

# Flore des espaces verts urbains de la ville d'Atakpamé au Togo

## Flora of urban green space of Atakpame city in Togo

Folega Fousséni<sup>1\*</sup>, atakpama Wouyo<sup>1</sup>, Kanda Madjouma<sup>1</sup>, Konate Djibril<sup>2</sup>, Gmadjom Kissao<sup>1</sup>, Wala Kperkouma<sup>1</sup> & Akpagana Koffi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Géomatique et Modelisation des Ecosystèmes, Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale, Faculté des Sciences, Université de Lomé, 01 BP 1515 Lomé, Togo.

<sup>2</sup> Département de Géographie (UFR des Sciences Sociales), Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo (UPGC), BP : 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire.

### Info. Article

#### Historique de l'article

Reçu le 03/12/2018

Révisé le 18/01/2019

Accepté le 20/01/2019

#### Mots-clés

Biodiversité, Foresterie urbaine, Diversité structurale, Gestion durable, Atakpamé

#### Keywords

Diversity, Urban forestry, Structural diversity, Sustainable management, Atakpame.

### RESUME

L'étude menée dans la ville d'Atakpamé au Togo a pour objectif de déterminer le niveau de diversité de ligneux des espaces verts urbains. La trame verte urbaine a été subdivisée en six compartiments à savoir les établissements, les concessions, les espaces peu exploités, les jardins/les parcs, les îlots forestiers/boisés et la voirie. Les inventaires forestiers ont été réalisés dans 134 placettes de surfaces comprises entre 400 à 3000 m<sup>2</sup>. Au total, 67 espèces d'arbres réparties en 54 genres et 28 familles ont été recensées. Les résultats montrent que cette flore est caractérisée par une forte prépondérance d'espèces exotiques confirmée par la proportion importante des espèces Pantropicales (11,94 %). Les densités en tige les plus importantes sont estimées dans les établissements (350 tiges/ha) et dans les concessions (180,80 tiges/ha), pour des surfaces terrière significative dans les établissements (39,30 m<sup>2</sup>/ha) et dans les forêts (12,52 m<sup>2</sup>/ha). Le stock moyen de carbone urbain est évalué à 39,12 tC/ha. Il ressort de cette étude qu'un aménagement contextualisé des espaces verts pourrait améliorer la résilience de la vie urbaine en atténuant les effets des îlots de chaleur à l'échelle locale.

### ABSTRACT

The study carried out within Atakpame urban area in Togo aims to determine the level trees species diversity potential of urban green spaces. The urban green area has been subdivided into six compartments such as establishments, concessions, interstices, gardens/parks, forest/wooded islands and roads. Forest inventories were carried out within 134 sample plots with a minimum area ranging between 400 and 3000 m<sup>2</sup>. A total of 67 trees species belonging to 54 genera and 28 families were identified. The results show that flora is characterized by a strong preponderance of exotic species confirmed by the high proportion of Pantropical species (11.94%). The largest stem densities are estimated in establishments (350 stems/ha) and concessions (180.80 stems/ha). Significant basal area is observed in establishments (39.30 m<sup>2</sup>/ha) and forests (12.52 m<sup>2</sup>/ha). The average urban carbon stock is estimated at 39.12 tC/ha. It is clear from this study that a contextualization of parks, gardens and other green spaces management could strongly reduce the effects of global warming in urban landscape.

#### \* Auteur Correspondant

#### Folega Fousséni

Géomatique et Modelisation des Ecosystèmes,  
Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale,  
Faculté des Sciences, Université de Lomé, 01 BP 1515 Lomé (Togo)  
Email : ffolegamez@live.fr

## 1. INTRODUCTION

Les données statistiques des Nations Unies révèlent que plus de la moitié de la population mondiale (3.3 milliards d'habitants) vit en ville depuis 2007 [1,2]. Les villes d'Afrique n'en demeurent pas moins peuplées, car en pleine expansion. Cette explosion démographique résulte en fait de l'amélioration des offres de services socio-économiques en lien avec l'impact de nombreux progrès technologiques [3,4]. Au Togo, le quatrième recensement général de la population et de l'habitat (2010) relève que six citoyens sur dix (63.3 %) vivent dans une agglomération urbaine [5]. L'équilibre entre besoin d'une croissance urbaine et la conservation biologique à un seuil raisonnable demeure donc une préoccupation dans une approche d'amélioration perpétuelle de la qualité du cadre de vie en zone de forte concentration [6,7].

Les espaces verts atténuent l'effet des chaleurs tropicales suffocantes, induisent un microclimat et favorisent des services écosystémiques de qualité. Les parcs et jardins des grandes agglomérations demeurent des lieux privilégiés de détente, des loisirs, de récréation et d'ornement pour les citoyens [8]. Ainsi, la préservation des services écosystémiques que procurerait la flore urbaine a induit depuis plusieurs décennies des réflexions sur le concept de villes durables [9,10].

Il est reconnu aux îlots de forêts urbaines (IUCN-France 2015) une fonction pourvoyeuse d'innombrables services écosystémiques (amélioration de la qualité de l'air, réduction de la consommation énergétique et régulation des eaux de ruissellement) favorisant ainsi des économies sur les soins de santé en général [11,12].

Le développement et l'aménagement des espaces verts urbains en Afrique ont connu leurs débuts sous la colonisation. Cependant, il est aisé de constater que cette dynamique a été peu suivie après les indépendances [13–16]. Il s'avère nécessaire de connaître le potentiel que disposent les centres urbains en matière de trame verte dans le contexte des changements climatiques.

