

## Composition Floristique et Structure des Forêts Urbaines des Villes Sahéliennes: Cas de Niamey et Maradi, Niger

Soulé Moussa<sup>1\*</sup>, Boateng Kyereh<sup>2</sup>, Shem Kuyah<sup>3</sup>, Abasse Tougiani<sup>4</sup>, Mahamane Saadou<sup>5</sup>

### Résumé

Les villes jouent un rôle majeur dans la conservation de la biodiversité ligneuse. Néanmoins, il y a peu de données sur la composition floristique ligneuse et la structure des forêts urbaines au Sahel. L'objectif de cette étude est de déterminer la liste floristique ligneuse et les caractéristiques structurales des forêts urbaines dans les villes de Niamey et Maradi en fonction des types d'utilisation et d'occupation des terres. L'inventaire forestier basé sur l'échantillonnage aléatoire stratifié a été réalisé sur 363 placettes de 2500 m<sup>2</sup>. Les indices de diversité (Shannon, Piélou et la richesse spécifique), la composition systématique (nombre de genres et de familles), la naturalité (exotique ou indigène) ont été utilisés pour l'analyse floristique ligneuse de deux forêts urbaines. Les formes biologiques (nombre d'arbres ou arbustes), la densité et la surface terrière ont été analysées pour apprécier la structure des forêts urbaines. Environ 139 espèces ligneuses dans 41 familles ont été inventoriées. Environ 112 espèces ont été identifiées à Niamey tandis que 111 espèces ont été trouvées à Maradi. L'indice de Shannon dans les forêts urbaines dans les deux villes est  $H' = 2,48 \pm 0,56$  pour Niamey et  $2,30 \pm 0,87$  pour Maradi. Les zones résidentielles ont les indices de diversité les plus élevés dans les deux villes. *Fabaceae* 24,46% (34 espèces) est la famille dominante dans les deux forêts urbaines. La flore ligneuse exotique représente environ 52,52% de la flore totale, tandis que 47,48% est indigène. *Azadirachta indica* est l'essence la plus abondante dans les deux villes, représentant 45,85% du nombre total de plantes ligneuses rencontrées. L'indice de similarité (76%) a montré une grande similarité entre les deux forêts urbaines. La surface terrière moyenne du peuplement est de  $9,2 \pm 3,3$  m<sup>2</sup>/ha pour la forêt urbaine de Niamey et de  $13,0 \pm 5,7$  m<sup>2</sup>/ha pour Maradi. La densité moyenne des plantes ligneuses est de  $81,3 \pm 18$  individus/ha à Niamey et de  $184,8 \pm 80$  individus/ha à Maradi. Les essences alimentaires représentent 15% de la flore inventoriée à Niamey et 30% à Maradi. Les essences locales et exotiques sont utilisées pour l'alimentation humaine dans les deux villes.

Cela s'ajoute, l'arbre est la forme biologique la plus dominante dans les deux villes. Le test de signification entre les indices de diversité et les paramètres structuraux a montré des différences significatives au sein de chacune des forêts et entre les deux forêts. La distribution des formes biologiques et l'origine des espèces sont associées aux types d'utilisation et d'occupation des terres dans les deux villes. Sur la base de nos résultats, nous pouvons dire que la plantation d'espèces ligneuses indigènes et essences alimentaires doivent être une priorité pour la conservation de la biodiversité ligneuse et la production d'alimentation humaine à Niamey et Maradi. Il est recommandé que la biodiversité ligneuse urbaine soit intégrée dans les évaluations nationales et régionales de la biodiversité végétale au Niger.

**Mot clés :** Biodiversité ; Espèce Exotique, Espèce Indigène, Ligneux Urbain,

### Abstract

Cities play a major role in woody biodiversity conservation. Nevertheless, there is lack of data on the woody floristic composition and structure of urban forests. The objective of this study was to determine the woody floristic list and structural characteristics of urban forests in Niamey and Maradi cities across land use and land cover gradient. Random stratified forest inventory was used to collect dendrometric variables (total height and diameter) within 363 plots of 2500 m<sup>2</sup>. Diversity indices, origin of species (exotic or native) and systematic composition were used for the floristic analysis of the two urban forests. Stem density, stand basal area, number of trees and shrubs were used to appreciate the urban forests structure in Niamey and Maradi. About 139 woody species in 41 families were determined within the two cities. About 112 species were identified in Niamey while 111 species were recorded in Maradi. The overall diversity index shows that the urban forest in two cities is rich in species ( $H' = 2.48 \pm 0.56$  for Niamey and  $2.30 \pm 0.87$  for Maradi). Residential areas had the highest diversity indices in both cities. *Fabaceae* 24.46% (34 species) was the most dominant family in the two urban forests. Exotic woody flora presents about 52.52% were while 47.48% were indigenous. *Azadirachta indica* was the most abundant woody species in both urban areas, accounting for 45.85% of the total number of woody plants encountered. The similarity index (76%) showed high values suggesting the similarity of the two urban forests. The mean stand basal area was  $9.2 \pm 3.3$  m<sup>2</sup>/ha for Niamey urban forest. It was  $13.0 \pm 5.7$  m<sup>2</sup>/ha for Maradi. The mean woody plants density was  $81.3 \pm 18$  stems/ha for Niamey and  $184.8 \pm 80$  stems/ha for Maradi. 15% and 30% of the woody species inventoried were food species in Niamey and Maradi. Local and exotic woody species were used for urban food forests in the both cities. Added to that tree was the dominant life form in the two cities. Test of significance between means of diversity indices and structural parameters showed significant differences within and among the study areas ( $P < 0.05$ ). The distribution of growth form and origin of species is associated with land use and land cover in both cities. Based on the results, planting native woody species and food species should be prioritized for woody plants biodiversity conservation and urban food production in Niamey and Maradi. It is recommended that urban woody species biodiversity be integrated into national and regional woody species biodiversity assessments in Niger.

**Key words:** Woody Species Biodiversity, Urban Forest, Urbanization

<sup>1</sup>West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL), Department of Civil Engineering, College of Engineering, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana, Email: moussa\_soulesama@yahoo.fr

<sup>2</sup>Department of Silviculture and Forest Management, Faculty of Renewable Natural Resources, Kwame Nkrumah University of Science & Technology, Kumasi, Ghana,

<sup>3</sup>Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology (JKUAT), Nairobi, Kenya,

<sup>4</sup>Département de Gestion des Ressources Naturelles, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey,

<sup>5</sup>Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Faculté des Sciences et techniques, Département de Biologie

## 1. Introduction

Les changements d'affectation des terres et l'expansion spatiale accélérée des villes sont les principales causes des changements dans la composition et dans la structure des forêts urbaines. La flore urbaine se trouve dans des paysages fortement anthropisés et qui sont également très fragmentés (McKinney, 2002). En conséquence, les paysages urbains sont parsemés de groupes uniques de plantes qui se sont développés en réponse à la pression anthropique. Dans la plupart des villes, les espèces indigènes ont été remplacées par la plantation intentionnelle d'espèces exotiques ou par des perturbations écologiques telles que celles qui sont dues à l'expansion urbaine (Elmqvist et al., 2016). Par exemple, l'urbanisation est l'une des causes de la perte de végétation en Afrique de l'Ouest et de l'introduction d'essences exotiques dans le paysage urbain (Sené, 1993). Les activités anthropiques urbaines ont d'énormes impacts sur la biodiversité et les services écosystémiques (McDonald, Marcotullio & Güneralp, 2013). Par exemple, l'expansion urbaine entraîne la réduction et la disparition des espèces locales par la modification de leur l'habitat naturel (Bierwagen, 2007; Tait et al., 2005), ce qui réduit la biodiversité (Flores et al., 2018). A cela s'ajoute le fait que l'expansion urbaine conduit à l'homogénéisation biotique, ce qui constitue un défi majeur pour la conservation de la biodiversité locale (McKinney, 2006). En plus de cela, l'urbanisation est également une menace majeure pour l'endémisme en raison de l'introduction de la biodiversité exotique (McKinney, 2006).

Cependant, le nombre des essences augmente avec l'expansion urbaine en raison des influences anthropiques telles que l'irrigation et l'embellissement du paysage (Hope et al., 2003) qui conduisent aux plantations ligneuses urbaines. En plus de cela, (McKinney, 2002) a rapporté que la richesse spécifique peut effectivement augmenter dans les zones urbaines lorsque les conditions de développement urbain sont de niveau faible à modéré. Il faut aussi souligner que l'urbanisation améliore l'hétérogénéité du paysage au fil du temps (Nowak and Dwyer, 2007; Yan and Yang, 2017), ce qui semble entraîner une très grande diversité d'espèces dans un paysage (Marzluff et al., 2008) et une plus grande richesse spécifique que le milieu rural environnant (Wania et al., 2006). A cela s'ajoute l'augmentation du nombre d'espèces dans les zones péri-urbaines comme l'avait rapporté (Kowarik, 2011) issus de l'hétérogénéité élevée de l'habitat, des facteurs socio-économiques tels que l'introduction d'espèces et des régimes de perturbation modifiés. En outre, l'urbanisation améliore la structure de la végétation (Berland, 2012; Nowak et al., 2016a). L'urbanisation peut également améliorer l'état de la végétation et conserver la biodiversité dans les zones marginales en intégrant les arbres et arbustes dans la construction de la ville (Bigirimana et al., 2012).

