



Diversité des espèces ligneuses de la forêt urbaine des espaces scolaires des villes de Niamey et Maradi au Niger : un appel à l'action pour verdir la cour d'école pour une éducation durable

Moussa Soulé¹, Clement Nyamekye², Hamidou Taffa Abdoul-Azize³

¹Islamic Development Bank (IsDB) and Academy of Sciences for the Developing World (TWAS) Postdoctoral Fellow 2020/2021 at Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Koforidua Technical University, Koforidua, Ghana

²Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Koforidua Technical University, Koforidua, Ghana

³Faculty of Applied Sciences, Istanbul Gelisim University, Istanbul, Turkey, Cihangir, Şehit Jandarma Komando, J. Kom. Er Hakan Öner Street No: 1, 34310 Avclar, İstanbul

Résumé

Les espaces scolaires urbains sont essentiels à la conservation de la biodiversité notamment les espèces ligneuses qui fournissent de nombreux services écosystémiques aux élèves, aux enseignants et à la ville où sont implantées les écoles. Cependant, peu ou pas d'études ont exploré le rôle des cours d'école urbaines dans la conservation de la biodiversité et la séquestration du carbone. Cette étude a donc évalué la structure et les valeurs des essences des espaces scolaires urbains dans les villes de Niamey et Maradi. Un total de 60 écoles a été sélectionné sur la base d'un échantillonnage orienté par quota dans les villes de Niamey et de Maradi (30 écoles dans chaque ville). Les données ont été collectées par le biais d'une enquête, un inventaire forestier et des observations du terrain. Les résultats ont révélé qu'un total de 97 essences appartenant à 35 familles et 81 genres. De plus, *Azadiractha indica* est l'essence dominante dans les cours des écoles de deux villes. L'indice de similarité était de 64% indiquant une forte similarité entre les flores des cours d'école dans les deux villes. La valeur du stock de carbone était de 48,91 et 27,49 t/ha dans les écoles primaires de Niamey et Maradi respectivement. De plus, l'analyse de la structure des forêts des cours d'école urbaines a montré des valeurs élevées des paramètres structurels indiquant la vitalité de la forêt urbaine des espaces scolaires de ces deux villes. La capacité des élèves à nommer les plantes, les animaux et les services écosystémiques de leurs cours d'école est considérablement faible. Cette étude recommande l'utilisation d'essences à usages multiples dans les initiatives de verdissement des écoles pour une éducation de qualité. En outre, l'étude recommande une enquête plus approfondie sur les effets de la structure de la forêt urbaine de l'école sur les performances scolaires des élèves et leur potentiel allergène des essences trouvées dans les écoles urbaines.

Mots clés: Alphabétisation écologique, Education environnementale, une école verte, Ecoles en forêt, Sahel

Introduction, domaine et principaux objectifs

La perte de biodiversité ligneuse est causée par des activités anthropiques et naturelles entraînant de graves problèmes environnementaux. Par exemple, l'urbanisation à travers l'expansion du développement des infrastructures urbaines conduit à la destruction d'essences, à la perte d'habitats et à l'extinction de la forêt urbaine (Elmqvist et al., 2016; McKinney, 2002). Ces activités anthropiques entraînent une perte de biodiversité, l'érosion des sols, l'émergence de diverses maladies, influençant les impacts du changement climatique et les problèmes environnementaux associés. Cependant, de nombreuses études ont rapporté l'importance et l'utilisation des espèces ligneuses en milieu urbain (Borelli et Conigliaro, 2018; Nowak et al., 2016). Par exemple, la forêt urbaine est la source de production alimentaire (Park et al., 2019), contribue à l'atténuation de la pollution atmosphérique urbaine (Nowak et al., 2013b), à l'atténuation du changement climatique (Borelli et Conigliaro, 2018) et à l'amélioration du bien-être de la population urbaine (Borelli et Conigliaro, 2018). De plus,

les essences urbaines dans les zones scolaires améliorent la qualité de l'air, régulent les températures des écoles, rehaussent la beauté des écoles, améliorant ainsi les performances scolaires des élèves (Kweon et al., 2017).

De plus, les plantes ligneuses des cours d'école réduisent les conflits et la violence physique en milieu urbain (Shepley et al., 2019) et leur présence dans les espaces urbains contribue également au bon déroulement des activités physiques (Lu, 2018). Malgré l'importance variable de la forêt urbaine ; seules quelques études ont étudié le rôle des plantes ligneuses dans les cours d'école et les services qu'elles fournissent, les études précédentes se concentrant uniquement sur le rôle des essences sur les campus. Par exemple, les campus ont été signalés comme des sites de conservation de la biodiversité (Ha et Jin, 2021; Mansingh et Pradhan, 2021). De plus, Susilowati et al. (2021), a découvert que l'Université de Sumatera Utara, Campus de Medan en Indonésie, compte 121 espèces ligneuses de 37 familles et fournit également de nombreux services tels que la production de bois et de latex ainsi que l'absorption d'air pollué. En outre, Achieng (2021) a également indiqué que les écoles primaires publiques représentent 10% de la couverture arborée au Kenya.

Par ailleurs, l'étude de la perception des élèves sur les espèces végétales et animales dans leurs cours d'école est également rare dans la région du Sahel d'Afrique de l'Ouest. Cela a nécessité la nécessité d'évaluer la perception des élèves des espèces végétales et animales dans leurs écoles. Ceci peut être réalisé par la formation de groupes d'étudiants tels que les étudiants verts, que Pilgrim et al. (2007) ont souligné que le concept d'écolittéraire en tant que connaissance botanique est nécessaire pour une gestion durable des ressources naturelles. Par exemple, les plantes ligneuses sont utilisées à des fins de verdissement des écoles au Niger depuis la période coloniale (Ministère de l'Environnement du Niger, 2010). Les cours d'école des villes de Niamey et Maradi sont un pôle éducatif important en termes de nombre d'écoles et d'élèves au Niger. Les essences dans les cours d'école de ces deux villes ont été légèrement caractérisées comme des types de forêts urbaines dans les villes de Niamey et Maradi par (Moussa et al., 2020) avec des parcelles de forêt naturelle et des plantations ligneuses artificielles (voir photo A, B, C). Ces espaces verts urbains offrent un environnement d'apprentissage approprié, plus sain et paisible. De plus, la plupart des écoles du Niger s'efforcent désormais d'atteindre les objectifs de développement durable (ODD) en créant des infrastructures vertes urbaines dans leurs cours d'école (ODD4) pour améliorer également la performance académique et la productivité des étudiants et des employés des écoles. Par conséquent, les ligneux dans les cours d'école favorisent la durabilité des villes (ODD11), les actions climatiques (ODD13) et la conservation de la biodiversité terrestre (ODD15). La diversité des plantes ligneuses dans les cours d'école de Maradi et Niamey est illustrée à la figure 1.



Photo A (Un lycée a Niamey)



Photo B (un jardin dans une école supérieure)



Photo C (Un lycée a Maradi)



Photo D (Une pepeniere dans une ecole primaire a Maradi)

Photo1. Diversité des plantes ligneuses dans les espaces scolaires à Niamey et Maradi.