Au Togo, des études sporadiques ont eu à aborder la thématique de la foresterie urbaine en termes de tendances et perceptions des populations urbaines sur la notion d'espaces verts [2]. Radji et al [16] ont eu à caractériser la flore horticole de Lomé, tandis que Fousséni et al [17] ont fait un inventaire forestier urbain de Kpalimé suivi de l'évaluation de sa contribution à la séquestration de carbone. Par contre Amegnaglo et al [18] mettent en exergue les plantes parasites des ligneux de la ville de Lomé. Malgré les différentes études mentionnées ci-dessus, il est très difficile à ce jour d'avoir une vue synoptique de la diversité floristique et structurale de la végétation urbaine à l'échelle nationale voire régionale. Cette difficulté pourrait constituer l'un des freins majeurs à la conception de programme national de foresterie urbaine et d'amélioration du cadre de vie. Face à cette situation il est fondamental, à défaut de réaliser une recherche holistique sur le domaine forestier urbain national, de la promouvoir à l'échelle des agglomérations afin de disposer à moyen terme des données fiables pour une meilleure optimisation des services écosystémiques.

**Il est évident que la planification, la gestion et l'aménagement de la nature en milieu urbain peuvent être combinés à des objectifs de préservations et de conservations de la biodiversité dans l'optique d'une amélioration perpétuelle du cadre de vie dans un territoire urbain cohérent. Cette étude est une contribution à la connaissance de la flore urbaine du Togo. Elle vise à évaluer la diversité floristique urbaine ainsi que ces potentialités structurales.**

## 2. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

### 2.1. Description de la zone d'étude

La commune d'Atakpamé (8700 hectares), chef-lieu de la région des Plateaux (Fig.1), est une ville qui doit son dynamisme à sa situation géographique et à son rôle administratif et économique. Elle est située dans la zone écologique III ou zone des plaines du centre du Togo [19]. La ceinture naturelle formée par les collines confère à la ville un paysage attrayant.

Les précipitations et la température moyennes annuelles sont respectivement égales à 1350 mm/an et 26°C [20]. La commune d'Atakpamé est drainée par les rivières Eké, Mefa, Oloto, Italou, et Odo-Odou. L'emprise urbaine est composée d'une mosaïque de faciès végétale affectée par un gradient d'anthropisation croissant. On y retrouve essentiellement les forêts tropicales sèches, des savanes boisées et savanes arbustives, des reclus forestiers, des jachères/parcs, des plantations d'alignements et autres formes de reboisement. Il faut noter aussi la présence au cœur de la ville d'une forêt classée et de quelques parcs/jardins sous une forte emprise humaine [21].

Estimée à 202 837 habitants en 2016 selon l'ISEED-TOGO [5], la population d'Atakpamé est composée d'une multitude d'ethnies à savoir les Fon, les Ana, les Mina, les Adja, les Ouatchi, les Kabyè, les

Tem, les Lamba et les Nawda. L'économie repose sur des ressources générées par les activités agricoles, artisanales, industrielles, commerciales et des services composants du secteur formels et informels [22].

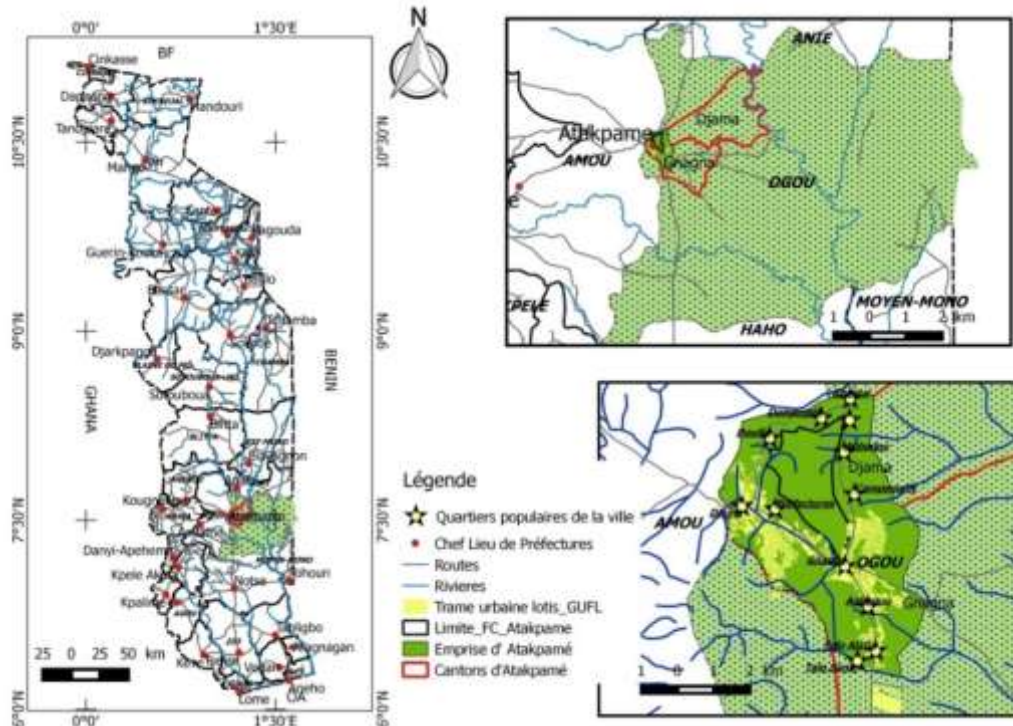


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

## 2.2. Collecte des données

Une approche par échantillonnage orienté a été réalisée pour la collecte des données. Six (6) compartiments ont été considérés à savoir : les établissements (services publics, écoles, hôpitaux ...), les concessions, les interstices (espaces peu exploités), les jardins/les parcs, les îlots forestiers/boisés et la voirie. Cent trente-quatre (134) placettes variables d'inventaires forestiers ont été réalisés, soit 49 placettes dans les établissements (200 m<sup>2</sup> - 1600 m<sup>2</sup>), 28 placettes sur la voirie urbaine (500 m<sup>2</sup> et 2000 m<sup>2</sup>), 11 placettes (100 m<sup>2</sup> et 400 m<sup>2</sup>) dans les interstices, 21 et 5 placettes de 400 m<sup>2</sup> respectivement dans les forêts et les jardins/parcs et 25 placettes (300 m<sup>2</sup> - 1600 m<sup>2</sup>) dans les concessions.