Malgré l'importance des essences en milieu urbain, il existe peu d'informations sur la foresterie urbaine au Sahel dans la littérature internationale. Cela entrave les efforts visant à généraliser les caractéristiques des forêts urbaines dans différentes zones climatiques ainsi que dans des régions aux cultures et au développement socio-économique contrastés comme le Sahel. Peu de recherches ont été menées sur la composition et de la structure des forêts urbaines dans les centres urbains au Sahel, en particulier dans les pays à forte croissance démographique et à forte pauvreté comme le Niger. Cependant, les forêts urbaines des villes du Niger rapidement urbanisées, en particulier celles des villes de Niamey et de Maradi, ont fait l'objet de peu d'études. Leur diversité floristique ligneuse et leur structure ne

sont pas bien connues. Le but de cette étude est de déterminer la composition floristique ligneuse et la structure des forêts urbaines à Niamey et à Maradi selon le gradient d'utilisation et d'occupation des terres urbaines.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1 Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans les villes de Niamey et Maradi au Niger. Les deux villes sont situées dans la zone sahélienne, où les précipitations annuelles moyennes varient entre 150 mm et 350 mm (Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable, 2016). Niamey est la capitale politique du Niger, elle est située à la latitude  $13^{\circ} 20' - 13^{\circ} 35' N$  et à la longitude  $2^{\circ} 00' - 2^{\circ} 15' E$  dans l'ouest du Niger (Figure 1). Niamey est la plus grande ville du Niger et s'étend sur 552,27 km<sup>2</sup> dont environ 297,46 km<sup>2</sup> de zones urbanisées (Institut National de la Statistique (INS), 2017). Niamey compte 1 026 848 habitants (INS, 2016). Cependant, Maradi est située à la latitude  $13^{\circ} 29' - 13^{\circ} 49' N$  et à la longitude  $7^{\circ} 5' - 7^{\circ} 09' E$  dans le centre-sud du Niger (Figure 1). Maradi est la capitale économique du Niger. elle compte 326 804 habitants et couvre 86 km<sup>2</sup> (INS, 2016).

L'agriculture et le commerce sont les principales activités des habitants de deux villes. Les systèmes de production agricole comprennent l'agriculture pluviale, l'agriculture irriguée, l'agriculture et l'élevage urbains et péri-urbains. Outre l'utilisation des terres, les activités anthropiques ayant un impact sur la végétation à Niamey et à Maradi sont la surexploitation, l'introduction ou l'enlèvement des espèces. Les sécheresses et le défrichement sont les principales causes de la réduction du couvert végétal au Niger (Saadou, 1990).

La végétation de la ville de Niamey appartient au compartiment Sud Sahélien Occidental (B<sub>1</sub>). La végétation naturelle pour la ville de Niamey comprend un fourré à *Combretum* sur les plateaux latéritiques et de steppes qu'on trouve sur les terrasses sableuses, dans les vallées sèches et sur les dunes fixées (Saadou, 1990). Le type de végétation de la ville de Maradi appartient lui au compartiment Sud Sahélien central (B<sub>2</sub>) (Saadou, 1990). Le type de végétation comprend des savanes sur les terrasses sableuses méridionales, des steppes sur les dunes et dans les vallées sèches et un fourré à *Combretum* sur les plateaux latéritiques (Saadou, 1990).

Le type de végétation de deux villes est composé des parcs agroforestiers tels que les champs, le cordon ligneux des cours d'eaux qui traversent les deux villes, de plantations d'arbres urbains et péri-urbains telles que la Ceinture Verte de Niamey créée en 1965, les plantations d'alignement, le bosquet de Nations Unies de Niamey (Ministère de l'Environnement du Niger, 2010), le bois de Sékou Touré de Maradi créé en 1982 (Communication personnelle, Soumaila Dan Barria, 2018) etc. Il y a aussi des forêts galeries qu'on trouve tout au long des cours d'eaux qui traversent les deux villes. Les forêts urbaines dans les villes comprennent aussi les plantations des ligneux dans les maisons, dans les marchés, à la devanture des maisons, les arbres d'avenues etc. Il y a aussi la formation naturelle résiduelle conservée dans les espaces publics et privés. Le matériel d'étude est la forêt urbaine de deux villes qui est défini comme un ensemble des espèces ligneuses trouvées dans les centres urbains et péri-urbains (FAO, 2016).

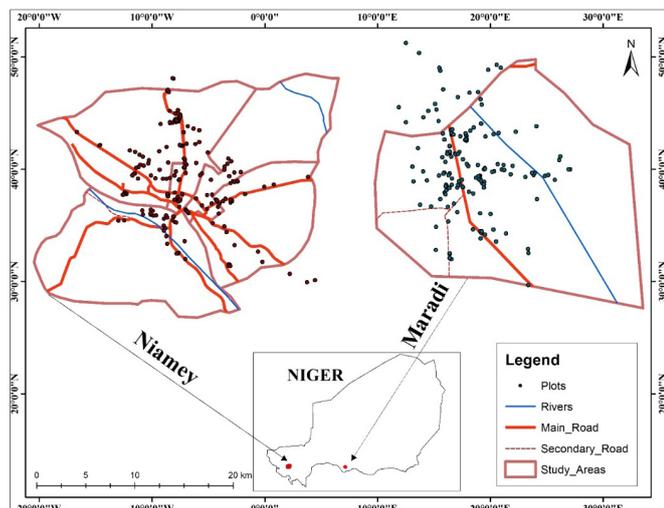


Figure 1. Carte de la zone d'étude et le point de relevés.

## 2.2 Foresterie Urbaine au Niger

La dégradation des forêts et la déforestation sont de grands problèmes environnementaux au Niger. Les ressources forestières sont sous pressions climatiques et socio-économiques (Saadou, 1990) au Niger. Par exemple, le Niger a l'un des taux de croissance démographique les plus élevés au monde (3,9% par an (INS, 2016)) et 19,0% de la population vit dans les zones urbaines (Worldometers, 2018). En outre, le taux de pauvreté y est de 44,5% (World Bank, 2018) et 90% des zones urbaines du Niger utilise le bois de chauffe comme source d'énergie (Ministère de l'Environnement du Niger, 2010). Ces facteurs ont conduit à la dégradation des forêts et à la déforestation, principalement des formations végétales à proximité des villes, exposant les villes aux problèmes de dégradation des terres tels que l'érosion éolienne, la désertification et la perte de la biodiversité etc. Cela a conduit les autorités nationales du Niger à promouvoir des projets de boisement urbain visant à augmenter la couverture végétale dans les villes nigériennes et à lutter contre la désertification. Par exemple, les autorités nigériennes ont créé la Ceinture Verte de Niamey en 1965 couvrant une superficie de 2500 hectares et une composition floristique variée mais dont le neem ou *Azadirachta indica* est l'essence plus importante afin de protéger la ville de Niamey contre la désertification (Ministère de l'Environnement du Niger, 2010). La ceinture de verte de Niamey est menacée par les lotissements, la déforestation, les activités agricoles, les occupations anarchiques, le déversement des déchets de plusieurs ordres, l'insécurité, l'incendie etc. d'après le (Ministère de l'Environnement du Niger, 2010) dont sa superficie couvre 2336 hectares aujourd'hui. En plus de cela, en 1975, le 3 Août qui est le jour de la célébration de l'indépendance du Niger, a été institué comme la Fête Nationale de l'Arbre (FNA). Au cours de cette journée des essences sont plantées partout à travers le pays pour combattre la désertification, ce qui a conduit à la création de certains espaces verts aux plantations d'espèces exotiques et locales dans les villes du Niger comme le bosquet des Nations Unies à Niamey et l'arboretum Sékou Touré à Maradi (Communication personnelle, Soumaila Dan Barria, 2018). Il faut également rappeler l'Opération Sahel Vert qui a eu lieu en 1980 comme au cours de laquelle la plantation de *Prosopis Juliflora* a été promue dans les villes et villages du Niger. Il y a eu aussi en 1984 un débat national intitulé « L'engagement de Maradi » pour lutter contre la désertification, qui encourageait les projets des plantations d'arbres dans les villages et les villes (Ministère de l'Environnement du Niger, 2010) pour stopper la désertification au Niger.

## 2.2 Technique d'échantillonnage

L'échantillonnage aléatoire stratifié a été utilisé pour l'inventaire forestier comme dans les travaux des afin de diminuer l'effet de la variabilité de la variable à estimer et de réduire l'erreur d'échantillonnage. Basée sur la définition de la (FAO, 2016) de la forêt urbaine, la zone d'étude a été stratifiée en six types d'utilisation et d'occupation des terres qui correspondent aux forêts urbaines à Niamey et Maradi :

- (1) zones commerciales comprenant les marchés, les magasins, les boutiques, les restaurants et les ateliers de réparation de véhicules ;
- (2) routes couvrant les rues principales et les boulevards ;
- (3) zones résidentielles couvrant les maisons, les mosquées et les églises ;
- (4) écoles couvrant des institutions privées et publiques de formation et d'apprentissage telles que les écoles primaires, les écoles secondaires, les universités, les écoles et centres de formation professionnelle ;
- (5) zones administratives telles que les services publics et privés ;
- (6) zones boisées composées de parcelles agricoles urbaines, des espaces verts urbains, de systèmes agroforestiers et de zones humides, de terres agricoles irriguées et de jardins botaniques. Cette étude a évalué les plantes ligneuses et semi-ligneuses trouvées dans ou à la périphérie des villes de Niamey et Maradi.