Des études antérieures sur le rôle des cours d'écoles urbaines ont mis en évidence de nombreuses contributions de la biodiversité des cours d'école à l'atténuation du changement climatique, à la régulation des microclimats des écoles ainsi qu'à l'amélioration des performances de l'élève et de la beauté des villes. Cependant, ces études n'ont pas examiné la diversité et les valeurs des espèces ligneuses à différents niveaux d'enseignement (écoles primaires, secondaires et supérieures) et la perception des élèves des espèces végétales et animales dans leurs écoles. De même, aucune étude n'a exploré les déterminants de la connaissance botanique des essences des élèves en ce qui concerne les cours d'école de leurs zones d'étude, le rôle des cours d'école urbaines dans la conservation de la biodiversité et le stockage du carbone en particulier dans le contexte de l'Afrique de l'Ouest. Par conséquent, cette étude tente de combler cette lacune en étudiant la richesse en espèces ligneuses de la forêt des cours d'école urbaines dans les villes de Maradi et Niamey en République du Niger. Ce faisant, l'étude fournit une situation de référence de référence de Maradi et Niamey deux villes de la République du Niger avec un environnement scolaire urbain contrasté. Les principales questions auxquelles cette étude doit répondre sont : (1) La biodiversité des cours d'écoles urbaines pourrait-elle contribuer à la réduction de la perte d'espèces ligneuses dans la région du Sahel ? (2) Quel est le potentiel de séquestration du carbone des espèces ligneuses dans les cours d'école de ces villes ? A ces fins, les hypothèses suivantes ont été testées :

H0 : Il existe une relation significative entre les caractéristiques sociodémographiques des élèves et leur connaissance botanique des arbres des cours d'école ;

H1 : Il n'y a pas de relation entre les caractéristiques sociodémographiques des élèves et leur connaissance botanique des arbres des cours d'école ;

H1 : Le banc présente une diversité d'espèces d'arbres, qui varie selon les types de bancs :

H0 : Il existe une relation significative entre l'élève des animaux et les connaissances botaniques concernant leur environnement de cours d'école existant ;

H1 : Il n'y a pas de relation significative entre l'élève des animaux et les connaissances botaniques concernant leur environnement de cours d'école existant.

[L'article doit contenir les sections présentées dans ce modèle, mais vous pouvez ajouter des sous-sections ou des sections supplémentaires, et le nom des sections peut également être adapté à l'article. L'article ne doit pas dépasser les 3 000 mots, avec les titres, le(s) nom(s) et la/les affiliation(s) du ou des auteurs, les tableaux et les schémas, les notes de bas de page, les textes des encadrés et toutes les annexes – mais sans compter les références bibliographiques et les remerciements.

Utiliser la police Calibri taille 13 pour les titres en caractères gras de premier niveau. Utiliser la police Calibri taille 12 pour les titres de deuxième niveau des sous-sections. Pour le corps du texte adopter Calibri taille 10. Les légendes des schémas, images et tableaux doivent être écrites en Calibri gras taille 9.

Dans l'introduction, énoncer les objectifs des travaux et fournir les données de base appropriées, en évitant de rédiger un examen détaillé de la documentation ou de résumer les résultats.]

Méthodologie/approche

Zone d'étude

Cette étude a été menée à Maradi et Niamey, qui sont deux villes urbaines de la République du Niger. Niamey est la capitale politique de la République du Niger située entre 13,5116° N, 2,1254° E et compte une population de 1 203 766 habitants (Institut National de la Statistique (INS), 2018). La deuxième ville Maradi est une ville urbaine située entre 13.5010° N, 7.1036° E et compte environ 326.804 habitants en 2021. Le choix des deux villes pour cette étude s'explique par leurs différences de caractéristiques socio-économiques, politiques et de structures agro écologiques. Par exemple, la température maximale moyenne à Niamey est d'environ 35,9 °C et la température minimale moyenne est de 19,90 °C, Maradi ayant une température maximale moyenne de 36,7 °C et la moyenne minimale est d'environ 24 °C (Direction de la Météorologie Nationale, 2018 in (Institut National de la Statistique, 2018). De plus, les activités de foresterie urbaine dans les deux villes sont constituées d'arbres plantés dans des espaces publics et privés et préservant la végétation ligneuse historique (Moussa et al., 2019). Saadou, (1990) a indiqué que la végétation ligneuse historique à Maradi et Niamey appartient à deux compartiments différents. La figure 1 donne un aperçu de la situation géographique des deux villes et des espèces ligneuses des cours d'école dans les écoles primaires, secondaires et tertiaires des villes de Maradi et Niamey.

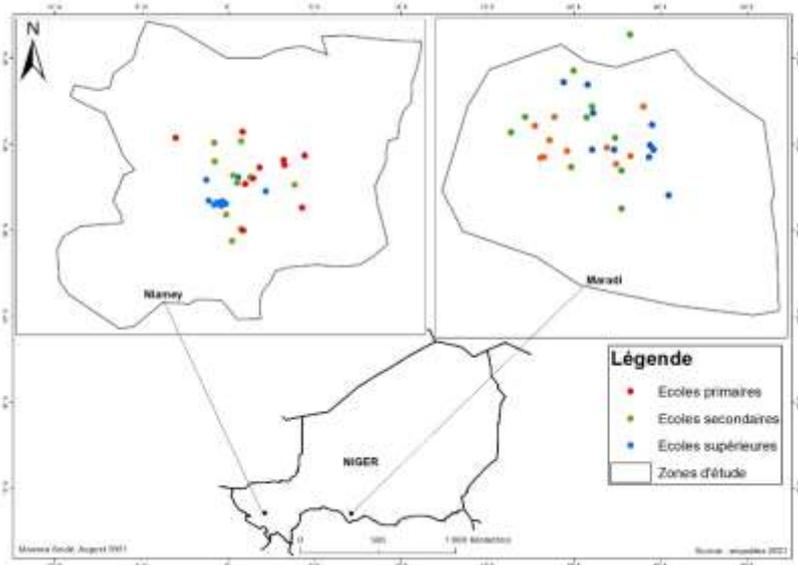


Figure 1 : carte de la zone d'étude

Collecte de données

Cette étude a utilisé un inventaire forestier urbain, basé sur un échantillonnage raisonné par quota. En conséquence, trois niveaux d'enseignement (écoles primaires, écoles secondaires et écoles supérieures) ont été considérés et deux types d'écoles (privées et publiques) ont été inclus. L'échantillon de l'étude était composé de 30 écoles pour les deux villes (Maradi et Niamey). Dans chaque école, des données dendrométriques ont été collectées sur une parcelle de 50 m x 50 m comme recommandé pour les systèmes agroforestiers en Afrique de l'Ouest (Thiombiano et al., 2016). Dans chaque parcelle de 2500 m², des paramètres tels que le diamètre du tronc des essences à 1,30 m, la hauteur totale des plantes ligneuses, les diamètres de couronne et le nom de l'espèce ont été collectés. De plus, le centre de la parcelle a été enregistré au moyen d'un GPS (Garmin GPSMAP 64x, GPS portable et Garmin GPSMAP 64 Worldwide avec GPS haute sensibilité et récepteur GLONASS). La densité du bois pour l'estimation de la biomasse a été réalisée à l'aide de (GIEC, 2006) et une enquête ethnobotanique a été utilisée pour collecter des données auprès des étudiants, des directeurs d'école et de leur perception de l'existence d'arbres dans leurs écoles. Les arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest ont été utilisés pour identifier les essences (Arbonnier, 2002). De plus, les laboratoires des Universités de Maradi et de l'Université Abdou Moumouni nous ont aidé à identifier des espèces inconnues au moyen de photos d'essences. La classification et la nomenclature des espèces d'arbres ont été effectuées au moyen du système de classification botanique APG IV, (2016) des Angiospermes Phylogénie. De plus, une phylogénie taxonomiquement complète a été utilisée pour les espèces de légumineuses, la nouvelle classification de sous-famille des légumineuses (The Legume Phylogeny Working Group (LPWG), 2017) et les espèces animales ont été identifiées avec le soutien d'un spécialiste à l'aide de photos prises lors de la collecte des données sur le terrain.