Dans une placette d'un compartiment donné, le diamètre et la hauteur totale de tous les individus ligneux ayant un diamètre à hauteur de poitrine (dhp) ≥ 10 cm [23] ont été mesurés. Les espèces ligneuses ont été identifiées sur la base de la flore analytique du Togo et du Bénin [24,25].

## 2.3. Traitement des données

Les données récoltées ont été saisies dans un tableur. Une analyse floristique sommaire a été réalisée à travers une matrice relevés x espèces en présence/absence où les lignes correspondent aux espèces et les colonnes aux relevés [26]. La liste générale des espèces inventoriées a été générée puis corrigée, une famille taxonomique a été affectée à chaque espèce suivant la nomenclature phylogénique [27] suivie de la forme biologique [28] et du type phytogéographique [29] approprié. Un diagramme de rang-fréquence [30] a été réalisé pour déduire la distribution spécifique des espèces.

Des analyses relatives aux calculs de la diversité alpha et des paramètres structuraux des différents compartiments échantillonnés ont été faites. La détermination de la diversité alpha a concerné le calcul de la richesse spécifique (RS), de l'indice de diversité de Shannon (H'), de l'équitabilité de Pielou (E) [30,31]. La valeur de ces indices a été obtenue suivant les formules ci-dessous :

- Richesse Spécifique (Rs) :

$$R_s = S$$

S=nombre d'espèces

- Indice de diversité de Shannon (H')

$$H' = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{n}\right) \log_2 \left(\frac{n}{n_i}\right)$$

- Indice d'équitabilité de Pielou (E) qui correspond au rapport entre la diversité observée et la diversité maximale possible en considérant le nombre d'espèces :

$$E = \frac{H'}{\log_2 s}$$

Où  $H_m = \log_2 S$ ,  $n_i$ : nombre de relevés dans lesquels est présente l'espèce ;  $n$  : nombre total de relevés ;  $S$  : nombre d'espèces

Les paramètres dendrométriques tels que la densité des tiges à l'hectare ( $D$ ), la hauteur moyenne ( $H_m$ ) exprimée en (m), le diamètre moyen ( $D_m$ ) exprimé en cm et la surface terrière ( $G$ ) exprimé en m<sup>2</sup>/ha ont été calculés également suivant les formules ci-dessous :

- densité totale ( $D$ ) des ligneux :

$$D = \frac{n}{S} \times 0,0001$$

$n$  = nombre de pieds,  $S$ =aire de relevé en ha

- diamètre moyen ( $D_m$ ) des arbres :

$$D_m = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n d^2 \right)^{1/2}$$

$n$ =nombre de pieds et  $d_i$  le diamètre à 1,30m de l'arbre  $i$

- Hauteur moyenne de Lorey ( $H_L$ ), la moyenne des hauteurs des arbres inventoriés a été pondérée par leur surface terrière [32,33] :

$$H_L = \frac{\sum_i^n g_i h_i}{\sum_i^n g_i}, \quad \text{avec} \quad g_i = \frac{\pi}{4} \times d_i^2$$

$G_i$  et  $h_i$  sont respectivement la surface terrière et la hauteur de l'arbre

- Surfaces terrières ( $G$ ) des ligneux :

$$G = \frac{\pi}{4s} \sum_{i=1}^n 0,0001 d_i^2$$

$d_i$  est le diamètre (cm) des arbres de la placette,  $S$  est la surface de la placette.

Les quantités de biomasses aériennes des différents individus ont été déterminées à l'aide du modèle standard de régression de Chave et al [34], donnée par l'équation ci-dessous :

$$BA = e^{(-2,187+0,916 \ln(PHD^2))}$$

Où **BA** est la biomasse aérienne exprimée en kg/tige et **dbh**, le diamètre mesuré en cm ;  $\rho$  est la densité spécifique d'une espèce exprimée en g/cm<sup>3</sup>

$$BS = e^{(-1,0587+0,8836 \times \ln(BA))}$$

Le stock de Carbone (Stock C) suivant l'équation :

$$SC = BT \times CF$$

Où **CF** est le ratio de carbone par défaut (0,47) ; la masse de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est obtenue en multipliant celle du carbone par 0.47.

### 3. RESULTATS ET ANALYSE

#### 3.1. Aperçu sur la flore urbaine

Au total, 1405 individus sont recensés. La hauteur moyenne des espèces est plus élevée dans les interstices (12.28 m) alors que le diamètre moyen le plus élevé se retrouve dans les parcs et jardins (39,90 cm). Soixante-sept (67) espèces ligneuses de dhp  $\geq$  10 cm appartenant à 54 genres et 28 familles (Fig. 2) ont été

recensées dans les différents compartiments étudiés. Les familles les plus représentées sont les Lamiaceae, les Meliaceae, les Anacardiaceae, les Caesalpiniaceae, les Myrtaceae et les Moraceae.

La courbe rang-fréquence des espèces montre que la végétation de la ville d'Atakpamé est représentée par une forte fréquence d'espèces exotiques. Il s'agit de *Tectona grandis* L. F. (21.49 %), *Azadirachta indica* A. Juss (11.89 %), *Mangifera indica* L (9.68 %), *Eucalyptus camaldulensis* Dehn (5.84 %), *Senna siamea* Lam H.S. Irwin & Barneby (4.56 %). La majorité des espèces restantes ont des fréquences inférieures à 3 % (Fig. 3).