## 2.3 Le Taux de Sondage

Pour déterminer le nombre d'unités d'inventaire (n), un inventaire exploratoire a été effectué dans les deux villes où 12 placettes (soit une placette par strate dans chaque ville) d'échantillons aléatoires stratifiés ont été inventoriées. La moyenne et l'écart type de la surface terrière ont été calculés et le nombre d'unités d'échantillonnage a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$n = \frac{CV^2 t^2}{E^2} \quad (\text{Dagnelie, 1998}) \text{ in } (\text{Thiombiano et al., 2016}).$$

CV = est le coefficient de variation de la surface terrière des ligneux inventoriés dans les 12 placettes pendant l'inventaire

pilote. Le CV était de 71,8% pour Niamey et 62,6% pour Maradi

T = est la valeur de la statistique t de la distribution de Student pour un risque alpha de 0,05. T est approximativement égale à 2.

E = marge d'erreur d'estimation de la surface terrière estimée pour les deux villes. E était de 10% pour les deux villes. Le nombre total des placettes à inventorier est de 206 parcelles à Niamey et 157 à Maradi. La taille de la placette d'inventaire est 0,25 hectare comme recommandée pour les systèmes agroforestiers en Afrique de l'Ouest Sahel par (Thiombiano et al., 2016) mais qui a varié selon les obstacles du terrain. La superficielle totale inventoriée est de 28,8 hectares à Niamey (4,8 hectares pour chaque type d'occupation et d'utilisation des terres) et de 19,8 hectares (3,3 hectares pour chaque type d'occupation et d'utilisation des terres) à Maradi.

## 2.4 Inventaire des Forêts Urbaines

Le mètre ruban de 50 m et les piquets ont été utilisés pour l'installation de placettes. Le Global Positioning System (GPS) a été utilisé pour délimiter certaines placettes comme sur les rues. Le diamètre minimum d'intérêt pour cette étude était supérieur ou égal à 2,5 cm comme recommandé pour les zones

sèches (Pearson et al., 2007). Le diamètre a été mesuré à 1,3 m pour les arbres (Le ligneux dont la hauteur est supérieure à 7 m est considéré comme arbre) et à 0,2 m pour les arbustes (Le ligneux dont la hauteur est inférieure ou égale à 7 m est considéré comme arbuste) à l'aide d'un dendromètre. La hauteur totale des ligneux a été mesurée à l'aide des jalons gradués. Les plantes ligneuses ou semi-ligneuses avec des fourches avant 1,3 m étaient considérées comme multicaules ; leurs tiges individuelles ont été mesurées séparément. Les plantes ligneuses avec des fourches au-dessus de 1,30 m étaient considérées comme une seule tige. Le nom de l'espèce de toutes les plantes mesurées a été enregistré. Des spécimens et des photographies ont été collectés pour des plantes dont l'identité n'a pu être établie sur le terrain pour identification ultérieure au Laboratoire de Biologie Garba Mounkaila de l'Université de Niamey et au département de biologie de l'université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi. La classification des angiospermes dite APG IV (2016) (pour Angiosperm Phylogeny Group IV) a été utilisée. Pour le légumineuses la nouvelle classification dite LPWG (2017) (The Legume Phylogeny Working Group (LPWG), 2017) a été utilisée.

## 2.4 Analyse des Données

La diversité de Shannon-Wiener ( $H'$ ), la richesse spécifique ( $S$ ), l'équitabilité de Pielou, le pourcentage des espèces exotiques et indigènes, le nombre de familles et de genres ont été calculés pour décrire la diversité floristique ligneuse des deux forêts urbaines en fonction du type d'utilisation et d'occupation des terres. La richesse spécifique ( $S$ ) a été calculée comme le nombre total d'espèces dans une strate donnée. L'indice de diversité Shannon-Wiener a été calculé comme la proportion de l'espèce par rapport au nombre total d'espèces en utilisant la formule :  $H' = -\sum [(ni / N) * \ln (ni / N)]$ , où  $ni$  est le nombre des individus des espèces  $i$ ,  $N$  est le nombre total d'individus par unité d'utilisation des terres et  $\ln$  est le logarithme naturel.

L'équitabilité de Pielou ( $J'$ ) a été utilisée comme mesure de l'abondance relative des espèces calculée comme l'indice L'équitabilité en utilisant la formule :  $J = H' / \ln(S)$ , où  $H'$  est l'indice de diversité Shannon et  $S$  est le nombre d'espèce. L'indice de Sorensen a été calculé pour comparer la similarité entre Niamey et Maradi en utilisant la formule décrite dans (Thiombiano et al., 2016) :  $K = 2C / (2C + A + B)$ , où  $A$  est le nombre d'espèces dans une zone (par exemple Niamey),  $B$  est le nombre d'espèces dans une autre zone (par exemple Maradi) et  $C$  est le nombre d'espèces communes aux sites d'étude.

Pour caractériser la structure des deux forêts urbaines, la surface terrière, la densité, le nombre des formes biologiques (arbre ou arbuste) et nombre des arbres ou arbustes selon la naturalité (exotiques ou indigènes) ont été calculés par strate.

Pour les multicaules, le diamètre quadratique moyen ( $d$ ) a été calculé en utilisant la formule recommandée par (Thiombiano et al., 2016) comme suit :

$$\text{Diamètre quadratique moyen (d)} = \sqrt{\sum_{i=1}^w ds_i^2}$$

Où  $ds$  représente les diamètres de différentes ramifications du tronc

La surface terrière a été calculée comme suit :  $G \text{ (m}^2\text{/ha)} = D^2 * (\pi / 4)$ , où  $\pi$  est  $\text{Pi} = 3,14$ , et  $D$  est le diamètre de 1,3 m des arbres

et 0,2 m pour les arbustes. La densité de ligneux a été calculée comme le nombre total d'individus de toutes les espèces dont le diamètre était supérieur à 2,5 cm de la superficie par unité de surface (hectares).

Le test de Ryan-Joiner a été utilisé pour vérifier la normalité des données quantitatives. Le test de Levene a été utilisé pour évaluer l'égalité de la variance. L'intervalle de confiance alpha était de 0,05. Le test de Mann-Whitney (W), test de Kruskal-Wallis (H) et le test de  $X^2$  (Chi carré) et le t test pour comparer la moyenne des indices de diversité et paramètres structuraux dans les deux villes selon le gradient d'utilisation et d'occupation des terres.

## 3. Résultats

### 3.1 Composition Spécifique, Diversité et Similarité

Le tableau 1 montre la distribution des indices de diversité (Shannon-Wiener, Équitabilité de Pielou et richesse spécifique) des forêts urbaines en fonction des types d'occupation et d'utilisation des terres dans la ville de Niamey et Maradi. La ville de Niamey comprend 112 espèces ligneuses appartenant à 88 genres et 37 familles (Voir liste floristique annexe). L'indice de diversité Shannon moyen et son écart-type pour Niamey est de  $2,48 \pm 0,56$  à Niamey. L'équitabilité de Pielou et son écart-type est de  $0,68 \pm 0,1$  à Niamey. Les forêts urbaines résidentielles ont les indices de diversité les plus élevés (Shannon et richesse en espèces) (Tableau 1). Un exemple particulier est une résidence avec 10 essences le plus grand nombre trouvées dans le type d'utilisation et d'occupation des terres à Niamey. L'indice de diversité Shannon le plus élevé est dans les zones résidentielles ( $H' = 3,27$ ) et dans les zones administratives, et le plus bas est dans les écoles et les zones commerciales (Tableau 1). Aussi, ces zones boisées ont la plus grande richesse en espèces suivie de zones administratives. Il y a une différence statistiquement significative dans l'indice de diversité de Shannon entre les types d'utilisation et d'occupation des terres ( $H = 25,28$  ;  $DF = 5$  ;  $P = 0,000$ ) à Niamey. L'indice de l'équitabilité de Pielou a varié significativement ( $T = 4,63$  ;  $DF = 5$  ;  $P = 0,006$ ) dans la ville de Niamey. Ajouté à cela, la richesse spécifique n'a pas varié selon le gradient d'utilisation et d'occupation des terres ( $H = 5,00$  ;  $DF = 5$  ;  $P = 0,416$ ). *Fabaceae* a le plus grand nombre d'espèces (28 espèces), tandis que les *Combretaceae* et les *Verbenaceae* ont été trouvés à Niamey, mais avec moins de 10 espèces (voir liste floristique annexe).