Analyse des données

Des statistiques descriptives telles que la fréquence, les pourcentages et les statistiques inférentielles ont été utilisées pour dessiner la composition systématique telle que la richesse en espèces d'arbres, les familles et les genres, les origines des espèces (indigènes ou exotiques) dans les deux strates des cours d'école urbaines. En conséquence, les indicateurs écologiques suivants ont été déterminés :

- **Pourcentage des essences plantées ou pieds naturels conservés dans les cours d'école** : il correspond au nombre total de pieds comptés dans une école donnée divisé par le nombre total de pieds enregistré dans les écoles primaires, secondaires et tertiaires. Pour cet indicateur, la dominance a été calculée sur la base du pourcentage en déduisant le pourcentage ; **Densité (pieds/ha)** : il s'agit du nombre total des pieds d'une espèce donnée par la superficie (ha) ; **Le houppier (Ca, m²)** a été calculée en supposant une forme de cime elliptique en utilisant $(Ca) (m^2) = \pi((d_1/2) \times (d_2/2))$, où d_1 est le plus grand diamètre de cime (m) et (d_2) est le diamètre perpendiculaire au plus grand diamètre de la couronne (m). La recouvrement ligneux (%) a été calculée comme $= Ca (m^2) (100)/\text{superficie de la placette (m}^2)$; **Surface terrière**, la surface terrière a été calculée comme suit : $G (m^2) = D^2 * (\pi/4)$, où est $\pi = 3,14$ et D est un diamètre de 1,3 m ; **Indice de diversité de Shannon-Wiener** : $H' = -\sum [(ni/N) * \ln (ni/N)]$, où ni est le nombre d'individus de l'espèce i , N est le nombre total d'individus par type d'école et \ln est le logarithme népérien ; **Régularité de Piéou (J')** : $J' = H'/H'_{\max}$, où H' est l'indice de diversité de Shannon et H'_{\max} est la valeur maximale possible de H' ; **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 (ex. Niamey), B est le nombre d'espèces dans une autre zone (ex. Maradi) et C est le nombre d'espèces communes aux sites d'étude. Excel a été utilisé pour certains calculs, tabulations et graphiques.

Estimation du stock de carbone des essences des cours d'école

La biomasse aérienne (BA) a été utilisée pour estimer le stock de carbone en utilisant le modèle allométrique général développé par Chave et al. (2014). Pour la végétation tropicale, la biomasse aérienne $BA = 0,0673(\rho D^2 H)^{0,976}$ où BA = désigne la biomasse aérienne en kg, ρ = densité du bois (gcm^{-3}), D = diamètre en cm à hauteur de poitrine (1,3 m), H = hauteur totale des essences (m). La biomasse souterraine (BS) a été estimée à l'aide du ratio de pousses racinaires de 0,25 développé par (Cairns et al., 1997) pour la végétation tropicale et du facteur de conversion du carbone de 0,47 de (GIEC, 2006).

Une analyse de régression a été utilisée pour déterminer les facteurs affectant les connaissances botaniques des élèves sur les essences présentes dans la cour d'école. Dans cette étude, le nombre d'espèces ligneuses connues par l'élève a été considéré comme une variable dépendante (Y) et d'autres facteurs sélectionnés tels que l'âge et le sexe de l'élève, les types d'école, le type d'avantages obtenus par les élèves de l'existence des arbres dans les cours d'école, le nombre de vertébrés existant dans les arbres des cours d'école, le nombre d'invertébrés existant dans les arbres des cours d'école, le niveau d'éducation scolaire et la ville étaient les variables indépendantes du modèle de régression. En conséquence, les variables continues du modèle de régression étaient le nombre d'espèces d'arbres connues par l'élève (Y), l'âge de l'élève (X_1), le nombre de vertébrés présents dans les arbres des cours d'école (X_2) et le nombre d'invertébrés existants dans les arbres des cours d'école (X_3) tandis que les autres variables indépendantes étaient catégoriques. X_4 représente le type d'école et prend la valeur 1 si publique et 2 si privée, X_5 la ville et vaut 1 si Niamey et 2 si Maradi, X_6 représente le niveau scolaire et prend 1 si école primaire, 2 si école secondaire et 3 si école tertiaire. De même, X_7 représente le type de services écosystémiques des cours d'école des arbres perçus par les élèves et prend 1 si services écosystémiques immatériels (Ombre, beauté, etc.), 2 si services écosystémiques tangibles (Fruits, feuilles, etc.) et prend 3 si les deux tangibles et les services écosystémiques intangibles. Le modèle de régression supposé déterminer les facteurs affectant les connaissances des élèves sur les essences d'arbres présentes dans les cours d'école

peut s'écrire comme suit :

$$Y = a_0 + \sum_{n=1}^n X_n$$

Où les variables dépendantes (Y) représentent la connaissance botanique des essences existantes dans les cours d'école en termes de nombre d'espèces ligneuses et X_n autres variables indépendantes sélectionnées telles que l'âge et le sexe du répondant, le type d'école, le niveau d'éducation scolaire, la ville où se situe l'école.

Résultats

Caractéristiques sociodémographiques des répondants

Le tableau 1 présente les caractéristiques sociodémographiques des répondants. Il a montré que la plupart des répondants étaient des hommes (52,00 %), âgés de 16 à 23 ans (49,00 %) et avaient étudié à l'école publique (63,17 %).

Table 1. Caractéristiques sociodémographiques des répondants (n = 600)

Variables		Frequence (n)	Percentage (%)
Age de répondants	Age de 8-15 ans	228	38.00
	16-23 ans	294	49.00
	Age plus de 23 ans	78	13.00
Sexe de répondants	Masculin	312	52.00
	Feminin	288	48.00
Type de l'école	Public	379	63.17
	Prive	221	36.83
Niveau éducatif	Primaire	200	33.33
	Secondaire	200	33.33
	Supérieur	200	33.33

Composition floristique des cours d'école urbaines dans les deux villes

Le tableau 2 montre la composition floristique des essences des cours d'école dans les villes de Niamey et Maradi. Il existe 62 espèces ligneuses classées en 31 familles dans les cours d'école de Niamey, les Fabacées étant la famille botanique dominante (15 espèces) (annexe 1). De plus, le margousier (*Azadirachta indica* A. Juss.) représentait 58,40% des pieds totaux enregistrées dans les cours d'école (tableau 2), avec environ 53% du total des espèces végétales (33 espèces) d'origine exotique, et 26 espèces (42%) étaient des essences fruitières dans les cours d'école de Niamey. De plus, le nombre d'essences a varié significativement selon les types d'écoles à Niamey (public, privé) ($H = 5,77$ $DF = 2$, $P = 0,056$). L'indice de Shannon global était de $2,17 \pm 0,79$ et une équitabilité globale de $0,58 \pm 0,10$. Une tendance similaire a été observée dans les cours d'école de Maradi, où environ 82 espèces ligneuses appartenant à 29 familles avec 33% des espèces de plantes ligneuses étant d'origine exotique (tableau 2). Le nombre de pieds plantés a représenté 88% et 74% à Niamey et Maradi ville respectivement avec un indice global de Shannon de $2,40 \pm 0,63$ et $0,58 \pm 0,18$ comme équitabilité globale. L'indice de similarité était de 64% indiquant une forte similarité entre les flores des cours d'école dans les deux villes

Indicateurs écologiques	Niveau éducatif					
	Niamey			Maradi		
	Ecoles primaires (n = 10)	Ecoles secondaires (n = 10)	Ecoles supérieures (n = 10)	Ecoles primaires (n = 10)	Ecoles secondaires (n = 10)	Ecoles supérieures (n = 10)
Total number of tree species	38	29	54	35	29	77
Total number of native tree species	14	14	30	17	14	45
Total number of exotic tree species	24	15	25	18	15	32
Total number of fruit species	18	14	12	16	13	31
Total number of the stems accounted	527	3175	861	1116	1901	6978
Dominant species with high number of stems	<i>Azadirachta indica</i> (N = 219), <i>Mangifera indica</i> (N = 66)	<i>Azadirachta indica</i> (N = 2166), <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (N = 418)	<i>Azadirachta indica</i> (N = 281), <i>Mangifera indica</i> (N = 67)	<i>Azadirachta indica</i> (N = 333), <i>Moringa oleifera</i> Lam (N = 157)	<i>Azadirachta indica</i> (N = 1103), <i>Acacia senegal</i> (N = 203)	<i>Piliostigma reticulatum</i> (N = 1230), <i>Azadirachta indica</i> (N = 997)
Number of families	24	17	28	18	18	
Dominant families	<i>Fabaceae</i> (8 espèces)	<i>Fabaceae</i> (8 species)	<i>Fabaceae</i> (15 species)	<i>Fabaceae</i> (9 species)	<i>Fabaceae</i> (7 species)	<i>Fabaceae</i> (16 species)
Shannon Index	2,38	1,30	2,83	2,50	1,71	2,96
Équitabilité	0,65	0,38	0,71	0,70	0,51	0,68

Total number of planted stems	467	2865	705	1005	1725	4668
Total number of natural stem preserved in the schools	60	310	156	111	176	2310

Paramètres de la structure des forêts urbaines dans les cours d'école

Le tableau 3 présente les paramètres de la structure des forêts urbaines dans les cours d'école des villes de Maradi et Niamey. Les résultats ont montré que le couvert arboré était plus élevé à l'école primaire de Maradi (49,71 %) qu'à l'école primaire de Niamey (38,40 %). De plus, à Niamey, les écoles primaires avaient les valeurs les plus élevées pour la surface terrière (16,92 m²/ha) et la densité de carbone la plus élevée (48,91 t/ha), tandis que les écoles primaires de Maradi avaient la densité de tiges la plus élevée (135 tige/ha) (tableau 3). La surface terrière variait considérablement entre les deux villes selon les types d'écoles ($H = 3,86$ $DF = 1$; $P = 0,050$), mais il n'y a pas de différences significatives dans le couvert arboré, la densité des tiges et la densité du carbone entre les écoles des écoles de Maradi et Niamey.