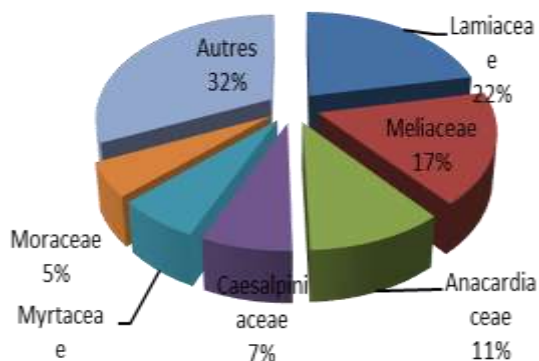


Figure 2. Spectre spécifique des familles

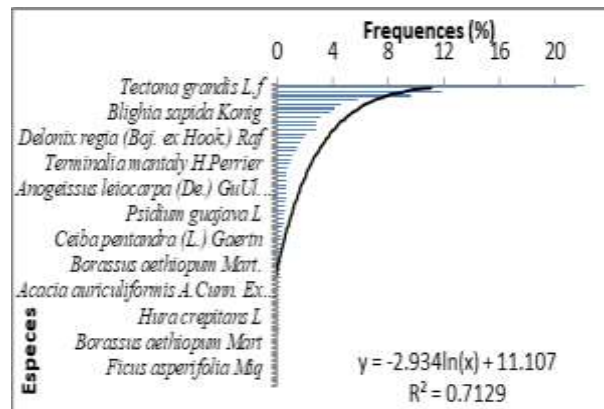


Figure 3. Distribution de la fréquence-rang des espèces.

Le spectre biologique (Fig.4a) montre une fréquence élevée des Microphanérophytes (53.73 %) suivies des Mésophanérophytes (28.36 %). Les Mégaphanérophytes et les Nanophanérophytes faiblement représentés, valent respectivement 5.97 % et 4.48 %.

Le spectre phytogéographique (Fig. 4b) montre une forte fréquence des espèces soudano-zambéziennes (19.40 %), suivies des espèces pantropicales (11.94 %), afro-tropicales (10.45), guinéo-congolaises (8.96 %). Ensuite les espèces afro-asiatiques (7.46 %), Néo-tropicales (5.97 %), et les espèces paléo-tropicales (5.97 %), puis suivent les espèces Australiennes (1.49 %), et Indiennes (1.49 %).

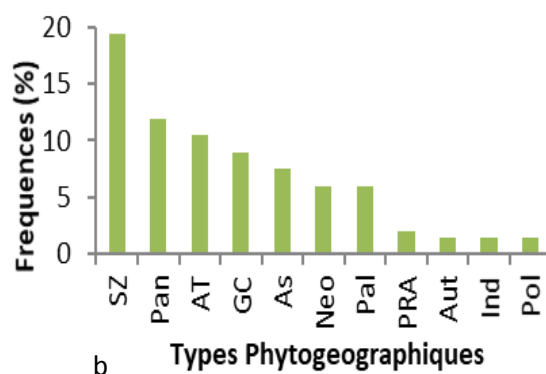
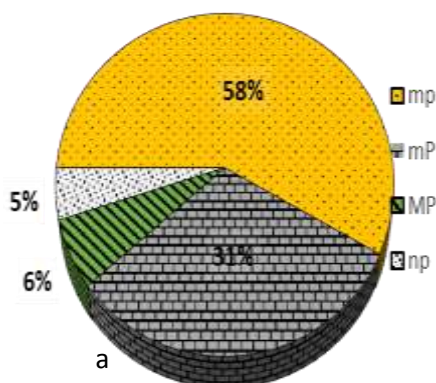


Figure.4 : Spectres des types biologiques (a)

et phytogéographiques (b)

[MP : Mégaphanérophytes, mP : Mésophanérophytes, mp : Microphanérophytes, np : Nanophanérophytes]

SZ : Soudano-Zambéziennes, GC : Guinéo-congolaises, Pal : Paléo-tropicales, Pan : Pantropicales, AT : Afro-tropicales, Pol : Polonaises, M : Malgaches, Ind : Indiennes, SC : Soudano-congolaises, SG : Soudano-Guinéennes, AT : Asie Tropicales, As=Afro-asiatique, PRA=Plurirégionale.]

### 3.2. Diversité structurale des compartiments

#### Arbres des voiries

Ce sont des arbres situés au bord des routes bitumées, les rues, le long des rails. Cette richesse spécifique (Rs) est de 45 espèces. L'indice de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité de Piélou (E) sont respectivement égal à  $4.73 \pm 0.21$  bits et  $0.89 \pm 0.21$ . Les axes routiers "nationale N°1" et "Atakpamé - Kpalimé" disposent de l'essentiel de cette diversité. Les espèces les plus représentées sont : *T. grandis*, *Elaeis guineensis* Jacq., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *S. siamea*, *M. indica*, *Ficus polita* Vahl ssp. *polita*, *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss., *Blighia sapida* König. On retrouve aussi des avenues de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., *Persea americana* Mill., *Cocos nucifera* L..

Le spectre biologique montre une fréquence élevée des microphanérophytes (37.78 %), suivi des mésophanérophytes (33.33 %), des mégaphanérophytes (6.67 %), et nanophanérophytes (4.43 %) (Fig.5a). Tandis que le spectre phytogéographique reste dominé par des espèces soudano-zambiennes (17.78 %), afro-tropicales (11,11 %), pantropicales (8,89 %), paléo-tropicales, indiennes (4.44 %), et néo-tropicales, plurirégionales, australiennes (2.22 %) (Fig. 5b).

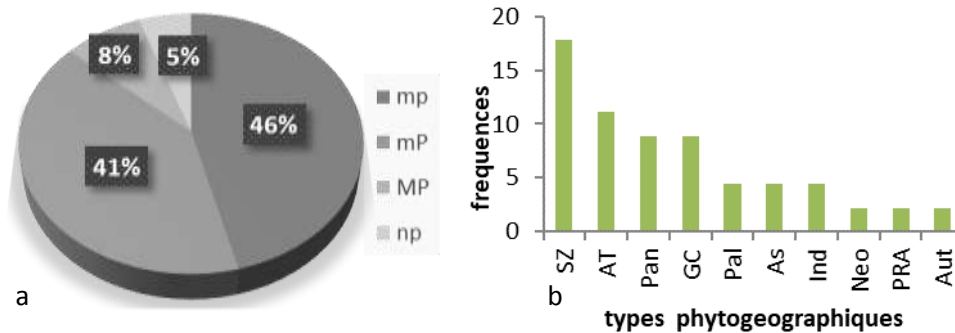


Figure 5. Spectres des types biologiques (a) et phytogéographiques (b) des voiries

La répartition des tiges par classes de hauteur donne une allure en « cloche » et en « L » par classe de diamètre (Fig. 6a). La classe de hauteurs [8-10 [ abrite le plus grand nombre d'individus et la classe de hauteurs [20-24[ est presque inexistante. On note une forte représentativité des individus dans la classe de diamètre [20-30[ et une faible présence des individus dans la classe [100-110 [ (Fig. 6b). Le stock de carbone est estimé à 54.33 tC/ha pour une densité de  $251.72 \pm 11.47$  pieds/ha.