Maradi a un total de 111 espèces ligneuses appartenant à 83 genres et 34 familles y ont été inventoriées (Voir liste floristique annexe). L'indice de diversité Shannon moyen et son écart-type pour Maradi est de  $2,30 \pm 0,87$ . L'équitabilité de Pielou et son écart-type est de  $0,49 \pm 0,2$ . Les forêts urbaines résidentielles ont les indices de diversité les plus élevés (Shannon et richesse spécifique) (Tableau 1). Une tendance similaire a été observée à Maradi (Tableau 1). Les zones résidentielles et administratives ont le plus grand nombre d'espèces, tandis que les zones boisées et les routes, ainsi que les zones commerciales et les écoles, comptent respectivement un nombre comparable d'espèces (Table 1). L'indice de diversité de Shannon a varié de manière significative entre les types d'utilisation et d'occupation des terres à Maradi ( $H = 30,15$   $DF = 5$   $P = 0,000$ ). *Fabaceae* a le plus grand nombre d'espèces (27 espèces), tandis que les *Combretaceae* et *Euphorbiaceae* ont été trouvés à Maradi, mais avec moins de 10 espèces (voir liste floristique annexe). L'indice de l'équitabilité de Pielou n'a pas varié de façon significative le long du gradient d'utilisation et d'occupation des terres à Maradi ( $H = 5,00$  ;  $DF = 5$  ;  $P = 0,42$ ). Ajouté à cela, la richesse spécifique qui n'a pas varié

significativement selon le gradient d'utilisation et d'occupation des terres ( $H = 4,86$ ,  $DF = 5$ ,  $P = 0,43$ ). Ainsi, l'indice de similarité entre les deux villes est de 0,76.

### 3.2 Structure des Peuplements

#### 3.2.1 Classification selon les Formes Biologiques et la Naturalité

Le tableau 2 montre le nombre de formes biologiques (arbres ou arbustes) et la naturalité (exotiques ou indigènes) des espèces ligneuses inventoriées dans les villes de Niamey et Maradi. À Niamey, 2205 individus ont été répertoriés contre 2772 individus à Maradi. Les arbres constituent la forme biologique plus numériquement importante dans les deux villes avec respectivement 60% à Niamey et 55% à Maradi. La majorité des essences inventoriées à Niamey sont exotiques, représentant 54,5% de toutes les espèces rencontrées, 45,45% sont indigènes. La naturalité des espèces (indigènes et exotiques) est significativement associée aux types d'utilisation et d'occupation des terres (Chi-Square de Pearson = 12,613 ;  $DF = 5$  ;  $P = 0,027$ ) à Niamey. De plus, les espèces à Maradi sont dans leur majorité exotiques (51,4%) tandis que 48,6% sont indigènes. Puis, la naturalité des espèces (indigènes et exotiques) à Maradi a varié significativement selon les types d'utilisation et d'occupation des terres dans la ville (Pearson Chi-Square = 15,086,  $P = 0,010$ ).

La répartition des formes biologiques (arbres et arbustes) dans la ville de Niamey est influencée par les types d'utilisation et d'occupation des terres (Chi-Square de Pearson = 127,608,  $DF = 5$ ,  $P = 0,000$ ). De plus, la répartition des arbres et arbustes indigènes et exotiques est associée aux types d'utilisation et d'occupation des terres à Niamey (Chi-Square de Pearson = 58,720,  $DF = 5$ ,  $P = 0,000$ , Chi-Square de Pearson = 31,681,  $DF = 5$ ,  $P = 0,000$ ).

En outre, la distribution des formes biologiques est associée aux types d'utilisation des terres et d'occupation des terres dans la ville de Maradi (Chi-Square de Pearson = 148,834,  $DF = 5$ ,  $P = 0,000$ ). La répartition des formes biologiques et de la naturalité des espèces (indigènes et exotiques arbres ou arbustes) Maradi (Chi-carré de Pearson = 100,502,  $DF = 5$ ,  $P = 0,000$ , Chi-Carré de Pearson = 305,164,  $DF = 5$ ,  $P = 0,000$ ).

#### 3.2.2. Densité et Surface Terrière

En outre, le tableau 3 donne la distribution de la densité et la surface terrière des ligneux urbains dont le diamètre est supérieur ou égal à 2,5 cm des forêts urbaines de la ville de Niamey et Maradi en fonction des types d'utilisation et d'occupation des terres.

La densité des ligneux a varié significativement ( $W = 53$ ,  $P = 0,03$ ) avec les types d'utilisation et d'occupation des terres dans les deux villes. Mais la différence n'est pas significative pour la surface terrière ( $T = 1,41$ ,  $P = 0,202$ ,  $DF = 7$ ) pour dans les deux villes.

La valeur de la densité des ligneux est élevée, mais similaire (103 individus/ha) dans les zones résidentielles et les routes à Niamey, mais elle est faible (51 individus/ha) dans les zones commerciales. À l'exception des zones boisées, tous les types d'utilisation et d'occupation des terres présentent une densité des ligneux supérieure à la densité moyenne globale aux types d'utilisation et d'occupation des terres correspondantes à Niamey. La surface terrière est plus élevée dans les écoles (10,7 m<sup>2</sup>/ha) et les routes (15,2 m<sup>2</sup>/ha) que dans les autres types d'utilisation et d'occupation des terres à Niamey, la surface terrière la plus

basse se trouve dans les zones boisées et les zones commerciales (Tableau 3). À Maradi, la surface terrière est plus élevée dans les zones commerciales et les routes, et la plus faible est dans les écoles (Tableau 3).

En termes de densité, les espèces ayant le plus grand nombre d'individus à Niamey sont *Azadirachta indica*, *Balanites aegyptiaca* et *Terminalia mantaly*, représentant 54,74% (respectivement 39,6%, 10,16% et 4,98%) du nombre total d'arbres et d'arbustes trouvés dans cette zone. *Azadirachta indica* est principalement trouvée dans l'école, sur les routes, les zones boisées ; *Balanites aegyptiaca* a été trouvée dans les zones boisées, sur les routes et les dans zones administratives, tandis que *Terminalia mantaly* a été trouvée dans les zones résidentielles, sur les routes, les écoles. Les espèces rares (c'est-à-dire celles ayant moins de 5 individus par espèce) à Niamey sont *Dialium guineense*, *Vitellaria paradoxa* et *Anogeissus leiocarpus*. Il faut noter que la majorité des espèces rares à Niamey est originaire d'Afrique.

À Maradi, les espèces les plus abondantes que sont *Azadirachta indica*, *Terminalia mantaly* et *Balanites aegyptiaca*, représentent 57,58% (respectivement 50,83%, 3,86% et 2,89%) du nombre total d'arbres trouvés dans la zone. *Azadirachta indica* se trouve principalement dans les zones et espaces scolaires, sur les routes et dans les zones administratives; *Terminalia mantaly* a été trouvée dans les zones commerciales, les zones administratives et les zones résidentielles, tandis que *Balanites aegyptiaca* a été trouvée dans les zones administratives, les zones boisées et dans les écoles. Les espèces rares documentées à Maradi sont *Boscia salicifolia*, *V. paradoxa* et *Boswellia papyrifera*.

Les essences les plus dominantes (basées sur la densité) à Niamey sont *Azadirachta indica*, *Balanites aegyptiaca* et *Terminalia mantaly* avec des densités moyennes de peuplement de  $30,36 \pm 9,38$ ,  $12,77 \pm 4,02$  et  $8,95 \pm 4,7$  individus/ha, respectivement. *Azadirachta indica* est l'espèce la plus dominante parmi les six types d'utilisation et d'occupation des terres à Niamey ; *B. aegyptiaca* n'est dominant que dans les zones administratives et boisées tandis que *T. mantaly* domine dans les zones résidentielles, commerciales et sur les routes. *M. indica* est l'arbre fruitier le plus dominant ( $6,94 \pm 4,20$  individus / ha), trouvé principalement dans les zones résidentielles et administratives. *A. indica* est l'espèce la plus dominante à Maradi avec une densité moyenne de peuplement de  $86,70 \pm 40,94$  tiges/ha ; c'est aussi l'espèce la plus dominante à travers les six types d'utilisation et d'occupation des terres.

Quinze pour cent des arbres et arbustes documentés à Niamey et 30% de ceux trouvés à Maradi sont des plantes alimentaires. Les espèces telles qu'*Annona squamosa*, *Anacardium occidentale*, *D. guineense*, *Diospyros mespiliformis*, *Averrhoa carambola*, *Vitex* spp., *Punica granatum*, *M. indica*, *V. paradoxa*, *Sclerocarya birrea*, *Citrus* spp., Et *Ziziphus* spp. fournissent des fruits et des noix, tandis que les feuilles de *Moringa* sont utilisées à des fins alimentaires et médicinales. Les espèces ornementales documentées dans l'étude sont *Bougainvillea spectabilis*, *Nerium oleander* et *Thevetia nerifolia*.

