.Juss, *Carica papaya* Linn, *Euphorbia hirta* L., *Combretum micranthum* G.Don, *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton,), et 34,57% pour les matériels de construction (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Gmelina arborea* Roxb, *Tectona grandis* Linn.).

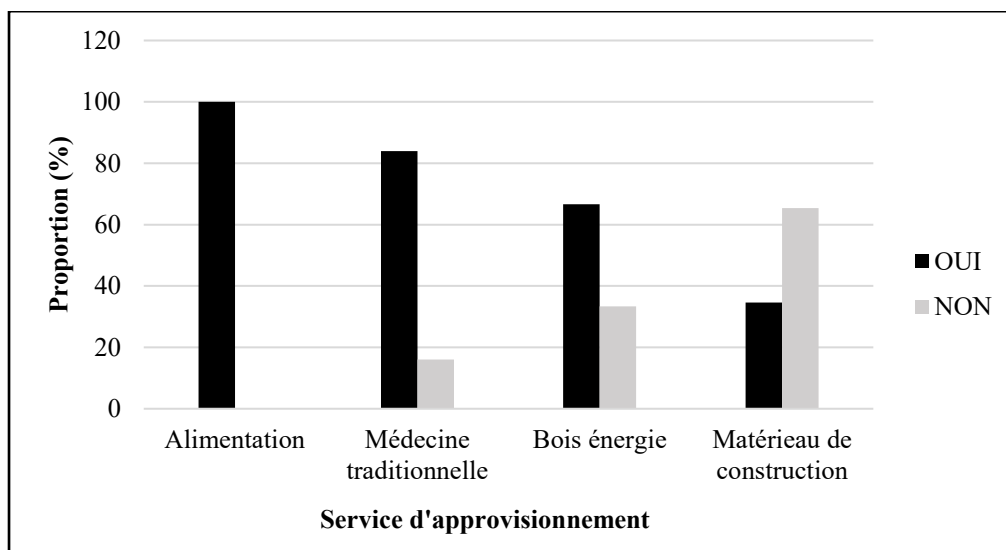


Figure 9 : Services d'approvisionnement

En termes d'approvisionnement, les populations de la ville de Kayes tirent beaucoup de ressources nécessaires pour leur épanouissement. Mais il faut rappeler que la ville de Kayes ne dispose plus d'espace rural. Les rares zones boisées dans les périphéries ne peuvent pas satisfaire les besoins d'approvisionnement. Ce sont les communes rurales voisines qui approvisionnent la ville de Kayes.

3.4.3.2. Services de régulations et de soutiens

Ils sont repartis en cinq (5) ordres : la régulation de température, la purification de l'air, la modération des vents violents, l'ombrage et la réduction de l'érosion. Ainsi 65 personnes sur 81, soit 80% ont affirmé que les plantes influencent positivement (réduisent) la température dans la ville, 74% des personnes enquêtées pensent que les plantes jouent un rôle important dans la purification de l'air. En réponse à la question "Pensez-vous que la présence d'arbres réduit l'effet des vents violents ?" 63 personnes soit 78% ont répondu OUI, toutes les personnes, soit 100% affirment que les arbres protègent contre le soleil dans la ville, aussi 62% pensent que les arbres protègent contre l'érosion dans la ville de Kayes (Figure 10).