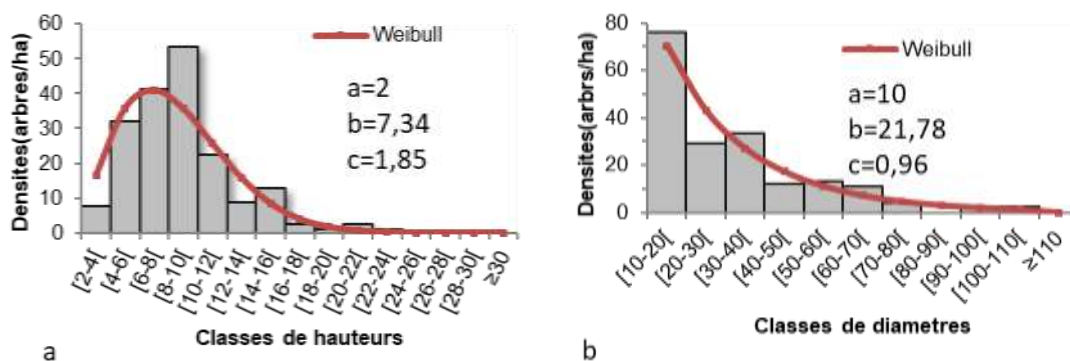


Figure 6. Classes de hauteurs (a) et de diamètres (b) des voiries

**Arbres des établissements**

Le cortège floristique dans les établissements, est de 44 espèces pour des indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité de Piélou respectivement égale à  $3.84 \pm 0.17$  bits et  $0.69 \pm 0.03$ . *T. grandis*, *A. indica*, *E. camaldulensis*, *S. siamea*, *Citrus sinensis* Osbeck, *M. indica*, *F. polita*, *K. sengalensis*, *K. grandifoliola* C.DC, *Polyalthia longifolia* (Sonn.) Thwaites constitue le lot des espèces les plus fréquentes dans ce compartiment.

Les formes biologiques dominantes sont constituées de microphanérophytes (36.96 %), suivi des mésophanérophites (20 %), de nanophanérophites (4.35 %) et de mégaphanérophites (2.12 %) (Fig. 7a). Quant à la distribution phytogéographique, les espèces pantropicales (13.04 %), paléo-tropicales (12 %) et guinéo-congolaises (10.87 %) sont les plus fréquentes (Fig. 7b).

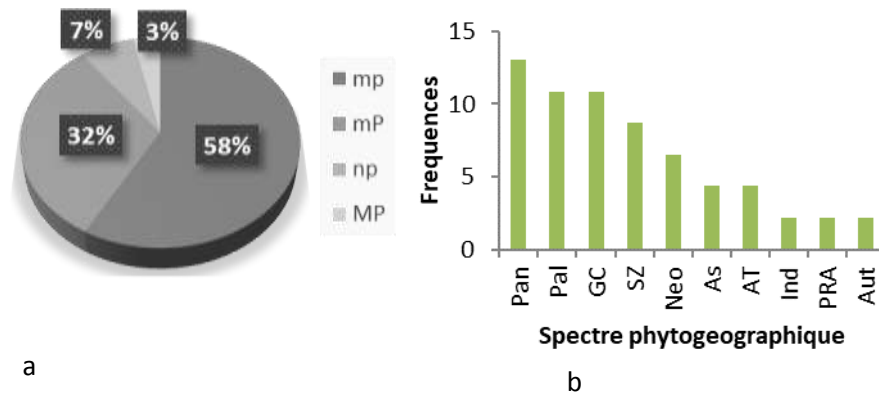


Figure 7. Spectre des types biologiques (a) et spectre phytogéographique (b) des établissements

La répartition des tiges par classes de hauteur présente une allure en « cloche » (Fig. 8a). La distribution des classes de diamètre épouse une allure en « L » (Figure 8b), caractérisée par une prépondérance de la classe de diamètre [10-20]. Le stock moyen de carbone est estimé à 71.64 tC/ha pour une densité moyenne de  $350 \pm 15.95$  tiges/ha.