Tableau 3. Paramètres de la structure de la forêt urbaine dans les cours d'école de Maradi et Niamey

Paramètres	Educational level of the schools					
	Primary school		Secondary school		Tertiary school	
	Niamey	Maradi	Niamey	Maradi	Niamey	Maradi
Recouvrement ligneux (%)	38.40	49.71	21.70	31.95	23.80	14.97
Surface terrière (m ² /ha)	16.92	12.14	7.71	4.10	2.98	3.60
Carbone stock (t/ha)	48.91	27.49	18.91	19.07	8.30	2.09
Densité globale (pieds/ha)	79	135	44	106	63	35
Nombre de placette (2500 m ²)	10	10	10	10	10	10
Superficie (ha)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50

Connaissances des élèves sur la biodiversité ligneuse des cours d'école et la diversité zoologique

Le tableau 4 présente les connaissances des élèves sur la biodiversité de leur cour d'école (connaissances botaniques et zoologiques, montrant leurs capacités à nommer les espèces d'arbres et d'animaux de leurs écoles) et les services écosystémiques rendus par les espèces d'arbres dans leurs écoles. Il a montré que la plupart des étudiants (85,50 %) connaissaient entre 0 et 5 espèces d'arbres différentes, 74 % d'entre eux connaissaient entre 0 et 2 vertèbres. De plus, 93,67 % des élèves connaissaient entre 0 et 2 invertébrés, 57,00 % d'entre eux connaissaient les services écosystémiques immatériels (ombre, purification de l'air) fournis par les arbres des cours d'école.

Tableau 4. Connaissances des élèves sur les espèces d'arbres des cours d'école et la diversité zoologique (n = 600)

Variables		Frequency (n)	Percentage (%)
Number of trees species	0-5 species	513	85.50
	6-10 species	84	14.00
	More than 10 species	3	0.50
Number of vertebrate	0-2	444	74.00
	3-5	152	25.33
	More than 5	4	0.67
Number of invertebrates	0-2 species	562	93.67
	More than 2 species	38	6.33
Tree ecosystem services	None	6	1.00
	Tangible	1	0.17

Relations entre les écoles, les cours d'eau, les arbres, la biodiversité, les services écosystémiques et les animaux hébergés

Le test de corrélation de Pearson a été effectué pour examiner la relation entre le type d'école, le niveau d'instruction de l'école, le nombre d'espèces d'arbres intébrés et invertébrés existants dans les cours d'école et le bénéfice apporté par les arbres existant dans la cour d'école dans les deux villes (c'est-à-dire Maradi et Niamey). Le tableau 3 a montré qu'il existait des relations négatives, faibles mais significatives entre le type de bancs (public/privé) et le nombre d'espèces d'arbres dans les cours d'école ($r = -0,1244^{**}$), le type de banc et le nombre de vertébrés ($r = -0,1229^{**}$), le nombre de vertébrés et d'invertébrés ($r = -0,1283^{**}$) vivant sur les arbres des cours d'école.

De plus, les résultats ont montré qu'il existait des relations faibles, positives mais significatives entre les types de bancs et le nombre d'invertébrés ($r = 0,1011000^{*}$) existant dans les cours d'école, le nombre d'espèces d'arbres et le nombre de vertébrés dans les cours d'école ($r = 0,1320$), le nombre d'espèces d'arbres dans les cours d'école et le nombre d'invertébrés présents dans les cours d'école ($r = 0,1776^{**}$), le nombre d'espèces d'arbres dans les cours d'école et les bénéfices des arbres obtenus par les élèves ($r = 0,2700^{**}$). De plus le tableau 5 a montré qu'il y avait une semaine, des relations positives et significatives entre le nombre de vertébrés et la ville localisée de l'école (Maradi, Niamey) ($r = 0,2662^{**}$),

Tableau 5. Relation entre les écoles, la biodiversité des arbres et les animaux hébergés et la ville (n = 600)

	TS	SEL	NTS	NV	NI	BT	Cities
TS	1.0000000						
SEL	0.0846000 0.0382000	1.0000000					
NTS	-0.1244** 0.0023000	0.1762** 0.0000000	1.0000000				
NV	-0.1129* 0.0056000	-0.1708** 0.0000000	0.1320** 0.0012000	1.0000000			
NI	0.1011000* 0.0132000	0.0967000 0.0178000	0.1776** 0.0000000	-0.1283** 0.0016000	1.0000000		
BT	0.0516000 0.2065000	0.0756000 0.0643000	0.2700** 0.0000000	-0.0948000 0.0203000	0.0350000 0.3923000	1.0000000	
Cities	0.1417** 0.0005000	0.0000000 1.0000000	-0.0170000 0.6782000	0.2662** 0.0000000	0.0549000 0.1790000	-0.0250000 0.5408000	1.0000000

** et * désignent respectivement 1 % et 5 %. En outre, les états TS, SEL, NTS, NV, NI et BT pour les types d'écoles, le niveau d'éducation scolaire, le nombre d'espèces d'arbres dans les cours d'école, le nombre de vertèbres hébergées par les arbres, le nombre d'invertébrés hébergés par les espèces d'arbres et les avantages que les élèves ont obtenus par l'existence des arbres dans les cours d'école respectivement.

Déterminants des connaissances botaniques des élèves sur les essences d'arbres des cours d'école

Les résultats ont montré que la valeur p associée pour le modèle de régression est égale à 0,0000 alors que son exactitude est de 0,2059 et le Chi-carré de 22,05%. Ces valeurs indiquent que même le modèle Chi-carré est faible et ses variables ont une valeur de signification de 0,0000. On peut donc conclure que, le modèle est efficace pour déterminer le déterminant des connaissances botaniques des élèves sur les espèces d'arbres existant dans leur cour d'école. L'équation de régression des facteurs affectant les connaissances des élèves sur les espèces d'arbres existant dans les cours d'école peut être écrite comme suit : **NTS = -0.66385+0.3236992X2+0.4114956X3-0.4014161X4 +2.578733X7(1)+3.51309X7(2).**

Un signe positif implique que les facteurs associés ont affecté positivement les connaissances botaniques des élèves sur les espèces d'arbres existant dans leur cour d'école alors qu'un signe négatif indique que les facteurs

associés ont affecté négativement les connaissances botaniques des élèves sur les espèces d'arbres existant dans leurs cours d'école. Par conséquent, les résultats de la régression ont montré que le nombre de vertébrés existant dans les arbres des cours d'école (X2) et le nombre d'invertébrés existant dans les arbres des cours d'école (X3) et le type de bénéfices obtenus par les élèves de l'existence des arbres dans les cours d'école affectés positivement et significativement les connaissances botaniques des élèves sur les essences d'arbres existant dans la cour d'école. De plus, le type d'école (publique/privée) et l'emplacement de l'école ont affecté négativement et significativement les connaissances botaniques des élèves sur les espèces d'arbres présentes dans leurs cours d'école.