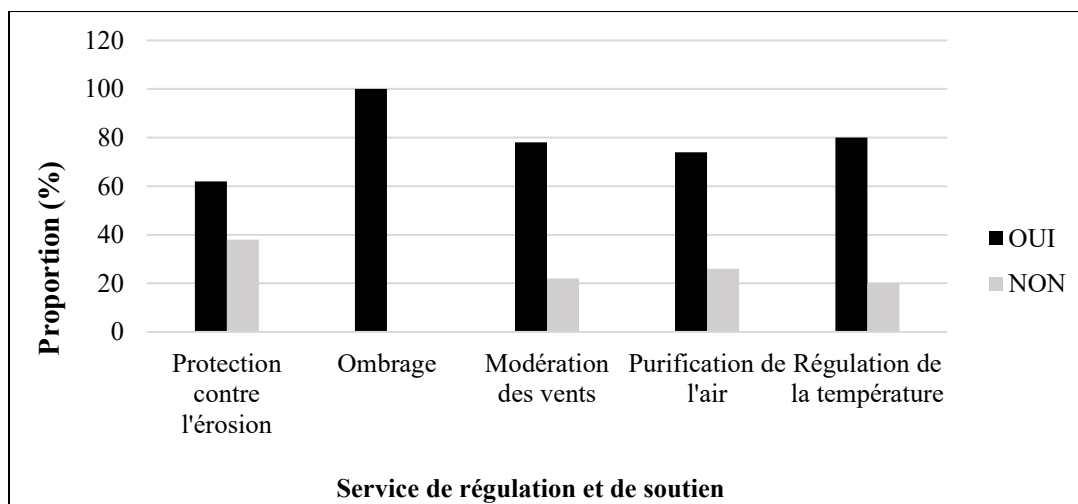


Figure 10 : Services de régulation et de soutien

Toutes les personnes enquêtées reconnaissent le rôle de l'arbre pour l'ombrage. En effet, la ville de Kayes a une température moyenne très élevée dans le mois d'avril et mai. Ce qui pousse les chefs de ménage à planter au moins un arbre dans la cour. La protection contre l'érosion est plus citée dans les quartiers situés aux bords du fleuve Sénégal (Khasso, Kayes ndi, Liberté). Ils

affirment que les arbres diminuent les érosions et donnent toujours comme exemple les plantations effectuées par l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS), qui ont réduit les érosions sur certaines parties des berges.

3.4.3.3. Services culturels

En ce qui concerne les services culturels, les questions s'articulaient au tour de cinq (5) points : loisir/détente, art, cohésion social, spirituel et le tourisme. Sur la base des données, seulement 12 % et 13,5% affirment respectivement qu'il existe un lieu de détente et de cohésion social. Par ailleurs, 9,8% pour l'existence des arbres à valeur spirituelle. Néanmoins, 5% pense que la beauté naturelle de ville induite par la trame verte, attire les touristes, mais selon le chef d'agence de Mali-city tour de Kayes 98% des touristes viennent à Kayes pour les infrastructures coloniales.

3.4.4. Foresterie urbaine en pratique dans la ville de Kayes

L'analyse des résultats des entretiens et enquêtes montre qu'aujourd'hui la pratique de la foresterie dans la ville de Kayes se situe à trois (3) niveaux : les autorités de gestion (les services forestiers et les mairies), les regroupements (associations, ONG, etc.) et la population.

Les services des eaux et forêts interviennent fréquemment dans les zones périurbaines à travers la mise en place des bosquets, l'enrichissement des forêts classées de paparah et de dag-dag et la mise en disposition des arbres à la population dans la semaine de l'environnement. Les mairies n'ont pas de programme spécifique pour la foresterie urbaine. Mais néanmoins, la mairie centrale de Kayes programme régulièrement, sous financement des partenaires, des reboisements chaque année. Les associations et les ONG jouent un rôle très important dans la pratique de la foresterie dans la ville de Kayes. L'OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal) a fortement contribué à la préservation et la progression des forêts galeries à travers ces programmes de reboisement. La population, consciente de l'importance des arbres dans la ville, joue un rôle non négligeable dans la foresterie urbaine de Kayes. Sur les 81 personnes enquêtées, 80 personnes, soit 98,8% ont plus d'un arbre dans leurs concessions et devant leurs portes.

Pour la gestion des arbres dans la ville de Kayes, 62 enquêtés sur 81, soit 76,5% trouve que la gestion des arbres dans la ville est mauvaise (Tableau 5), leurs arguments sont soutenus par le fait que les arbres des voiries ne sont pas régulièrement entretenus, l'absence des espaces verts ou parcs de loisirs publics, l'absence des arbres au niveau de certaines routes et bien d'autres.

Tableau 5 : Gestion des espaces verts selon les enquêtes

Gestion des arbres dans ville	Enquêtés	Pourcentage
Mauvaise	62	76,6%
Bonne	19	23,4%
Total	81	100%

3.4.4.1 Contraintes au déploiement de l'écologie urbaine dans la ville de Kayes

Il ressort des entretiens que plusieurs contraintes freinent le déploiement de la foresterie dans la ville de Kayes. Cinq (5) contraintes majeures ont été identifiées : le sous-financement, l'occupation de l'espace (les zones réservées aux espaces verts et les blocs de la ceinture verte), la divagation des animaux, les morcellements anarchiques dans les zones d'extension et la non prise en compte de la population.