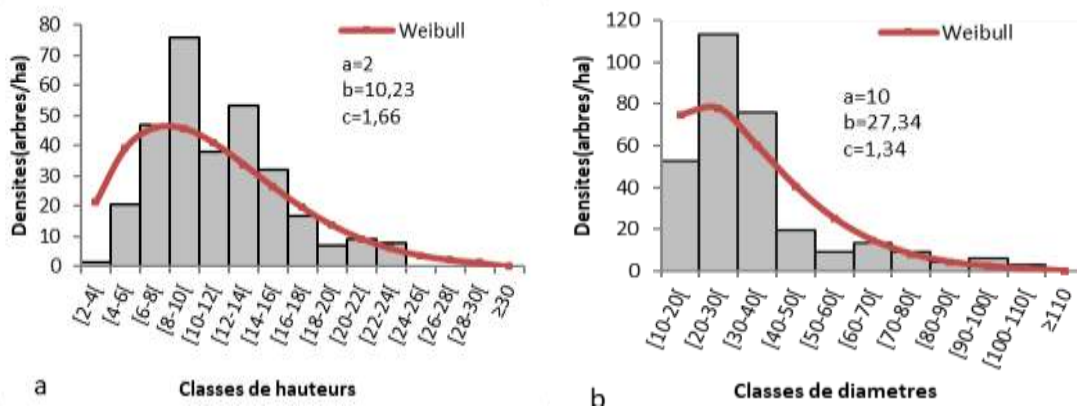


Figure 8. Classes de hauteurs (a) et de diamètres (b) des établissements

**Arbres des jardins et parcs**

Les jardins et parcs ont une richesse spécifique (Rs) de 18 espèces pour un indice de diversité de Shannon de  $1.06 \pm 0.16$  bits et une équitabilité de Piélou de  $0.44 \pm 0.06$ . *F. polita*, *S. siamea*, *Hyphaene thebaica* (L.) Mart., *K. grandifoliola*, *E. guineensis*, *E. camaldulensis*, *T. grandis*, *Albizia zygia* (DC.) J.F. Macbr., *Morinda lucida* Benth. sont les plus représentées dans ce compartiment.

Les microphanérophytes (44.44 %), les mésophanérophytes (33.33 %) et les nanophanérophytes (11.11 %) sont les formes biologiques les plus abondantes (Fig. 9a). Le spectre phytogéographique montre une dominance des pantropicales (22.22 %), et des afro-tropicales (Fig. 9b).

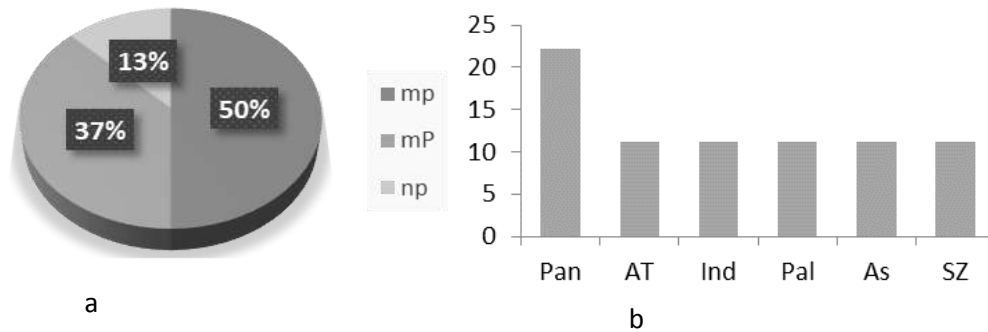


Figure 9. Spectre des types biologiques (a) et spectre phytogéographique (b) dans les jardins

Pour ce compartiment, une allure en « cloche » et en « L » s'observe respectivement au niveau des classes de distribution des hauteurs et des diamètres (Fig. 10). Les classes de hauteur [2-4[ fortement représentées, montrent la prédominance des individus juvéniles. On note également une forte représentativité des classes de diamètre juvénile. La densité est  $140 \pm 6.38$  pieds/ha pour une capacité de séquestration de carbone estimée à 2838 tC/h.

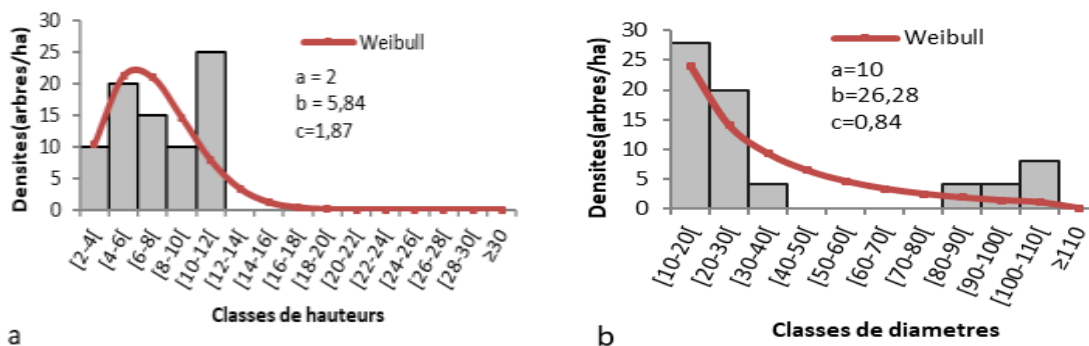


Figure 10. Classes de hauteurs (a) et de diamètres (b) des jardins et parcs

### Arbres des concessions

Ces arbres sont plantés dans la cour des maisons de superficies variables. Ces cours de concessions sont caractérisées par une richesse spécifique ( $R_s$ ) de 38 espèces, avec un indice de diversité de Shannon ( $H$ ) de  $2.49 \pm 0.38$  bits. L'équitabilité de Piélou ( $E$ ) dans les concessions est de  $0.46 \pm 0.72$ . Les arbres les plus fréquents dans les compartiments sont : *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw., *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum., *A. indica*, *Gmelina arborea* Roxb, *T. grandis*, *S. siamea*, *M. indica*, *E. guineensis*, *K. senegalensis*, et *C. sinensis*.

Le spectre biologique montre une fréquence des microphanérophytes (47.62 %), des mésophanérophytes (30.95 %) et des mégaphanérophytes (7.14 %) (Fig. 11a). Les espèces pantropicales (23.18 %), les espèces afro-tropicales (11.9 %), et les espèces soudano-zambiennoises sont les types phytogéographiques importants (Fig.11b).