En ce qui concerne l'élève public, un changement de type d'école (de publique à privée) par une unité diminue la connaissance de l'élève du nombre d'espèces d'arbres de sa cour d'école de -0,40. Cela implique que l'élève de l'école publique avait une meilleure connaissance botanique des espèces d'arbres de sa cour d'école que ceux des écoles privées.

Une augmentation d'une unité de la connaissance de l'élève sur les services écosystémiques immatériels fournis par les arbres des cours d'école d'une unité augmente sa connaissance du nombre d'espèces d'arbres de 2,578733 tandis qu'une augmentation d'une unité de la connaissance de l'élève à la fois quantitatif et qualitatif l'avantage fourni par les espèces d'arbres de sa cour d'école augmente sa connaissance du nombre d'espèces d'arbres de 3,5 (Ceteris paribus).

De plus, un changement de l'emplacement de l'école par une unité diminue la connaissance botanique des espèces d'arbres des cours d'école de 0,2891124. En ce qui concerne Niamey, un changement de localisation de l'école d'une unité diminue la connaissance de l'élève de Maradi du nombre d'espèces d'arbres existant dans sa cour d'école de 0,29 unité (Ceteris Paribus). Ainsi, les élèves des écoles de Niamey avaient une meilleure connaissance botanique des espèces d'arbres présentes dans leur cour d'école plus que ceux des écoles de Maradi. Ensuite, une augmentation du nombre de vertébrés et d'invertébrés connus par un élève par unité augmente ses connaissances botaniques des espèces d'arbres des cours d'école de 0,3236992 et 0,4114956 respectivement.

Tableau 6. Déterminants des connaissances botaniques des élèves sur les essences d'arbres des cours d'école

NTS	Coef.	Std. Err.	t	P >t
Type of school (Ref. Public school)				
Private school	-0.4014161	0.151062	-2.66	0.008**
School educational level (Ref. Primary school)				
Secondary school	-0.3929068	0.260213	-1.51	0.132
Tertiary school	0.2905389	0.407658	0.71	0.476
Ecosystem services knowledge				
Intangible ecosystem services	2.578733	0.698758	3.69	0.0000**
Tangible ecosystem services	2.46413	1.806893	1.36	0.173
Both intangible and intangible	3.51309	0.699749	5.02	0.0000**
City (ref. Niamey)				
Maradi	-0.2891124	0.144801	-2.00	0.046*
Number of Vertebrae	0.3236992	0.056302	5.75	0.000**
Number of invertebrate	0.4114956	0.072614	5.67	0.000**
Age of the student	0.0446896	0.033182	1.35	0.179
Gender of the respondent (ref. Male)				
Female	0.2054623	0.139929	1.47	0.143
Intercept	-0.6638498	0.811489	-0.82	0.414

Discussion

Les indices globaux de Shannon à Niamey et Maradi ont montré que les cours d'école de ces deux villes présentent une grande diversité d'espèces ligneuses. Auparavant, Barbour et al. (1987) ont noté que les indices de Shannon globaux avec des valeurs supérieures à 2 indiquent une diversité moyennement élevée. De même, Ifo et al. (2016) ont déclaré que ces valeurs de Shannon montrent généralement une faible concurrence spatiale entre les essences au sein d'un site donné. La grande diversité d'espèces ligneuses dans ces cours d'école pourrait résulter de la régénération naturelle des fruits consommés par les élèves et de leur dissémination de graines d'arbres par les oiseaux. Dans ce contexte, NRC (1992) et Hearne (1975) ont noté que les chauves-souris sont des agents clés pour disperser les graines des arbres *Azadirachta indica*. De plus, des espèces d'arbres comme *Azadirachta indica* ont une capacité germinative élevée et peuvent être utilisées à diverses fins. Par exemple, (Raj et Sahu (2013) ont mentionné qu'*Azadirachta indica* est un arbre à haute capacité de production de graines et de capacité germinative, qui devait réduire la pollution de l'air. En outre, la dominance de l'*Azadirachta indica* dans les cours d'école des deux villes résulte de programmes tels que les journées nationales de plantation d'arbres lors de l'opération Sahel vert au Niger, qui ont encouragé la plantation de ces arbres au cours de cette période. Ifeanyi et al. (2011) ont déclaré que les conditions climatiques des villes sont favorables à la croissance et à la propagation d' *Azadirachta indica*. De plus, la biodiversité ligneuse des cours d'école possédait à la fois des flores indigènes et exotiques, ce qui en fait une importante réserve d'espèces ligneuses. Par exemple, à Niamey les cours d'école représentaient 62 espèces ligneuses regroupées en 31 familles dans les cours d'école de Niamey avec les Fabacées étant la famille botanique dominante (15 espèces) (annexe 1) 53% du total des espèces végétales (33 espèces) d'origine exotique et 26 espèces (42%) étant des ligneux alimentaires. Une tendance similaire a été observée à Maradi, qui comptait 82 espèces ligneuses appartenant à 29 familles alors que 33% des espèces de plantes ligneuses étaient d'origine exotique (Tableau 2). De même, Dangulla et al. (2019) et Moussa et al. (2020) ont indiqué que les zones urbaines constituent un site de diversité d'essences et contiennent à la fois des espèces indigènes et exotiques. Ces essences de composition floristique dans les cours d'école de Niamey et de Maradi pourraient améliorer les performances scolaires des élèves. Sivarajah et al. (2018) ont rapporté que les espèces ligneuses des cours d'école et la composition des arbres affectaient les performances scolaires des élèves du primaire.

De plus, l'étude a montré que les Fabaceae étaient la famille botanique la plus dominante dans les cours d'école. Certaines espèces d'arbres appartenant à cette famille comme *Tamarindus indica*, *Dialium guineense* sont des arbres polyvalents. De plus, la dominance des Fabacées dans ces cours d'école indique la végétation soudano-sahélienne. De même, Mudzengi et al. (2014) et Raes et al. (2013) ont souligné que les Fabaceae se propagent dans les régions arides comme elles ont une grande amplitude écologique telles qu'elles n'ont pas une exigence pédologique et climatique, ce qui indique la diversité des angiospermes dans la région. De plus, Mansingh et Pradhan (2021) ont rapporté que les Fabaceae sont la famille la plus dominante dans la forêt du campus de l'université de Sambalpur.

D'autre part, l'étude a montré que les élèves ne percevaient que les services écosystémiques intangibles rendus par les espèces ligneuses dans les écoles. Cela est dû au fait que les arbres des cours d'école sont utilisés comme ombrage pendant les récréations et par temps chaud et également pour les leçons de base apprises par les élèves dans les écoles. Cette observation a été faite par Torkar (2016) qui pourrait s'expliquer par le service majeur perçu par les étudiants est l'ombre dans les deux villes. De même, Majumdar et Selvan, (2018); Nowak et al. (2013) et Stoffberg et al. (2010) ont rapporté que les arbres urbains jouaient un rôle clé dans la séquestration du carbone. De même, Susan Milius, (2021), a souligné que protéger les arbres de la destruction ralentit les impacts du changement climatique.

En ce qui concerne les connaissances botaniques des élèves sur les espèces ligneuses et les animaux des cours d'école, l'étude a révélé que la plupart des élèves connaissaient peu d'espèces ligneuses. C'est une indication que les élèves étaient botaniquement illettrés de la biodiversité ligneuse de leurs cours d'école, ce qui pourrait affecter la promotion de l'éducation verte. De plus, cette faible connaissance botanique des élèves pourrait être

due au fait que les flores ligneuses des cours d'école sont majoritairement constituées d'essences exotiques. Auparavant, Pilgrim et al. (2007), ont noté qu'il est crucial pour l'autorité scolaire d'initier la conservation des arbres pour une gestion durable des ressources naturelles. De plus, les résultats de notre étude ont montré que l'élève avait une faible connaissance zoologique des animaux (vertébrés et invertébrés) vivant dans leurs cours d'école. La méconnaissance des élèves quant à la diversité zoologique de leurs cours d'école pourrait résulter de l'absence des animaux pendant la journée ainsi que de l'extinction de certains animaux à cause du bruit des élèves. Ces résultats contredisaient ceux de Nates et al. (2010), qui ont rapporté que 73% des étudiants pouvaient nommer cinq animaux de Valle Fértil en Argentine.