4. Discussions

4.1. Dynamique urbaine et impacts sur les milieux naturels et les écosystèmes

Les résultats de l'analyse des cartes d'occupation de la ville de Kayes, montrent une nette progression de la trame grise (les bâtis) qui est passée de 995 ha à 2 408 ha sur la période 2000-2022. Elle a été multipliée par plus de 2. Cette progression se fait au détriment de la trame verte (la savane arbustive, les champs et la ceinture verte) qui est passée de 1107 ha à 576 ha au cours de la même période, soit une régression de 47,97%. Cette conversion impacte directement le patrimoine écologique et les services écosystémiques qu'il fournit. Dans les aires urbaines africaines, caractérisées par une urbanisation galopante, ces résultats sont similaires à ceux de (Diarra et al., 2015) sur la ville de Bamako, qui ont montré une augmentation rapide du bâti entre 1996 et 2014, passant de 9661,8 ha à 42906,06 ha et une régression de la couverture végétale de 1700 ha. Les résultats de (Kamusoko et al., 2017) ont montré une expansion très importante du bâti entre 1990 et 2014 : 6,2 et 103,9 km² à l'île Mbiye à Kisangani (République Démocratique du Congo). Une étude menée dans la province métropolitaine de Harare, par (Kamusoko et al., 2013) a abouti à des conclusions proches des nôtres, le bâti a connu une extension rapide au détriment du non bâti (zones agricoles et forestières) entre 1984 et 2013 ; passant respectivement de 118,6 et 822,9 km² à 342, 2 et 597 km². L'évaluation de la dynamique spatio-temporelle de la végétation a relevé la régression des forêts claires et sèches dégradées et des mosaïques forêts-savanes (formations naturelles) au profit des formations anthropiques dans le CENRE-TOGO (Zakariyao et al., 2013). La régression de la couverture végétale fermées a été mise en évidence dans le bassin de Zio (Seou et al., 2022). Dans d'autres aires urbaines, nos

résultats sont similaires avec ceux de (Auch et *al.*, 2012) qui montrent qu'entre 1973 et 2000, la nouvelle couverture terrestre développée (urbaine et bâtie) aux États-Unis provenait principalement de la conversion de l'agriculture, des forêts, des prairies/arbustes et des terres humides. Les résultats de (Sleeter et *al.*, 2013) montrent que les conversions des unités d'utilisation des terres développées ont un impact direct sur les autres couvertures terrestres et les services écosystémiques qu'elles fournissent.

Cette étude a permis de relever l'existence de 105 espèces réparties en 88 genres et 48 familles. Le nombre d'espèces relevé dépasse largement celui recensé de (N'Zala et *al.*, 2002) avec 31 espèces à Brazzaville, ceux de (Folega et *al.*, 2019) avec 67 espèces dans la ville de Atakpamé (Togo). En revanche, la richesse spécifique de la ville de Kayes reste inférieure à celle évaluée dans la ville de Sokodé (Togo) 118 espèces (Tourey et *al.*, 2020). Ces différences peuvent s'expliquer d'une part par la différence des précipitations et de température avec des moyennes de 900 mm/ an et 30 °C respectivement à Kayes et 1350 mm/an et 26,1 °C dans ville de Atakpamé et 1500/an et 26 °C à Brazzaville. Et d'autre part par la méthodologie appliquée. La valeur de l'indice de diversité de Shannon ($H' = 3,40 \pm 0,03 \text{ bits}$) indique une diversité moyenne, elle serait liée aussi à la forte pression anthropique d'une part et aux conditions climatiques précaires d'autre part. L'indice d'équitabilité de Pielou ($0,60 \pm 0,005$) montre qu'il existe une répartition inéquitable des individus entre les espèces. L'indice H' est inférieur à celui trouvé ($3,61 \pm 0,14 \text{ bits}$) dans la ville du grand popo au Bénin (Osseni et *al.*, 2020).