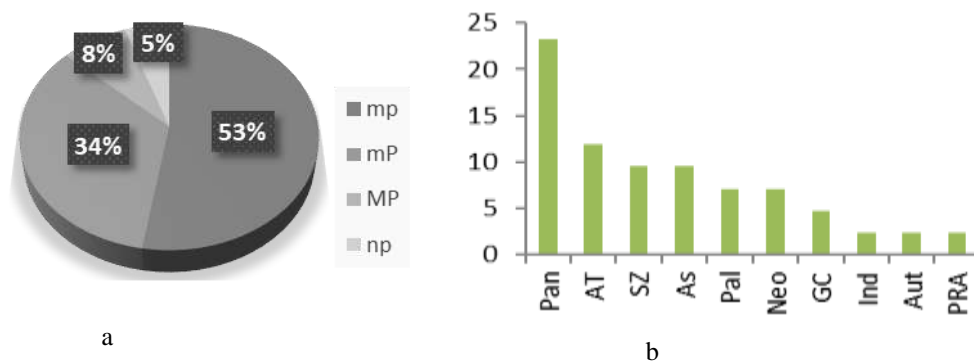


Figure 11. Spectre des types biologiques (a) et spectre phytogéographique (b) dans les concessions

Ainsi, la répartition des tiges par classe de hauteur donne une allure en « cloche » et en « L » pour la répartition en diamètre (Fig. 12). Les individus de hauteurs compris entre 4 et 8 m sont les plus représentés. Les juvéniles dans ce compartiment de diamètre compris entre 10-30 cm sont les plus abondants. Les individus de classe de diamètre de plus 80 cm sont absents. La densité des ligneux de ce compartiment est estimée à 180.86 ±3.73 tiges/ha pour une capacité de séquestration de 28.38 tC/ha.

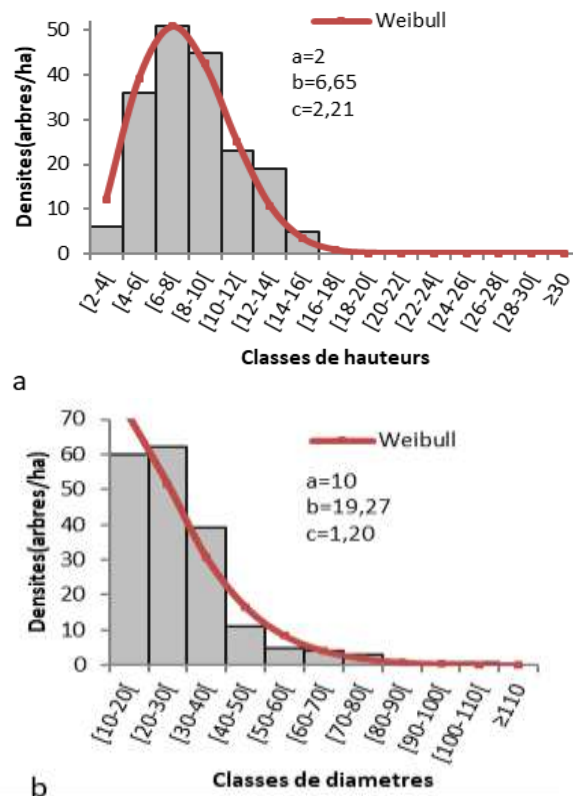


Figure 12. Classes de hauteurs (a) et de diamètres (b) des concessions

**Arbres des forêts**

Dans les îlots de forêts, la richesse spécifique (Rs) est de 33 espèces, pour un indice de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité de Pielou (E) respectivement égale à  $1.45 \pm 0.06$  bits et à  $0.28 \pm 0.01$ . Les essences d'arbres caractéristiques dans ce compartiment sont essentiellement constituées de *T. grandis*, *A. indica*, *E. citroidora*, *F. polita*, *Delonix regia* Raf., *L. barteri*, *S. siamea*, *L. leucocephala*.

Le spectre biologique est dominé par des microphanérophytes (40 %), les mésophanérophites (31.43 %) et les nanophanérophites (5.71 %) (Fig.13a). Le spectre phytogéographique montre une fréquence élevée des espèces Soudano-Zambiennes (14.29 %), des espèces afro-tropicales (14 %), Guinéo-Congolaises et pantropicales (14 %) (Fig. 13b).

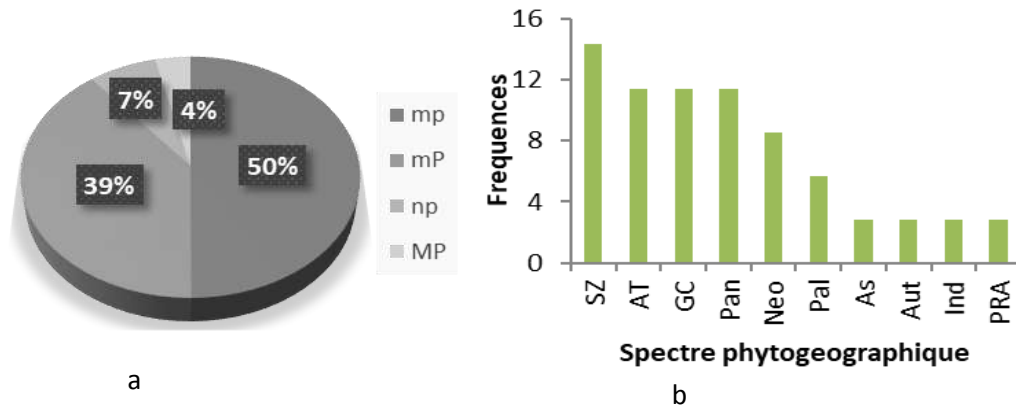


Figure 13. Spectre des types biologiques (a) et spectre phytogéographique (b) dans les forêts

La répartition des tiges par classes de hauteur donne une allure en « cloche » (Fig.14a). La classe de hauteurs [2-4 [ représente des individus juvéniles et la classe de [8 -10[ regroupe des individus de grande taille (Fig. 14a). Les classes de diamètre présentent une distribution en « L » pour la répartition en diamètre (Fig.14b). Les espèces qui se retrouvent dans la classe [20-30 [ sont le plus souvent des juvéniles. Les individus de plus de 70 cm sont absents. Le stock de carbone est estimé à 21.87 tC/ha. La densité est de  $189.43 \pm 11.47$  pieds/ha dans les forêts.