L'étude a montré que le nombre de vertébrés et d'invertébrés présents dans les cours d'école et les services écosystémiques fournis par ces ligneux des cours d'école aux élèves ont affecté positivement et significativement les connaissances botaniques des élèves sur les espèces ligneuses. En conséquence, ces facteurs contribuent à améliorer les connaissances des élèves sur les espèces d'arbres des cours d'école et, par conséquent, à accroître les connaissances botaniques des élèves, comme l'ont noté Kubiak et al. (2021) et Nyberg et Sanders (2014). Étant donné que l'étude a révélé que la plupart des élèves avaient une faible connaissance botanique des espèces ligneuses existantes dans leurs cours d'école, cela pourrait constituer un obstacle sérieux à la discussion des élèves sur les essences, ce qui peut affecter négativement les compétences d'observation et l'apprentissage conceptuel de l'élève, comme l'ont noté Ryplova & Pokorny (2020) et Tunnicliffe (2001). De plus, de mauvaises connaissances botaniques pourraient augmenter le risque pour les élèves de consommer des fruits toxiques (Fančovičová et Prokop, 2011).

De plus, le type d'école (publique/privée) et l'emplacement de l'école ont affecté négativement et significativement les connaissances botaniques des élèves sur les espèces ligneuses. En ce qui concerne les écoles privées dans les deux villes (Maradi et Niamey), les élèves avaient une faible connaissance botanique des espèces ligneuses présentes dans leurs cours d'école. Cela pourrait être dû au fait que les enseignants des écoles privées ne pratiquaient pas peu d'activités de plein air dans leurs forêts scolaires. Ce résultat corrobore celui de Bebbington (2005), Cakmakci et al. (2012), Lückmann et Menzel (2014), qui ont signalé que les étudiants ont de faibles connaissances botaniques dans l'environnement voisin. De plus, les élèves qui étudiaient à Niamey avaient une meilleure connaissance botanique des espèces ligneuses de leurs cours d'école que ceux des écoles de Maradi. Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'accessibilité de l'étudiant aux NTIC et aux autres canaux d'information (TV & radio) à Niamey pourrait être meilleure qu'à Maradi.

Conclusions/perspectives

Cette étude a documenté la taxonomie, la diversité et la pertinence de l'existence des ligneux en tant qu'éléments d'infrastructure verte sur l'école (primaire, secondaire et tertiaire). Notre étude a caractérisé la structure des types de forêts urbaines oubliées, c'est-à-dire la collection d'arbres dans les cours d'école urbaines. L'étude a identifié trois types de forêts urbaines scolaires dans le système éducatif urbain, qui sont la forêt urbaine d'école primaire, la forêt urbaine d'école secondaire et la forêt urbaine d'école supérieure avec leurs paramètres structurels et compositionnels. Nos résultats ont mis en évidence que les forêts urbaines scolaires avaient des valeurs structurelles élevées, qui sont principalement une grande richesse en espèces ligneuses avec une myriade de services écosystémiques dans tous les types d'écoles à Niamey et Maradi. Les résultats ont démontré le rôle des cours d'école urbaines dans la conservation de la biodiversité ligneuse, qui doit être pris en compte dans l'analyse de la foresterie urbaine. Notre étude recommande l'utilisation d'espèces végétales ligneuses à usage multiple dans les initiatives de verdissement urbain pour une éducation de qualité. En outre, l'étude recommande une enquête plus approfondie, qui examinera les effets de la structure de la forêt urbaine de l'école sur les performances scolaires des élèves et leur potentiel allergène des espèces ligneuses trouvées dans les écoles urbaines. Notre étude a démontré que planter des arbres et conserver les forêts naturelles dans les cours d'école est une double victoire pour la conservation de la biodiversité et le piégeage du carbone. Cependant, la demande croissante de nouveaux bâtiments scolaires, places de stationnement et autres processus de développement dans les cours d'école dans les deux villes sont des menaces associées à ces types

de forêts urbaines. Par conséquent, le présent travail peut servir d'information de base concernant l'importance des cours d'école dans la biodiversité ligneuse et la conservation du carbone, ce qui peut aider à élaborer des stratégies de gestion appropriées pour la conservation de ces forêts scolaires urbaines.

Annexe 1: Liste des espèces ligneuses recensées dans les cours d'écoles de la ville de Niamey

No	Nom des essences	Families	Primaire	Secondaire	Supérieure	Ville
1	<i>Adansonia digitata</i> L.	Bombacaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
2	<i>Albizia lebeck</i> (L.) Benth.	Fabaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
3	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
4	<i>Annona squamosa</i> L.	Annonaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
5	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Meliaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
6	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	Balanitaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
7	<i>Bauhinia rufescens</i> Lam	Fabaceae		Oui	Oui	Niamey
8	<i>Borassus aethiopum</i> Mart.	Arecaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
9	<i>Calotropis procera</i> (Ait.) Ait. f.	Asclepiadaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
10	<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
11	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarinaceae	Oui	Oui		Niamey
12	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Bombacaceae	Oui		Oui	Niamey
13	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	Rutaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
14	<i>Crescentia cujete</i> L.	Bignoniaceae			Oui	Niamey
15	<i>Dalbergia sissoo</i> Roxb.	Fabaceae			Oui	Niamey
16	<i>Delonix regia</i> (Boj.) Raf.	Fabaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
17	<i>Dialium guineense</i> Willd.	Fabaceae		Oui		Niamey
18	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. Rich.	Ebenaceae		Oui	Oui	Niamey
19	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Myrtaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
20	<i>Euphorbia kamerunica</i> Pax	Euphorbiaceae			Oui	Niamey
21	<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	Fabaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
22	<i>Ficus platyphylla</i> Del.	Moraceae	Oui	Oui		Niamey
23	<i>Vitis vinifera</i> L.	Vitaceae	Oui			Niamey
24	<i>Fragaria vesca</i> L.	Rosaceae	Oui			Niamey
25	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Verbenaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
26	<i>Grewia villosa</i> Willd.	Tilliaceae			Oui	Niamey
27	<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.	Arecaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
28	<i>Jatropha curcas</i> L.	Euphorbiaceae	Oui			Niamey
29	<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	Euphorbiaceae	Oui			Niamey
30	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	Meliaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
31	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Bignoniaceae	Oui		Oui	Niamey
32	<i>Lannea microcarpa</i> Engl. & K. Krause	Anacardiaceae			Oui	Niamey
33	<i>Lawsonia inermis</i> L.	Lythraceae	Oui		Oui	Niamey
34	<i>Maerua crassifolia</i> Forssk.	Capparaceae			Oui	Niamey
35	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
36	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Euphorbiaceae	Oui			Niamey
37	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringaceae	Oui		Oui	Niamey
38	<i>Musa acuminata</i> Colla	Musaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
39	<i>Nerium oleander</i> L.	Apocynaceae	Oui			Niamey
40	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Arecaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
41	<i>Phyllostachys edulis</i> (Carrière) J.Houz.	Poaceae			Oui	Niamey

42	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	Fabaceae		Oui	Oui	Niamey
43	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Fabaceae			Oui	Niamey
44	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Fabaceae	Oui		Oui	Niamey
45	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae			Oui	Niamey
46	<i>Punica granatum</i> L.	Punicaceae	Oui			Niamey
47	<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	Anacardiaceae			Oui	Niamey
48	<i>Senegalia senegal</i> (L.) Britton	Fabaceae			Oui	Niamey
49	<i>Senna siamea</i> (Lam.) Irwin & Barneby	Fabaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
50	<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
51	<i>Tectona grandis</i> L. f.	Verbenaceae			Oui	Niamey
52	<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae		Oui	Oui	Niamey
53	<i>Terminalia mantaly</i> H. Perrier	Combretaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
54	<i>Thevetia neriifolia</i> Juss.	Apocynaceae			Oui	Niamey
55	<i>Thuja occidentalis</i> L.	Cupressaceae			Oui	Niamey
56	<i>Vachellia nilotica</i> subsp. <i>nilotica</i>	Fabaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
57	<i>Vachellia seyal</i> (Delile) P.J.H.Hurter	Fabaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
58	<i>Vachellia tortilis</i> (Forssk.) Galasso & Banfi	Fabaceae			Oui	Niamey
59	<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn. f.	Sapotaceae			Oui	Niamey
60	<i>Vitex doniana</i> Sweet	Verbenaceae	Oui		Oui	Niamey
61	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	Rhamnaceae	Oui	Oui	Oui	Niamey
62	<i>Ziziphus spina-christi</i> (L.) Desf.	Rhamnaceae			Oui	Niamey