4.2. Analyse croisée de l'état de conservation des écosystèmes et la perception des services écosystémiques

Les écosystèmes de la ville de Kayes sont dans un état de dégradation très avancé. L'analyse des données sur la perception des services écosystémiques (SE) révèle que les personnes enquêtées dans la ville ainsi que les responsables des services ont une perception positive des SE. Les mairies (qui sont, par le principe de subsidiarité de la décentralisation, proches de la population) sont conscientes de l'importance des SE, mais n'ont aucun programme de conservation de ces écosystèmes. Et pire encore les mairies des communes rurales et le service d'urbanisme contribuent à la dégradation des écosystèmes en facilitant les morcellements anarchiques et en n'appliquant pas les articles du plan d'urbanisme sectoriel (PUS) surtout l'article 12 et 16 (Article 12 : la surface minimum pour une parcelle est de 100 m², toute parcelle inférieure à celle-ci doit être recasée. L'espace libéré pourra servir d'espace vert ou place publique et l'article 16 : Les plans d'aménagement des zones d'habitat doivent prévoir des espaces verts, des places publiques et des plantations entre les parcelles et la voie). Ces morcellements favorisent de manières incontrôlées la progression de la trame grise sur la trame verte. Hervé et *al.*, (2015) on fait le même constat dans la ville de Yaoundé, ils affirment que l'extension urbaine rapide, sans planification et infrastructures, est favorisée par la « démission » de l'État de ses missions régaliennes de construction et d'aménagement du territoire, et par la montée et l'affirmation d'une élite foncière constituée par les populations dites autochtones. Ces derniers se substituant aux pouvoirs publics, procèdent à des « opérations d'urbanisme » motivées principalement par la spéculation foncière.

Les arbres qui fournissent les principaux produits de cueillettes de la ville de Kayes (*Adansonia digitata*, *Balanites egyptiaca* et le *Ziziphus mauritiana*), constituent aussi les arbres les plus coupés. En effet, les deux derniers sont très utilisés dans la clôture des champs. Cependant, par manque d'informations sur le mécanisme de gestion durable des forêts, cette population s'adonne à des pratiques de prélèvement jugées irrationnelles et non contrôlées des ressources forestières, ce qui conduit à une perte énorme de la biodiversité et à la détérioration très souvent prononcée de ses fonctions écologiques nécessaires (Belem et *al.*, 2018). Les résultats montrent que 100% des personnes enquêtées sont conscientes des bénéfices que procurent les écosystèmes de Kayes, mais néanmoins ces écosystèmes se trouvent dans un état de dégradation très avancée. Dans ce même sens, les résultats de (Muchiza et *al.*, 2022) à Lubumbashi, montrent que toutes les personnes interrogées accordent beaucoup plus d'importance à la forêt communautaire à cause des produits forestiers non ligneux (PFNL) qu'ils en tirent et sont conscientes aussi de son état de dégradation. Malgré cet état de fait, il n'existe aucun programme ou initiative pour la préservation de la forêt communautaire. En ce qui concerne la pratique de la foresterie dans la ville de Kayes, les associations et les ONG sont très actives dans la préservation et le développement de la foresterie urbaine dans la ville, mais ces interventions sont insuffisantes. Les résultats sont similaires à ceux de l'étude sur la foresterie urbaine et périurbaine à Ndjamena (FAO, 2012 ; Foussemi et *al.* 2011), les organisations poursuivent à peu près le même but : contribuer au développement socioéconomique de leurs localités respectives, toutes ou presque ont initié des actions en faveur de la protection de l'environnement à travers des plantations. L'impact de ces actions isolées est faible, mais ces actions témoignent de la volonté de ces organisations d'œuvrer pour la préservation de leur environnement en perpétuelle dégradation.

La faible participation de la population dans les programmes en matière de foresterie a été relevée comme une contrainte au développement de celle-ci dans la ville de Kayes. Les planifications doivent-être non seulement participatives, mais doivent intégrer la population dans la préservation des écosystèmes. La participation des communautés locales à la gestion de leurs ressources est généralement considérée comme une condition préalable à leur bonne gestion (Kassibo et *al.*, 2006). Selon

(Alberti, 2008), il est nécessaire d'intégrer les populations urbaines dans les planifications écologiques. Mais pour intégrer pleinement les humains dans les écosystèmes, l'écologie doit faire face à la complexité et à la diversité des cultures, des valeurs et des perceptions humaines, ainsi qu'à leur évolution dans le temps. La culture et les valeurs jouent un rôle clé dans la façon dont les humains construisent les villes et façonnent l'environnement bâti.