## 4. Discussion

### 4.1 Composition Spécifique, Diversité et Similarité

Les indices de diversité (Shannon-Wiener, Equitabilité de Piélou et richesse spécifique) montrent que les forêts urbaines de Niamey et de Maradi ont une grande diversité d'espèces ligneuses (Tableau 1). L'indice moyen de Shannon pour les deux

villes (2,48 et 2,3) est supérieur à 2, ce qui indique que le milieu est d'une grande diversité (Magurran, 2004). Cette diversité est importante pour les deux villes, car la diversité des essences en milieu urbain augmente la résilience des villes et est importante pour l'approvisionnement en services écosystémiques comme rapporté par (Kendal et al., 2014). De plus une forêt urbaine avec une grande diversité d'espèces peut fournir de multiples services écosystémiques de manière durable (Escobedo et al., 2015). Cette diversité peut être due aux multiples usages de ces espèces par la communauté urbaine tels que la régulation de température et le soutien à la biodiversité (Sjöman et al., 2016) et la médecine traditionnelle (Furukawa et al., 2016) rendus par les ligneux urbains dans les villes de Niamey et Maradi. Puis, cette diversité pourrait aussi être due à la diversité de la population dans les deux villes comme l'avait souligné (Kühn et al., 2004) qui indique que la diversité des espèces en ville est corrélée à l'hétérogénéité du paysage urbain. Ceci indique également le rôle des villes du Sahel dans la conservation de la biodiversité ligneuse, comme les autres villes du monde. (Nero et al., 2017; Nowak et al., 2016b; Yan and Yang, 2017) ont souligné que les villes sont des habitats importants pour la conservation de la biodiversité. Un autre résultat important est que les forêts urbaines résidentielles ont le plus grand nombre d'espèces dans les deux villes. Cela suggère que les résidents gèrent une diversité d'essences comme leurs propriétés et n'aiment pas une flore monospécifique (Grimm et al., 2008). En outre, la dominance des forêts urbaines résidentielles peut être due à l'utilisation de ces zones pour planter des essences à des fins ornementales, alimentaires (fruits et noix), médicales, d'ombrage, de fourrage, de réduction de température, de protection contre le vent et de lutte contre l'érosion hydrique. Cette tendance a également été observée dans les villes américaines (Gillespie et al., 2017). Le plus grand nombre d'espèces ligneuses observé dans les résidences peut s'expliquer aussi par le fait que les individus privés contrôlent les plantations urbaines par rapport au contrôle institutionnel dans les autres types d'utilisation et d'occupation des terres. En plus de cela, il y a une proportion significative d'espèces exotiques dans les forêts urbaines dans les deux villes. Cela pourrait être dû au fait que les espèces exotiques ligneuses fournissent de précieux services socio-économiques et environnementaux aux citoyens, comme le soulignent (Davies et al., 2011; Riley et al., 2018). La prédominance des espèces exotiques dans les deux villes du Sahel indique que de nombreuses espèces ligneuses exotiques sont bien adaptées aux conditions climatiques sévères de cette zone, ce qui est important dans le contexte du changement climatique tel que rapporté par (Chalker-scott, 2015). En outre, la prédominance d'essences exotiques des deux villes a contribué à accroître la diversité (Chalker-scott, 2015), essentielle à la provision de services écosystémiques (Escobedo et al., 2015; Kendal et al., 2014). Même si l'irrigation peut être l'une des causes de cette diversité (Hope et al., 2003) ou de l'hétérogénéité du paysage (Kowarik, 2011), il existe une différence significative dans l'indice de diversité Shannon dans chaque ville et entre les villes. Malgré le rôle de la flore exotique dans l'amélioration de la biodiversité et les valeurs de la forêt urbaine. La prédominance des essences ligneuses exotiques constitue une menace pour la conservation de la biodiversité mondiale, comme le soulignent (Aronson et al., 2014), ce qui conduit à une homogénéisation biotique du milieu (Mckinney, 2006). Pour cette raison, la prédominance des espèces ligneuses exotiques devrait être une grande préoccupation pour la gestion des forêts urbaines dans les villes de Niamey et Maradi afin d'éviter une prochaine invasion des exotiques espèces au détriment des espèces locales et la perte

de la biodiversité locale comme l'atteste leur faible nombre dans cette étude. En plus de cela, le faible nombre des essences locale pourrait affecter l'éducation environnementale des enfants dans les deux villes.

La famille de *Fabaceae* compte le plus grand nombre d'espèces dans les deux villes. Cela indique que *Fabaceae* est adaptée aux conditions environnementales difficiles (Sreetheran et al., 2011) et joue un rôle important pour la fixation de l'azote atmosphérique (Chaer et al., 2011). Ceci peut être un avantage pour la croissance des espèces non légumineuses.

La dominance de *Fabaceae* peut être due aux divers services rendus par les essences de cette famille. Par exemple, sur notre liste d'espèces de *Fabaceae*, il y a quelques essences à usage multiples telles que *Faidherbia albida*, *Tamarindus indica*, *Acacia senegal*, *Dialium guineense*, *Parkia biglobosa*, etc. Cette dominance peut être due à l'importance socio-économique de ces espèces en termes de production alimentaire, médicaments, fourrage, etc. De plus, il s'agit de l'introduction d'espèces de *Fabaceae* exotiques utilisées dans le verdissement urbain à Niamey et à Maradi, telles que *Senna siamea*, *Prosopis juliflora*, *Dalbergia sissoo*, *Delonix regia*, etc. La diversité des espèces légumineuses dans les deux villes est un indicateur de la diversité botanique comme rapporté par (Raes et al., 2013) qui indique que la diversité des légumineuses était un indicateur de la diversité botanique d'un milieu. La prédominance de *Fabaceae* a été rapporté dans les autres types de végétation au Niger tels que le parc agroforestiers (Moussa, 2013).

La prédominance de neem dans les deux villes peut être due à son adaptabilité aux conditions climatiques dures (Raj et al., 2013) comme le Sahel et son usage multiple dans les villes du Niger comme à Niamey où l'espèce est plantée pour le bois de feu, de service et pour l'ombrage (Moussa et al., 2018). La dominance de neem est dans deux villes présente une opportunité pour la protection de l'environnement. Par exemple, le neem est un bon absorbeur de polluants atmosphériques (Dhadse et al., 2011) et un bon accumulateur et absorbeur de dioxyde de carbone dans un milieu anthropisé (Bohre et al., 2016) comme les villes. Le neem est bon pour l'interception des précipitations (Gaur and Kumar, 2018) et fonctionne comme un bon brise vent et une bonne ceinture de protection dans les régions arides et semi-arides telles que le Sahel (Raj et al., 2013).

Ainsi, l'indice de similarité entre les deux villes indique une grande similarité floristique entre les villes ce qui contredit les résultats de (Saadou, 1990) que les villes appartenaient à des compartiments différents. Ceci peut être dû à la modification de la végétation ligneuse de deux zones par les activités humaines telles que la déboisement, l'expansion spatiale de deux villes et peut être aux facteurs pressions climatique telles que le rétrécissement de l'isohyète.

## 1.2 Structure des Peuplements

Les arbres sont plus abondants que les arbustes dans les forêts urbaines de Niamey et de Maradi. Ce schéma indique que la structure verticale des forêts urbaines de Niamey et de Maradi est arborée, ce qui peut être expliqué par l'utilisation des arbres pour l'ombrage. Le neem est l'espèce ligneuse la plus abondante dans les villes en terme de densité. Cela semble être dû aux divers services rendus par cet arbre à l'être humain et à l'environnement ; ainsi qu'à son adaptabilité aux conditions climatiques difficiles et aux zones de pression anthropique comme indiqué par (Raj et al., 2013). Ceci corrobore le but de l'introduction du neem au Niger qui est de combattre la désertification. Il y a aussi l'existence de

quelques espèces indigènes rares avec la densité très basse dans les deux villes. Ces résultats ont montré le rôle des villes dans la conservation in situ qui a été rapporté par (Yan and Yang, 2017). La surface terrière et la densité dans les deux villes ont varié à travers le gradient d'utilisation et d'occupation des terres. Les valeurs élevées de la surface terrière constituent une indication de la productivité des deux forêts urbaines. Des valeurs plus élevées de la densité des plantes ligneuses dans les deux villes indiquent la prédominance des plantes ligneuses dans deux sites urbains. Les variations écologiques entre les deux villes en termes de paramètres structuraux sont importantes pour l'intégrité des écosystèmes forestiers (Carreiro and Zipperer, 2008). En plus de cela, cette variation est importante pour la stratégie de gestion des forêts urbaines telle que rapportée par (Oyebade et al., 2012). Les différences dans la surface terrière et la densité des ligneux entre les zones étudiées peuvent être dues à des différences dans la composition floristique et les activités humaines telles que l'irrigation, l'élagage, mais aussi à l'âge de plantation. Les paramètres structuraux constituent des attributs vitaux essentiels pour comprendre l'écologie de forêts (Naidu and Kumar, 2016). La densité et la surface terrière déterminées dans cette étude ont montré des valeurs plus élevées que les valeurs rapportées pour les parcs agroforestiers au Niger (Moussa et al., 2016). Cela indique la forte densité d'arbres atteinte par les programmes de boisement urbain au Niger. Mais les résultats de test de signification parmi les moyens de la caractéristique structurelle ont indiqué des différences significatives à l'intérieur et entre les zones d'étude, soutenant ainsi la similitude dans le traitement sylvicole et la performance des espèces au climat urbain.