Annexe 2: Liste des espèces ligneuses recensées dans les cours d'écoles de la ville de Maradi

No	Noms des essences	Familles	Primaire	Secondaire	Supérieure	Ville
1	<i>Lannea microcarpa</i> Engl. & K. Krause	Anacardiaceae			Oui	Maradi
2	<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	Anacardiaceae			Oui	Maradi
3	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	Oui		Oui	Maradi
4	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
5	<i>Annona senegalensis</i> Pers.	Annonaceae			Oui	Maradi
6	<i>Annona squamosa</i> L.	Annonaceae		Oui	Oui	Maradi
7	<i>Polyalthia longifolia</i> . Sonn	Annonaceae			Oui	Maradi
8	<i>Borassus aethiopum</i> Mart.	Arecaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
9	<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.	Arecaceae		Oui	Oui	Maradi
10	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Arecaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
11	<i>Calotropis procera</i> (Ait.) Ait. f.	Asclepiadaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
12	<i>Euphorbia balsamifera</i> Ait.	Euphorbiaceae		Oui	Oui	Maradi
13	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	Asclepiadaceae			Oui	Maradi
14	<i>Leptadenia pyrotechnica</i> (Forssk.) Decne.	Asclepiadaceae			Oui	Maradi
15	<i>Saba senegalensis</i> (A. DC.) Pichon	Asclepiadaceae			Oui	Maradi
16	<i>Vernonia amygdalina</i> Del.	Asteraceae			Oui	Maradi
17	<i>Balanites aegyptiaca</i> L.	Balanitaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
18	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Bignoniaceae			Oui	Maradi
19	<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.	Bignoniaceae			Oui	Maradi
20	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seem.	Bignoniaceae			Oui	Maradi
21	<i>Adansonia digitata</i> L.	Bombacaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
22	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet	Bombacaceae			Oui	Maradi
23	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Bombacaceae			Oui	Maradi
24	<i>Boswellia papyrifera</i> (Del.) A. Rich.	Burseraceae			Oui	Maradi
25	<i>Commiphora africana</i> (A. Rich.) Engl.	Burseraceae			Oui	Maradi

26	Cactus sp	Cactaceae	Oui			Maradi
27	Boscia salicifolia Oliv.	Capparaceae			Oui	Maradi
28	Crateva adansonii DC.	Capparaceae			Oui	Maradi
29	Maerua angolensis DC.	Capparaceae			Oui	Maradi
30	Maerua crassifolia Forssk.	Capparaceae			Oui	Maradi
31	Carica papaya L.	Caricaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
32	Casuariana equisetifolia Forst.	Casuarianaceae			Oui	Maradi
33	Combretum glutinosum Perr. ex DC.	Combretaceae			Oui	Maradi
34	Guiera senegalensis J.F. Gmel.	Combretaceae			Oui	Maradi
35	Terminalia avicennioides Guill. & Perr.	Combretaceae			Oui	Maradi
36	Terminalia catappa L.	Combretaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
37	Terminalia mantaly H. Perrier	Combretaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
38	Diospyros mespiliformis Hochst. ex A. Rich.	Ebenaceae			Oui	Maradi
39	Manihot esculenta Crantz	Euphorbiaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
40	Ricinus communis L.	Euphorbiaceae	Oui	Oui		Maradi
41	Jatropha curcas L.	Euphorbiaceae	Oui		Oui	Maradi
42	Acacia senegal (L.) Willd	Fabaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
43	Albizia chevalieri Harms	Fabaceae			Oui	Maradi
44	Albizia lebbek (L.) Benth.	Fabaceae	Oui		Oui	Maradi
45	Bauhinia rufescens Lam.	Fabaceae	Oui		Oui	Maradi
46	Delonix regia (Boj.) Raf.	Fabaceae	Oui			Maradi
47	Detarium microcarpum Guill. & Perr.	Fabaceae			Oui	Maradi
48	Faidherbia albida (Del.) Chev.	Fabaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
49	Parkia biglobosa (Jacq.) R. Br. ex G. Don	Fabaceae	Oui		Oui	Maradi
50	Parkinsonia aculeata L.	Fabaceae			Oui	Maradi
51	Piliostigma reticulatum (DC.) Hochst.	Fabaceae		Oui	Oui	Maradi
52	Prosopis africana (Guill. & Perr.) Taub.	Fabaceae			Oui	Maradi
53	Prosopis juliflora (Sw.) DC.	Fabaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
54	Pterocarpus erinaceus Poir	Fabaceae			Oui	Maradi
55	Senna siamea (Lam.) Irwin & Barneby	Fabaceae		Oui	Oui	Maradi
56	Tamarindus indica L.	Fabaceae	Oui		Oui	Maradi
57	Vachellia nilotica subsp. nilotica	Fabaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
58	Vachellia seyal (Delile) P.J.H.Hurter	Fabaceae			Oui	Maradi
59	Vachellia tortilis (Forssk.) Galasso & Banfi	Fabaceae		Oui	Oui	Maradi
60	Lawsonia inermis L.	Lythraceae		Oui		Maradi
61	Punica granatum L.	Punicaceae			Oui	Maradi
62	Gossypium herbanaceae	Malvaceae	Oui		Oui	Maradi
63	Jatropha gossypifolia L.	Malvaceae			Oui	Maradi
64	Azadirachta indica A. Juss.	Meliaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
65	Khaya senegalensis (Desr.) A. Juss.	Meliaceae			Oui	Maradi
66	Melia azedarach L.	Meliaceae			Oui	Maradi
67	Ficus platyphylla Del.	Moraceae	Oui		Oui	Maradi
68	Ficus sycomorus ssp. gnaphalocarpa (Miq.) C.C. Berg	Moraceae	Oui		Oui	Maradi
69	Ficus thonningii Blume	Moraceae	Oui		Oui	Maradi
70	Moringa oleifera Lam.	Moringaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
71	Moringa stenopetala Baker f.	Moringaceae	Oui		Oui	Maradi
72	Musa acuminata Colla	Musaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
73	Eucalyptus camaldulensis Dehnh.	Myrtaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
74	Psidium guajava L.	Myrtaceae	Oui		Oui	Maradi
75	Syzygium guineense (Willd.) DC.	Myrtaceae		Oui	Oui	Maradi
76	Ziziphus mauritiana Lam.	Rhamnaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
77	Ziziphus spina-christi (L.) Desf.	Rhamnaceae			Oui	Maradi
78	Citrus limon (L.) Burm. f.	Rutaceae	Oui	Oui	Oui	Maradi
79	Citrus sinensis (L.) Osbeck	Rutaceae			Oui	Maradi

80	<i>Blighia sapida</i> Koenig	Sapindaceae			Oui	Maradi
81	<i>Vitex doniana</i> Sweet	Verbenaceae			Oui	Maradi
82	<i>Vitex simplicifolia</i> Oliv.	Verbenaceae			Oui	Maradi

NB : Oui signifie que la présence de l'espèce ligneuse a été enregistrée dans les types d'écoles donnés dans les villes de Niamey et Maradi.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les directeurs des écoles de la ville de Niamey et de Maradi qui ont accepté de collaborer pour la réalisation de cette étude en fournissant les informations nécessaires lors du travail de terrain. Dr Soulé est reconnaissant à TWAS-IsDB d'avoir fourni les fonds pour le programme de bourses postdoctorales IsDB-TWAS 2020/2021 pour le renforcement des compétences en sciences de la durabilité. En outre, Dr Soulé remercie le Dr Clement Nyamekye pour son l'avoir 'accueilli dans son département pour cette étude postdoctorale au Département de génie civil de l'Université technique de Koforidua, au Ghana et pour sa supervision.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO.