4.3. Planification écologique : un maillon à renforcer dans la gouvernance urbaine

Le renforcement de la planification écologique dans la gouvernance urbaine à Kayes est une nécessité. Avec un écosystème fragile et un niveau d'intervention faible, l'écologie urbaine de Kayes fait face à des contraintes qui freinent son développement. Les planificateurs doivent concevoir des politiques pour guider le développement urbain et décider où et comment investir dans des infrastructures économiquement viables tout en minimisant l'impact environnemental (Alberti, 2008). De plus en plus, les décideurs politiques et les planificateurs doivent équilibrer la nécessité de fournir des services essentiels à la population urbaine tout en maintenant des fonctions écologiques importantes. Alors que le changement climatique peut être inévitable, des stratégies peuvent être mises en œuvre pour rendre les systèmes urbains plus résilients aux changements potentiels du climat, et simultanément maintenir les fonctions écologiques (Alberti, 2008).

Le renforcement de la planification écologique dans la gouvernance urbaine doit être une priorité pour le Mali. Cette planification doit commencer par la prise de conscience de nos élus locaux vis-à-vis de l'écologie urbaine. Elle doit concerner tous les domaines qui affectent l'écologie en milieu urbain (de la mobilité, aux infrastructures de transports, aux logements, à la préservation et à la valorisation des écosystèmes, à la production agricole, aux systèmes de financement et de gestion, etc.).

5. Conclusion

La présente étude sur l'écologie urbaine dans la ville de Kayes a permis d'avoir une connaissance sur l'occupation du sol et les caractéristiques du paysage urbain. L'utilisation des images satellitaires a permis de classer les types d'occupation selon les besoins de cette étude. Par ailleurs, l'analyse de ces images a montré une expansion de la trame grise et une forte dynamique d'occupation du sol au détriment de la trame verte (végétation) directement et des services écosystémiques indirectement.

Les enquêtes individuelles et en focus-groups menés dans la ville, ont permis de ressortir que les citoyens ont une connaissance sur les services écosystémiques. Selon nos résultats, les arbres fournissent plus de services de régulation et de soutien. Néanmoins, les arbres sont utilisés par la population locale pour les besoins en alimentation humaine et animale, en médecine traditionnelle, en matériaux de construction, en bois et en bioénergie. Les arbres deviennent alors une ressource indispensable pour eux, non seulement pour leurs besoins quotidiens, mais aussi pour l'amélioration des conditions de vie, surtout de leur santé. Malheureusement, ces résultats montrent que cette ressource est non seulement insuffisante, mais aussi fortement dégradée par les actions anthropiques.

Cette étude nous édifie aussi sur la richesse du potentiel ligneux de la ville de Kayes, avec 105 espèces recensées, réparties en 88 genres et en 48 familles. La ville de Kayes, une ville sahélienne, doit mettre les écosystèmes au cœur de ses politiques de planification. La pratique en cours de la foresterie dans la ville est assurée en grande partie par les associations et les ONG. Plusieurs contraintes qui freinent le développement de l'écologie urbaine ont été identifiées.

Dans le contexte actuel du changement climatique et d'urbanisation accélérée de nos villes africaines, la bonne gestion des écosystèmes urbains de Kayes peut contribuer au bien-être des citoyens et à l'amélioration des conditions environnementales.

La présente étude doit se poursuivre afin de mieux cerner les relations entre la population et les écosystèmes urbains, car les processus qui contribuent au développement urbain et à l'écologie sont extraordinairement complexes, et de nombreux chercheurs ont adopté diverses approches théoriques pour les expliquer ou les prédire. La connaissance des relations entre l'homme et son milieu est primordiale pour la résolution des problèmes dans les villes, afin de mieux protéger les écosystèmes urbains.