## 5. Conclusion

Nous avons évalué la composition de la biodiversité ligneuse et la structure des forêts urbaines à Niamey et Maradi, deux villes sahéliennes au Niger. Nous avons identifié 112 espèces appartenant à 88 genres avec 37 familles à Niamey. Cependant, nous avons inventorié 111 espèces ligneuses appartenant à 37 genres, avec 34 familles dans la ville de Maradi. Le type de forêt urbaine résidentielle a le nombre le plus grand nombre d'espèces dans les deux villes. La *Fabaceae* est la famille la plus dominante dans les deux villes. Les essences exotiques dominent la flore urbaine des deux sites. La structure verticale de la forêt urbaine est arborée. Le neem est l'essence la plus abondante dans les deux villes. La parité de la richesse spécifique entre les deux villes à travers le gradient d'utilisation et d'occupation des terres réitère la nécessité de prioriser et de conserver globalement les écosystèmes urbains. En particulier, les efforts de conservation devraient cibler les espèces ligneuses indigènes, dont le nombre est inférieure à celui des espèces exotiques dans les deux villes. À cet égard, les plantes ligneuses indigènes peuvent être entretenues lors de la construction des infrastructures dans les deux villes. Il y a aussi la nécessité de promouvoir les forêts urbaines alimentaires dans les deux villes. Les résultats de cette recherche constituent une situation de référence pour une meilleure compréhension de la structure de la forêt urbaine pour les deux villes pour une gestion durable de ces forêts et l'aménagement du territoire urbain. L'étude recommande de poursuivre les recherches qui détermineront les facteurs de la diversité et de la structure des essences urbaines dans les villes de Niamey et de Maradi.

## 6. Remerciements

Mes sincères remerciements vont au Ministère Fédéral de l'Education et de la Recherche Allemand (BMBF) et au Centre Ouest Africain de Recherche et de Services Scientifiques sur le Changement Climatique et l'Utilisation Adaptée des Terres (WASCAL) pour la bourse d'étude qui m'a été accordée et leur soutien financier. Mes remerciements vont également à l'antenne de l'INRAN de Maradi et Département de Recherche en Economie Rurale (DECOR) Niamey et à la Direction régionale de l'Environnement de Niamey et celle de de Maradi pour leur appui technique et matériel. Mes remerciements vont aussi à la population de la ville de Niamey et celle de Maradi pour leur compréhension.

**Tableau 1. Indices de diversité de deux forêts urbaines.**

Villes	Types d'occupation et Utilisation de terres	Indice de Shannon	Équitabilité de Piélou	Richesse spécifique
Niamey	Zones résidentielles	3,27	0,78	68
Maradi		3,06	0,71	73
Niamey	Zones boisées	2,57	0,65	53
Maradi		2,9	0,73	53
Niamey	Ecoles	1,92	0,54	36
Maradi		0,97	0,27	33
Niamey	Zones commerciales	1,82	0,69	14
Maradi		2,70	0,75	36
Niamey	Routes	2,41	0,7	32
Maradi		1,44	0,4	36
Niamey	Zones administratives	2,92	0,76	47
Maradi		2,79	0,68	57

**Tableau 2. Formes Biologiques et Naturalité.**

Villes	Types d'occupation et d'utilisation des terres	Formes biologiques		Naturalité	
		Arbres	Arbustes	Espèces exotiques	Espèces indigènes
Niamey	Zones résidentielles	152	119	38	30
Maradi		193	245	45	28
Niamey	Zones boisées	305	369	15	38
Maradi		211	314	15	38
Niamey	Ecoles	345	164	14	22
Maradi		429	217	16	17
Niamey	Zones commerciales	78	18	6	8
Maradi		115	95	21	15
Niamey	Routes	230	73	19	13
Maradi		248	89	17	19
Niamey	Zones administratives	223	129	23	24
Maradi		342	274	29	28

**Tableau 3. Densité et Surface Terrière dans les deux villes.**

Villes	Types d'occupation et d'utilisation de la terres	Densité ligneux	Structure des Surface terrière (ha) (m <sup>2</sup> / ha)
Niamey	Zones résidentielles	103,43	8,21
Maradi		254,65	11,55
Niamey	Zones boisées	61,38	6,27
Maradi		78,98	4,43
Niamey	Ecoles	79,16	10,7
Maradi		126,63	9,71
Niamey	Zones commerciales	51,06	6,69
Maradi		292,47	19,17
Niamey	Routes	103,76	15,18
Maradi		198,38	19,19
Niamey	Zones administratives	88,66	8,44
Maradi		157,57	14,20
Niamey	Moyenne (± Ecart type)	81,3 ± 21,8	9,2 ± 3,3
Maradi		184,77 ± 79,97	13,0 ± 5,7

Tableau 4. Liste floristique des espèces ligneuses des villes de Niamey et Maradi.

No	Noms des espèces	Familles	Villes	Naturalité
1	<i>Acacia holosericea</i> A. Cunn. ex G. Don	Fabaceae	Commune	Exotique
2	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	Fabaceae	Commune	Indigène
3	<i>Adansonia digitata</i> L.	Bombacaceae	Commune	Indigène
4	<i>Adenium obesum</i> (Forssk.) Roem. & Schult	Apocynaceae	Commune	Exotique
5	<i>Albizia chevalieri</i> Harms	Fabaceae	Maradi	Indigène
6	<i>Albizia lebeck</i> (L.) Benth.	Fabaceae	Commune	Exotique
7	<i>Alluaudia montagnacii</i> Rauh	Didiereaceae	Niamey	Exotique
8	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	Niamey	Exotique
9	<i>Ammon muricata</i> L.	Annonaceae	Maradi	Exotique
10	<i>Ammon senegalensis</i> Pers.	Annonaceae	Commune	Indigène
11	<i>Ammon squamosa</i> L.	Annonaceae	Commune	Exotique
12	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. & Perr.	Combretaceae	Commune	Indigène
13	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Oxalidaceae	Niamey	Exotique
14	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Meliaceae	Commune	Exotique
15	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	Balanitaceae	Commune	Indigène
16	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. Ex J.C.Wendl.	Poaceae	Commune	Exotique
17	<i>Bauhinia monandra</i> Kurz	Fabaceae	Maradi	Exotique
18	<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	Fabaceae	Commune	Indigène
19	<i>Blighia sapida</i> Koenig	Sapindaceae	Commune	Exotique
20	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet	Bombacaceae	Maradi	Indigène
21	<i>Borassus aethiopicum</i> Mart.	Arecaceae	Commune	Indigène
22	<i>Boscia angustifolia</i> A. Rich.	Capparaceae	Commune	Indigène
23	<i>Boscia salicifolia</i> Oliv.	Capparaceae	Maradi	Indigène
24	<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam. ex Poir.	Capparaceae	Niamey	Indigène
25	<i>Boswellia dalzielii</i> Hutch.	Burseraceae	Maradi	Indigène
26	<i>Boswellia papyrifera</i> (Del.) A. Rich.	Burseraceae	Maradi	Indigène
27	<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd.	Nyctaginaceae	Commune	Exotique
28	<i>Casalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	Fabaceae	Commune	Exotique
29	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.	Fabaceae	Niamey	Exotique
30	<i>Calliandra brevipes</i> Benth.	Fabaceae	Maradi	Exotique
31	<i>Calotropis procera</i> (Ait.) Ait. f.	Asclepiadaceae	Commune	Indigène
32	<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae	Commune	Exotique
33	<i>Cassia sieberiana</i> DC.	Fabaceae	Niamey	Indigène
34	<i>Casuarina equisetifolia</i> Forst.	Casuarinaceae	Commune	Exotique
35	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Bombacaceae	Commune	Indigène
36	<i>Citrus grandis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	Maradi	Exotique
37	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	Rutaceae	Commune	Exotique
38	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae	Commune	Exotique
39	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	Commune	Exotique
40	<i>Clerodendrum inerme</i> L.	Verbenaceae	Commune	Exotique
41	<i>Coccoloba uvifera</i> L.	Polygonaceae	Maradi	Exotique
42	<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae	Niamey	Exotique
43	<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R. Br.	Sterculiaceae	Commune	Exotique
44	<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	Combretaceae	Commune	Indigène
45	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	Combretaceae	Commune	Indigène
46	<i>Combretum indicum</i> L.	Combretaceae	Commune	Exotique
47	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. et Perr.	Combretaceae	Niamey	Indigène
48	<i>Commiphora africana</i> (A. Rich.) Engl.	Burseraceae	Maradi	Indigène