Références

- Achieng, M.A., 2021. The Potential Contribution of Public Primary Schools in Attaining Ten Percent Tree Cover in Kenya. *Journal of Environment* 1, 1-13.
- APG IV, 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181, 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Arbonnier, M., 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, Isabelle C. ed. CIRAD-MNHU-UICN, Montpellier.
- Borelli, S., Conigliaro, M., 2018. Urban forests in the global context. <http://www.fao.org/3/i8707en/i8707EN.pdf>. *Unasylva* 69, 3-79.
- Cairns, M.A., Helmer, E.H., Baumgardner, G.A., 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111, 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s004420050201>
- Chave, J., Mechain, M.R., Burquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B., Alvaro, D., Tron, E., M., F.P., C., G.R., Henry, M., Angelina, M.-Y., A., M.W., C., M.-L.H., Maurizio, M., W., N.B., Alfred, N., M., N.E., Edgar, O.-M., Raphael, P., Pierre, P., M., R.C., G., S.J., Vieilledent, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global* 20, 3177-3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>

- Dangulla, M., Abd, L., Firuz, M., Rusli, M., 2019. Urban tree composition , diversity and structural characteristics in North- western Nigeria. *Urban Forestry & Urban Greening* 126512. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126512>
- 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. (Éd.), *The Routledge Handbook of urbanization and Global Environmental Change*. Rotledge Taylor & Francis Group, London and New York, p. 139-152.
- Fančovičová, J., Prokop, P., 2011. Children's ability to recognise toxic and non-toxic fruits. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 7, 115-120. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75186>
- Ha, J., Jin, H., 2021. The restorative effects of campus landscape biodiversity : Assessing visual and auditory perceptions among university students. *Urban Forestry & Urban Greening* 64, 127259. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127259>
- Ifeanyi, O., Odoemelam, V.U., Obikaonu, H.O., Opara, M., 2011. The Growing Importance of Neem (*Azadirachta indica* A . Juss) in Agriculture , Industry , Medicine and Environment : A Review. *Research Journal of Medicinal Plant* 5, 230-245. <https://doi.org/10.3923/rjmp.2011.230.245>
- Institut National de la Statistique, 2018. *Le Niger en Chiffres 2018* 1-88.
- IPCC, 2006. ANNEX 2 : Summary of Equations : IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 1-34p. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html.
- Kubiatko, M., Fančovičová, J., Prokop, P., 2021. Factual knowledge of students about plants is associated with attitudes and interest in botany. *International Journal of Science Education* 43, 1426-1440. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1917790>
- Kweon, B.S., Ellis, C.D., Lee, J., Jacobs, K., 2017. The link between school environments and student academic performance. *Urban Forestry and Urban Greening* 23, 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.02.002>
- Lu, Y., 2018. The Association of Urban Greenness and Walking Behavior : Using Google Street View and Deep Learning Techniques to Estimate Residents ' Exposure to Urban Greenness. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15, 2-15. <https://doi.org/10.3390/ijerph15081576>
- Majumdar, T., Selvan, T., 2018. Carbon Storage in Trees of Urban and Peri-urban Forests of Agartala, Tripura. *Journal for Advanced Research in Applied Sciences* 5, 715-731. <https://doi.org/http://iaetsdjaras.org/gallery/38-february-528.pdf>
- Mansingh, A., Pradhan, A., 2021. Assessment of biodiversity and biomass carbon stock from an urban forest : A case study of Sambalpur university campus forest. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*.
- McKinney, M.L., 2002. Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience* 52, 883-890. [https://doi.org/https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)
- Ministère de l'Environnement du Niger, 2010. *Projet de Promotion de la Foresterie Urbaine et Péri-urbaine dans la Lutte contre les Changements Climatiques au Niger*. 1-11p. Niamey. <https://doi.org/Unpublished>
- Moussa, S., Kuyah, S., Kyereh, B., Tougiani, A., Mahamane, S., 2020. Diversity and structure of urban forests of Sahel cities in Niger. *Urban Ecosystems*. <https://doi.org/10.1007/s11252-020-00984-6>
- Moussa, S., Kyereh, B., Kuyah, S., Tougiani, A., Saadou, M., 2019. Composition Floristique et Structure des Forêts Urbaines des Villes Sahéliennes: Cas de Niamey et Maradi, Niger . *Science de la vie, de la terre et agronomie*.
- Mudzengi, C., Kativu, S., Dahwa, E., Poshiwa, X., Murungweni, C., 2014. Effects of *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn (Fabaceae) on herbaceous species in a semi-arid rangeland in Zimbabwe. *Nature Conservation* 7, 51-60. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.7.5264>

- Nates, J., Campos, C., Lindemann-Matthies, P., 2010. Students' perception of plant and animal species: A case study from rural Argentina. *Applied Environmental Education and Communication* 9, 131-141. <https://doi.org/10.1080/1533015X.2010.482495>
- Nowak, D.J., Green, E.J., Hoehn, R.E., Lapoint, E., 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution* 178, 229-236. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.019>
- Nowak, D.J., Hoehn, R.E., Bodine, A.R., Greenfield, E.J., Neil-dunne, J.O., 2016. Urban forest structure , ecosystem services and change in Syracuse , NY. *Urban Ecosystems* 19, 1455-1477. <https://doi.org/10.1007/s11252-013-0326-z>
- Nyberg, E., Sanders, D., 2014. Drawing attention to the green side of life. *Journal of Biological Education* 48, 142-153. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.849282>
- Park, H., Kramer, M., Rhemtulla, J.M., Konijnendijk, C.C., 2019. Urban food systems that involve trees in Northern America and Europe: A scoping review. *Urban Forestry and Urban Greening* 45, 126360. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.06.003>
- Pilgrim, S., Smith, D.J., Pretty, J.N., 2007. A cross-regional assessment of the factors affecting ecoliteracy : Implications for policy and practice A Cross-Regional Assessment of the Factors Affecting Ecoliteracy : Implications for Policy. *Ecological Application* 17, 1742-1751. <https://doi.org/10.1890/06-1358.1>
- 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 Journal of Botany* 89, 265-272. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2013.06.004>
- Raj, A., , Sahu, K.P., 2013. Neem- A Tree for Solving Global Problem Manoj Kumar Jhariya. *Indian Journal of Applied Research* 3, 1-3. <https://doi.org/https://www.slideshare.net/AbhishekRaj77/neem-50266637>
- Saadou, M., 1990. La végétation des milieux drainés nigériens à l'est du fleuve Niger. Thèse de doctorat, Université Niamey, Niger, 393p.
- Shepley, M., Sachs, N., Sadatsafavi, H., Fournier, C., Peditto, K., 2019. The impact of green space on violent crime in urban environments: An evidence synthesis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16, 4-10. <https://doi.org/10.3390/ijerph16245119>
- Stoffberg, G.H., Rooyen, M.W. Van, Linde, M.J. Van Der, Groeneveld, H.T., 2010. Carbon sequestration estimates of indigenous street trees in the City of Tshwane , South Africa. *Urban Forestry & Urban Greening* 9, 9-14. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.09.004>
- Susan Milius, 2021. The first step in using trees to slow climate change Protect the trees we have [WWW Document]. The first step in using trees to slow climate change Protect the trees we have. URL <https://www.sciencenews-org.cdn.ampproject.org/c/s/www.sciencenews.org/article/planting-trees-protect-forests-climate-change/amp> (consulté le 10.4.21).
- Susilowati, A., Rangkuti, A.B., Rachmat, H.H., Ginting, I.D.A.M., 2021. Maintaining tree biodiversity in urban communities on the university campus 22, 2839-2847. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220548>
- 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., Kakai, R.L.G., Bayen, P., Boussim, I.J., 2016. Méthodes et dispositifs d'inventaires forestiers en Afrique de l'Ouest : état des lieux et propositions pour une harmonisation. *Annales des sciences agronomiques, FSA/UAC*, 15, 31.
- Torkar, G., 2016. Secondary school students' environmental concerns and attitudes toward forest ecosystem services: Implications for biodiversity education. *International Journal of Environmental and Science Education* 11, 11019-11031.