Remerciement :

Nos remerciements vont au Centre d'Excellence Régional sur les Villes Durables en Afrique (CERViDA-Dounedon) et au Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Végétale (LBEV), Université de Lomé-Togo. A l'ensemble des professeurs et personnelles du laboratoire de botanique et écologie végétale, département de Botanique, Faculté des Sciences (FDS), Université de Lomé (UL), 1 BP 1515 Lomé 1, Togo

Contribution des auteurs (section obligatoire)

Rôle du contributeur	Noms des auteurs
Conceptualisation	Coulibaly Yamadou, Wala Kpérkouma
Gestion des données	Coulibaly Yamadou
Analyse formelle	Coulibaly Yamadou, Folega Fousseni, Amékaéli Casimir

Enquête et investigation	Coulibaly Yamadou, Keita Aichata
Méthodologie	Coulibaly Yamadou, Wala Kperkouma, Folega Fousseni
Supervision Validation	Wala Kperkouma, Folega Fousseni
Écriture – Préparation	Coulibaly Yamadou, Badjare Bilouktime
Écriture – Révision	Coulibaly Yamadou, Wala Kperkouma, Folega Fousseni

Références

- AEDD (2013) Cadre de gestion environnemental et social. Rapport final du Mali, p2-15
- Alberti M (2008) advances in urban ecology, integrating humans and ecological processes in urban ecosystems, p25-225
- Arouna O, Etene C, Issiako D, 2016, Dynamique de l'occupation des terres et état de la flore et de la végétation dans le bassin supérieur de l'Alibori au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 108, p.104-105
- Akpegnon Ame-kaeli Casimir, Abe Akala, Badjaré Bilouktime, Folega Fousseni, Wala Kperkouma, Batawila Komlan, Akpagana Koffi (2023). Flore et éco-logie de la partie centrale du Bassin de Zio dans un contexte de pression foncière au Togo. *Rev Écosystèmes et Paysages (Togo)*, 3(2) : 1 –18, e-ISSN (Online) : 2790-3230 DOI : <https://doi.org/10.59384/reco-pays.tg3203> Reçu : 1er octobre 2023 Accepté : 15 décembre 2023 Publié : 30
- BAD (2022) Dynamiques de l'urbanisation en Afrique 2022, Le rayonnement économique des villes africaines. *Cahiers de l'Afrique de l'ouest*, p.2-15
- Belem M, Mathieu Z, Moumouni N (2018) Les effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la forêt classée de Toéssin, Burkina Faso, *Int. J. Biol. Chem.* p.218
- Combessie JC (2007), « II. L'entretien semi-directif », dans : Jean-Claude Combessie éd., *La méthode en sociologie*. Paris, La Découverte, « Repères », p. 24-32. URL : <https://www.cairn.info/la-methode-en-sociologie--9782707152411-page-24.htm>.
- Conchita K, Michel P, Cissé G (2010) Dynamique spatio-temporelle de l'agriculture urbaine à Ouagadougou : Cas du Maraîchage comme une activité montante de stratégie de survie », URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/10312>. consulté le 10 décembre 2023
- Consalès JN, Cordier F, Blanchart A, Schwartz C, Séré, Perrine V (2018) la prise en compte des jardins collectifs dans sept agglomérations françaises <http://journals.openedition.org/vertigo/21487> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.21487>.
- Diarra B (2015) Croissance démographique et modes d'insertion des populations dans le tissu urbain de Bamako, *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement* 2, p.97– 109
- Folega F, Atakpama W, Kanda M, Konate D, Gmadjom K, Wala K, Akpagana K (2019) Flore des espaces verts urbains de la ville d'Atakpamé au Togo, *Synthèse Rev. Sci. Technol.* 25, p.25–39
- Folega F, Kanda M, Konate D, Wala K, Atakpama W, Akapagana K (2017) Foresterie urbaine et potentiel de séquestration du carbone atmosphérique dans la zone urbaine et péri-urbaine de Kpalimé (TOGO)
- Folega F, Bimare K, Konate D, Kperkouma W, Koffi A. (2020). Inventaire et séquestration de carbone de la végétation de l'emprise urbaine de la ville de Dapaong, Togo. *Espace Géographique et Société Marocaine*, (41/42).
- Fousseni F, Guo HH, Hai ZX, Seburanga JL, Mande SAS, Koffi A (2011). Urban Area Vegetation Changing Assessment over the Last 20 Years Based on NDVI. *Energy Procedia*, (11), 2449-2454.
- FAO (2012) Etude sur la foresterie urbaine et périurbaine de N'Djamena, Tchad. Rôle et place de l'arbre en milieu urbain et périurbain. Appui à la formulation d'une stratégie et d'un plan d'action de la foresterie urbaine et Périurbaine à N'Djamena, République du Tchad, Document de travail sur la Foresterie urbaine et périurbaine n° 6, Rome, p.95
- Guinand S, YVES B, Beatrice B, Jean-philippe D, Marianne T (2007) Continuité-discontinuité de l'urbain et des réponses urbanistiques : réflexion sur le champ émergent de l'urbanisme durable, pp 186-206
- Hervé T, Ngouanet C (2015) Périurbanisation anarchique et problématique de l'aménagement du territoire dans le périurbain de Yaoundé, Cameroun, p.12
- Kamusoko C (2017) Bamako metropolitan area in Urban Development in Asia and Africa, Book chapter 14 in Y. M. al., *Éd., Springer Singapore*. p.222 – 231.
- Kamusoko C, Gamba J, Hitomi (2013) Monitoring urban spatial growth in Harare métropolitain province, Zimbabwe, *Advances in Remote Sensing*, p.322 – 331.
- Lormet B et Torre-Schaub M (2022) Du nouveau dans le contentieux climatique-Des réponses temporelles et plurielles à l'urgence climatique
- MEEA (2014) Cinquième Rapport du Mali sur la mise en œuvre de la Convention sur la Diversité Biologique. Rapport. Bamako, p.9-39.