49	<i>Cordia sebestena</i> L.	Boraginaceae	Niamey	Exotique
50	<i>Cratogeomys adansonii</i> DC	Capparaceae	Maradi	Indigène
51	<i>Dalbergia sissoo</i> Roxb.	Fabaceae	Commune	Exotique
52	<i>Daniellia oliveri</i> (Rolf) Hutch. & Dalz.	Fabaceae	Maradi	Indigène
53	<i>Delonix regia</i> (Boj.) Raf.	Fabaceae	Commune	Exotique
54	<i>Dialium guineense</i> Willd.	Fabaceae	Niamey	Exotique
55	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. Rich.	Ebenaceae	Commune	Indigène
56	<i>Duranta repens</i> Linn.	Verbenaceae	Commune	Exotique
57	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Myrtaceae	Commune	Exotique
58	<i>Euphorbia balsamifera</i> Ait.	Euphorbiaceae	Commune	Indigène
59	<i>Euphorbia kamerunica</i> Pax	Euphorbiaceae	Maradi	Exotique
60	<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	Fabaceae	Commune	Indigène
61	<i>Ficus benamina</i> L.	Moraceae	Commune	Exotique
62	<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem.	Moraceae	Commune	Exotique
63	<i>Ficus platyphylla</i> Del.	Moraceae	Commune	Indigène
64	<i>Ficus sycomorinus</i> ssp. <i>gnaphalocarpa</i> (Miq.) C.C. Berg	Moraceae	Commune	Indigène
65	<i>Ficus thonningii</i> Blume	Moraceae	Commune	Indigène
66	<i>Gardenia erubescens</i> Stapf & Hutch.	Rubiaceae	Commune	Indigène
67	<i>Gliricidia septium</i> (Jacq.) Walp.	Fabaceae	Commune	Exotique
68	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Verbenaceae	Commune	Exotique
69	<i>Grewia barberi</i> Burret	Tiliaceae	Niamey	Indigène
70	<i>Grewia bicolor</i> Juss.	Tiliaceae	Niamey	Indigène
71	<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	Combretaceae	Commune	Indigène
72	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	Malvaceae	Niamey	Exotique
73	<i>Hura crepitans</i> L.	Euphorbiaceae	Maradi	Exotique
74	<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.	Arecaceae	Commune	Indigène
75	<i>Jatropha curcas</i> L.	Euphorbiaceae	Commune	Exotique
76	<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	Euphorbiaceae	Maradi	Exotique
77	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss	Meliaceae	Commune	Indigène
78	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Bigoniaceae	Commune	Indigène
79	<i>Lamnea microcarpa</i> Engl. & K. Krause	Anacardiaceae	Commune	Indigène
80	<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	Niamey	Exotique
81	<i>Lawsonia inermis</i> L.	Lythraceae	Commune	Exotique
82	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Fabaceae	Commune	Exotique
83	<i>Maerua angolensis</i> DC.	Capparaceae	Commune	Indigène
84	<i>Maerua crassifolia</i> Forssk.	Capparaceae	Commune	Indigène
85	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	Commune	Exotique
86	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Malvaceae	Commune	Exotique
87	<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	Commune	Exotique
88	<i>Mimosa pigra</i> L.	Fabaceae	Niamey	Indigène
89	<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) Kuntze	Rubiaceae	Maradi	Indigène
90	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringaceae	Commune	Exotique
91	<i>Moringa stenopetala</i> Baker f.	Moringaceae	Commune	Exotique
92	<i>Morus nigra</i> L.	Moraceae	Niamey	Exotique
93	<i>Neocarya macrophylla</i> (Sabine) Prance	Chrysobalanaceae	Niamey	Indigène
94	<i>Nerium oleander</i> Linn.	Apocynaceae	Commune	Exotique
95	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seem.	Bigoniaceae	Commune	Exotique
96	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex G. Don	Fabaceae	Commune	Indigène
97	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Fabaceae	Commune	Exotique
98	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Arecaceae	Commune	Indigène
99	<i>Phoenix reclinata</i> Jacq.	Arecaceae	Maradi	Indigène
100	<i>Phyllanthus reticulatus</i> Poir.	Euphorbiaceae	Maradi	Indigène
101	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	Fabaceae	Commune	Indigène
102	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Fabaceae	Commune	Exotique
103	<i>Platycladus orientalis</i> L.	Cupressaceae	Niamey	Exotique
104	<i>Plumeria rubra</i> L.	Apocynaceae	Commune	Exotique
105	<i>Polyalthia longifolia</i> Sonn	Annonaceae	Commune	Exotique
106	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	Fabaceae	Maradi	Indigène
107	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Fabaceae	Commune	Exotique
108	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	Commune	Exotique
109	<i>Punica granatum</i> L.	Punicaceae	Commune	Exotique
110	<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	Anacardiaceae	Commune	Indigène
111	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Fabaceae	Niamey	Exotique
112	<i>Senna siamea</i> (Lam.) Irwin & Barneby	Fabaceae	Commune	Exotique
113	<i>Senna singuana</i> (Del.) Lock	Fabaceae	Maradi	Indigène
114	<i>Sesbania pachycarpa</i> DC. Em. Guill. Et Perr.	Fabaceae	Maradi	Indigène
115	<i>Sesbania sesban</i> (L.) Merrill	Fabaceae	Niamey	Indigène
116	<i>Sterculia setigera</i> Del.	Sterculiaceae	Maradi	Indigène
117	<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.	Bigoniaceae	Maradi	Indigène
118	<i>Syzygium guineense</i> (Willd.) DC.	Myrtaceae	Commune	Exotique
119	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M.Perry	Myrtaceae	Niamey	Exotique
120	<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae	Commune	Indigène
121	<i>Tapinanthus dodoneifolius</i> (DC.) Danser	Loranthaceae	Niamey	Indigène
122	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Bigoniaceae	Maradi	Exotique
123	<i>Tectonia grandis</i> L. f.	Verbenaceae	Niamey	Exotique
124	<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	Commune	Exotique
125	<i>Terminalia mantaly</i> H. Perrier	Combretaceae	Commune	Exotique
126	<i>Theobroma cacao</i> L.	Malvaceae	Niamey	Exotique
127	<i>Thevetia nerifolia</i> Juss.	Apocynaceae	Commune	Exotique
128	<i>Vachellia nilotica</i> subsp. <i>nilotica</i> (L.) Willd. ex Del.	Fabaceae	Commune	Indigène

129	<i>Vachellia seyal</i> (Delile) P.J.H.Hurter	Fabaceae	Commune	Indigène
130	<i>Vachellia sieberiana</i> (DC.) Kyal. & Boatwr	Fabaceae	Niamey	Indigène
131	<i>Vachellia tortilis</i> subsp. <i>raddiana</i> (Savi) Brennan	Fabaceae	Commune	Indigène
132	<i>Vernonia amygdalina</i> Del.	Asteraceae	Maradi	Exotique
133	<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn. f.	Sapotaceae	Commune	Indigène
134	<i>Vitex doniana</i> Sweet	Verbenaceae	Commune	Indigène
135	<i>Vitex simplicifolia</i> Oliv.	Verbenaceae	Commune	Indigène
136	<i>Vitex trifolia</i> L.	Verbenaceae	Niamey	Exotique
137	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	Rhamnaceae	Commune	Indigène
138	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.	Rhamnaceae	Niamey	Indigène
139	<i>Ziziphus spina-christi</i> (L.) Desf.	Rhamnaceae	Maradi	Indigène

Commune : Veut dire l'espèce recensée dans la ville de Maradi et Niamey

### Bibliographie

- Aronson, M.F.J., La Sorte, F.A., Nilon, C.H., Katti, M., Goddard, M.A., Lepczyk, C.A., Warren, P.S., Williams, S.G., Cilliers, S., Clarkson, B., Dobbs, C., Dolan, R., Hedblom, M., Klotz, S., Kooijmans, J.L., Kuhn, I., MacGregor-Fors, L., McDonnell, M., Mortberg, U., Pyšek, P., Siebert, S., Sushinsky, J., Werner, P., Winter, M., 2014. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proc. R. Soc.* 281, 20133330.
- Berland, A., 2012. Long-term urbanization effects on tree canopy cover along an urban-rural gradient. *Urban Ecosyst.* 15, 721–738. <https://doi.org/10.1007/s11252-012-0224-9>
- Bierwagen, B.G., 2007. Connectivity in urbanizing landscapes: The importance of habitat configuration, urban area size, and dispersal. *Urban Ecosyst.* 10, 29–42. <https://doi.org/10.1007/s11252-006-0011-6>
- Bigirimana, J., Bogaert, J., Charles De, C., Bigendako, M., Parmentier, I., 2012. Domestic garden plant diversity in Bujumbura, Burundi: Role of the socio-economical status of the neighborhood and alien species invasion risk. *Landsc. Urban Plan.* 107, 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.05.008>
- Bohre, P., Chaubey, O.P., Pradesh, M., Forest, S., Jabalpur, M.P., 2016. Biomass Production and Carbon Sequestration by *Azadirachta indica* in Coal Mined Lands. *Int. J. Bio-Science Bio-Technology* 8, 111–120.
- Carreiro, M.M., Zipperer, W.C., 2008. Urban forestry and Ecology: Today and tomorrow, in: Carreiro, M.M., Song, Y.-C., Wu, J. (Eds.), *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests*. Springer, New York, NY, pp. 435–456.
- Chaer, G.M., Resende, A.S., Campello, E.F.C., Faria, S.M. de, Robert Michael Boddey, 2011. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. *Tree Physiol.* 31, 139–149. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq116>
- Chalker-scott, L., 2015. Nonnative, Noninvasive Woody Species Can Enhance Urban Landscape Biodiversity. *Arboric. Urban For.* 41, 173–186.
- Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable, 2016. Troisième Communication Nationale à la Conférence des Parties de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Niamey.
- Davies, Z.G., Edmondson, J.L., Heinemeyer, A., Leake, J.R., Gaston, K.J., 2011. Mapping an urban ecosystem service: quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale. *J. Appl. Ecol.* 48, 1125–1134. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02021.x>
- Dhadse, S., Gajghate, D.G., Chaudhari, P.R., Satapathy, D.R., Wate, S.R., 2011. Interaction of Urban Vegetation Cover to Sequester Air Pollutants from Ambient Air Environment. *Air pollution-New Dev.* 13.
- Elmqvist, T., Zipperer, W.C., Gii, B., 2016. Urbanization, habitat loss and biodiversity decline Solution pathways to break the cycle, in: Seto, K.C., D.Solecki, W., Griffith, C.A. (Eds.), *The Routledge Handbook of Urbanization and Global Environmental Change*. Rotledge Taylor & Francis Group, London and New York, pp. 139–152.
- Escobedo, F.J., Clerici, N., Staudhammer, C.L., Corzo, G.T., 2015. Socio-ecological dynamics and inequality in Bogotá, Colombia's public urban forests and their ecosystem services. *Urban For. Urban Green.* 14, 1040–1053. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.09.011>
- FAO, 2016. Guidelines on urban and peri-urban forestry (No. 178), FAO Forestry Paper. FAO, Rome, Italia.
- Flores, L.M.A., Zanette, L.R.S., Araujo, F.S., 2018. Effects of habitat simplification on assemblages of cavity nesting bees and wasps in a semiarid neotropical conservation area. *Biodivers. Conserv.* 27, 311–328. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1436-3>
- Furukawa, T., Kiboi, S.K., Mutiso, P.B.C., Fujiwara, K., 2016. Multiple use patterns of medicinal trees in an urban forest in Nairobi, Kenya. *Urban For. Urban Green.* 18, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.05.003>
- Gaur, M., Kumar, S., 2018. Preliminary Investigations on Localized Rainfall Interception Losses Under Real Field Observations. *Hydrol. Model. Springer* 81. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-5801-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-5801-1_3)
- Gillespie, T.W., Goede, J. De, Aguilar, L., Jenerette, G.D., Fricker, G.A., Avolio, M.L., Pincetl, S., Johnston, T., Clarke, L.W., Pataki, D.E., 2017. Predicting tree species richness in urban forests. *Urban Ecosyst.* 839–849. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0633-2>
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X., Briggs, J.M., Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bal, X., Briggs, J.M., 2008. Global Change and the Ecology of Cities. *Science* 319, 756–760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>
- Hope, D., Gries, C., Zhu, W., Fagan, W.F., Redman, C.L., Grimm, N.B., Nelson, A.L., Martin, C., Kinzig, A., 2003. Socioeconomics drive urban plant diversity. *Proc. Natl. Acad. Sci. United States Am.* 100, 8788–8792.
- INS, 2017. Annuaire Statistique Regional 2012 - 2016. Niamey.
- INS, 2016. Le Niger en Chiffres 2016. Niamey.
- Kendal, D., Dobbs, C., Lohr, V.I., 2014. Global patterns of diversity in the urban forest: Is there evidence to support the 10/20/30 rule? *Urban For. Urban Green.* 13, 411–417. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.04.004>
- Kowarik, I., 2011. Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environ. Pollut.* 159, 1974–1983. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.02.022>
- Kühn, I., Brandl, R., Klotz, S., 2004. The flora of German cities is

- naturally species rich. *Evol. Ecol. Res.* 6, 749–764. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2009.2035730>
- Magurran, A.E., 2004. *Measuring biological diversity: Rejoinder, Environmental and Ecological Statistics.* Blackwell Science Ltd. <https://doi.org/10.2989/16085910409503825>
- Marzluff, J.M., Endlicher, W., Bradley, G., Simon, U., Shulenberg, E., Alberti, M., Ryan, C., Zumbunnen, C., 2008. *Urban ecology: An international perspective on the interaction between humans and nature.* *Urban Ecol. An Int. Perspect. Interact. Between Humans Nat.* 1–807. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5>
- McDonald, R. I., Marcotullio, P. J., & Güneralp, B., 2013. Urbanization and global trends in biodiversity and ecosystem services, in: *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunitie.* Springer, Dordrecht, pp. 31–52.
- Mckinney, M.L., 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biol. Conserv.* 3, 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>
- McKinney, M.L., 2002. Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *Bioscience* 52, 883–890.
- Ministère de l'Environnement du Niger, 2010. *Foresterie Urbaine, version revue Niger.* Niamey.
- Moussa, S., 2013. *Inventaire des légumineuses des communes d'Aguié et Mayahi : composition systématique, chorologie, types biologiques et importance socioéconomique.* Université de Maradi.
- Moussa, S., Kyereh, B., Tougiani, A.A., Saadou, M., 2018. Carbon Stocks of neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss.) in different urban land use and Land Cover types in Niamey City, Niger, West Africa. *South Asian J. Biol. Res.* 1, 153–165.
- Naidu, M.T., Kumar, O.A., 2016. Tree diversity, stand structure, and community composition of tropical forests in Eastern Ghats of Andhra Pradesh, India. *J. Asia-Pacific Biodivers.* 9, 328–334. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2016.03.019>
- Nero, B.F., Campion, B.B., Agbo, N., Callo-concha, D., Denich, M., 2017. Tree and trait diversity, species coexistence, and diversity-functional relations of green spaces in Kumasi, Ghana. *Procedia Eng.* 198, 99–115. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.164>
- Nowak, D.J., Dwyer, J.F., 2007. *Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems.* Springer, Dordr. 25–45. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4289-8>
- Nowak, D.J., Hoehn, R.E., Bodine, A.R., Greenfield, E.J., Neil-dunne, J.O., 2016a. Urban forest structure, ecosystem services and change in Syracuse, NY. *Urban Ecosyst.* 19, 1455–1477. <https://doi.org/10.1007/s11252-013-0326-z>
- Nowak, D.J., Hoehn, R.E., Bodine, A.R., Greenfield, E.J., Neil-dunne, J.O., 2016b. Urban forest structure, ecosystem services and change in Syracuse, NY. *Urban Ecosyst.* 19, 1455–1477. <https://doi.org/10.1007/s11252-013-0326-z>
- Oyebade, B.A., Popo-ola, F., Itam, E.S., 2012. Growth characteristics and diversity of urban tree species in selected areas of Uyo Metropolis, Akwa Ibom State, Nigeria. *Adv. Appl. Sci. Res.* 3, 1655–1662.
- Pearson, T.R.H., Brown, S.L., Birdsey, R.A., 2007. *Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest Carbon.* North. Res. Stn. 42.
- Raes, N., Saw, L.G., van Welzen, P.C., Yahara, T., 2013. Legume diversity as indicator for botanical diversity on Sundaland, South East Asia. *South African J. Bot.* 89, 265–272. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2013.06.004>
- Raj, A., Agriculture, C., Agriculture, C., Sahu, K.P., 2013. *Neem- A Tree for Solving Global Problem* Manoj Kumar Jhariya. *Indian J. Appl. Res.* 3, 1–3.
- Riley, C.B., Herms, D.A., Gardiner, M.M., 2018. Exotic trees contribute to urban forest diversity and ecosystem services in inner-city Cleveland, OH. *Urban For. Urban Green.* 29, 367–376. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.01.004>
- Saadou, M., 1990. *La végétation des milieux drainés nigériens à l'Est du fleuve Niger.* Université de Niamey.
- Sené, E.H., 1993. Urban and peri-urban forests in sub-Saharan Africa, the Sahel. *Unasylva* 173, 45–51. <https://doi.org/http://www.fao.org/docrep/u9300e/u9300e09.htm>
- Sjöman, H., Morgenroth, J., Sjöman, J.D., Sæbø, A., Kowarik, I., 2016. Diversification of the urban forest—Can we afford to exclude exotic tree species? *Urban For. Urban Green.* 18, 237–241. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.06.011>
- Sreetheran, M., Adnan, M., Azuar, A.K.K., 2011. Street Tree Inventory and Tree Risk Assessment of Selected Major Roads in Kuala Lumpur, Malaysia. *Arboric. Urban For.* 37, 226–235.
- Tait, C.J., Daniels, C.B., Hill, R.S., 2005. Changes in species assemblages within the Adelaide metropolitan area, Australia, 1836–2002. *Ecol. Appl.* 15, 346–359. <https://doi.org/10.1890/04-0920>
- The Legume Phylogeny Working Group (LPWG), 2017. A new subfamily classification of the leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon.* <https://doi.org/10.12705/661.3>
- Thiombiano, A.R., Glele KaKai, P., Bayen, J.I.B.A., & Mahamane, A., 2016. *Méthodes de collecte et d'analyse des données de terrain pour l'évaluation et le suivi de la végétation en Afrique* Methods for sampling and analysis of field data to evaluate and monitor vegetation in Africa, *Annales des sciences agronomiques, FSA/UAC.*
- Wania, A., Kühn, I., Klotz, S., 2006. Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in Central Germany - Spatial gradients of species richness. *Landsc. Urban Plan.* 75, 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.12.006>
- World Bank, 2018. WorldBank [WWW Document]. Poverty Equity Data Portal. URL <http://povertydata.worldbank.org/poverty/country/NER> (accessed 11.24.18).
- Worldometers, 2018. Niger Population [WWW Document]. Niger Popul. URL <http://www.worldometers.info/world-population/niger-population/> (accessed 11.24.18).
- Yan, P., Yang, J., 2017. Species diversity of urban forests in China. *Urban For. Urban Green.* 28, 160–166. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.09.005>