- Morou B, Ounani H, Oumani A, Diouf A, Guero C, Mahamane A (2016) Caractérisation de la structure démographique des ligneux dans les parcs agroforestiers du terroir de Dan Saga (Aguié, Niger), *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 10, no. 3, p.129-131.
- Muchiza B, Monga R, Mumba T, Sifa N, Kalombo K (2022) Perceptions des populations locales sur la forêt, la déforestation et leur participation à la gestion forestière du Miombo dans l'hinterland de Lubumbashi (Haut-Katanga/RDC), *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, p.108-115.
- N'zala D, Miankodila P (2002) Arbres et espaces verts à Brazzaville (Congo). *Bois et Forêts des Tropiques*, 272, p.88-92.
- ONU-habitat (2022) profil urbain de la ville de Kayes, MALI
- Potapov P, Matthew C. H, Amy P, Andres H-S, Alexandra T, Svetlana T, Viviana (2022) The global 2000-2020 land cover and land use change dataset derived from the Landsat archive : first results." *Frontiers in Remote Sensing*, <https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903>.
- RGPH (2022), rapport sur les résultats globaux, Mali
- Seou E, Takou PW, Boukpepsi (2022) analyse des changements par télédétection de la couverture végétale du bassin de Zio (sud-ouest Togo). *Écosystèmes et Paysages (Togo)*, 1(2) : 126-139pp e-ISSN (online) : 2790-3230
- Sleeter B, Terry S, Thomas L, Roger A, William A, Mark D, Stehman S (2013) Changement d'occupation du sol dans la zone limitrophe des États-Unis de 1973 à 2000, *Changement environnemental mondial*, p.733-748.
- Tourey S, Tchaa B, Koffi DK et Tanzidani KT (2020) « Diversité et importance de la flore ligneuse de la ville de Sokodé (Centre - Togo), *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 20 numéro 3, décembre 2020.
- Traore A.B (2021) Urbanisation et environnement : cas de la ville de Bamako, Mali. Editions Francophones Universitaires d'Afrique, p.138-139
- Vitousek P, John A, Robert H, Gene L, Pamela M (1997) Altération humaine du cycle global de l'azote : sources et conséquences. *Applications écologiques*, pp 737-750.
- Wala K, Agbelessessi Y. W, Wiyao B, Dourma M, Abalo A, Batawila K, Akpagana K (2012) Assessment of vegetation structure and human impacts in the protected area of A ledjo (Togo), *African Journal of Ecology* 50, no. 3, p. 355-366.
- Wari B, Soufouyane Z, Djaouga M, Imorou I, Yabi I, Tente B, Djego D (2021) Diversité et structure de la végétation ligneuse dans la ville de Malanville au Nord-Bénin, *International Journal of Biological and Chemical Sciences* p.129-143.
- Zakariyao K, Abdourazakou A, Minkilabe D, Boukpepsi T (2013) dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le centre-togo. Ahoho, *Revue de Géographie du LARDYMES*, 2013, 7 (10), p.163-172.