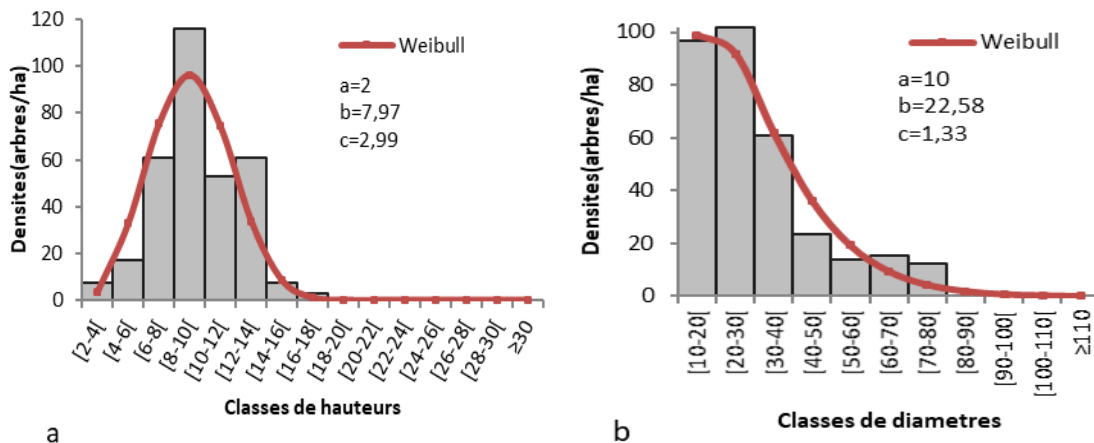


Figure 14. Classes de hauteurs (a) et de diamètres (b) des concessions

**Arbres des interstices**

Dans ces espaces, la richesse spécifique (Rs) est de 21 espèces pour un indice de diversité de Shannon (H') de  $0.96 \pm 0.04$  bits et d'équitabilité de Pielou (E) de  $0.22 \pm 0.01$ . Les espèces les plus représentées sont entre autres *E. guineensis*, *T. grandis*, *M. indica*, *B. sapida*, *C. pulcherrina*, *P. longifolia*, *S. siamea*, *Moringa oleifera*, *A. indica*.

Dans les interstices, les microphanérophytes (54.55 %), les mésophanérophites (27.27 %) et les mégaphanérophites (9.09 %) sont les plus fréquentes (Fig. 15a). Le spectre phytogéographique donne une fréquence importante des espèces pantropicales (27.27 %), des espèces paléo-tropicales et guinéo-congolaise (18.18 %) (Fig. 15b).

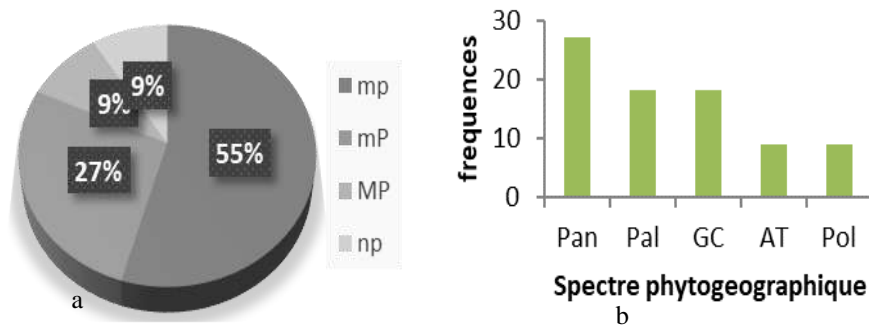


Figure 15. Spectre des types biologique (a) et spectre phytogéographique (b) dans les interstices

La répartition des tiges par classes de hauteur donne une allure en « cloche » et en « L » pour la répartition en diamètre (Fig. 16). On note une absence des individus de la classe de hauteur [2-4 [ tandis que les individus les plus représentés sont ceux de hauteur compris entre 6 et 14 m. Les espèces de classes de diamètre [10-20 [ composant le lot des juvéniles sont les plus abondants. Les individus de grands diamètres, de plus de 60 cm sont très rares. La densité dans les interstices est de  $138.18 \pm 6.3$  pieds/ha pour 46.66 tC/ha de carbone séquestré.

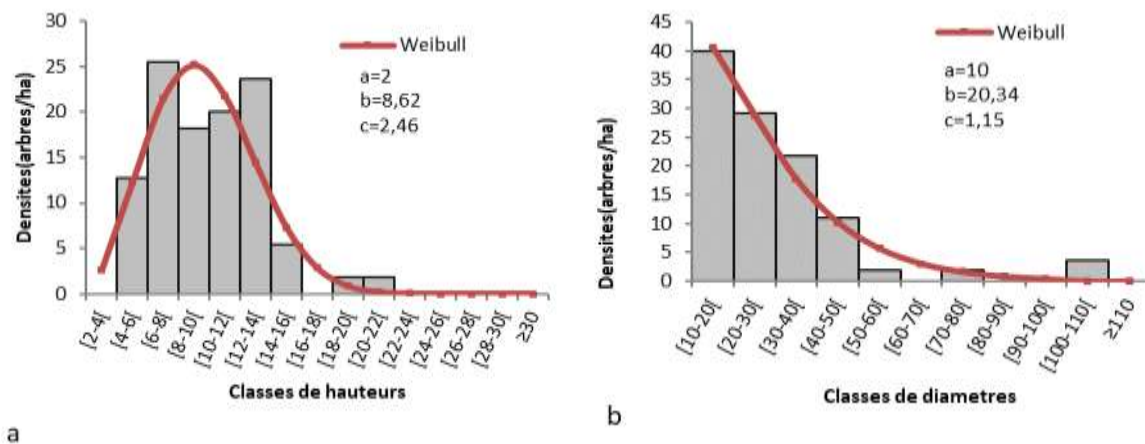


Figure 16. Classes de hauteurs (a) et de diamètres (b) des interstices

Tableau 1. Synthèse de la diversité structurale des différents compartiments

Compartiments	Rs	H'	E	HL	D	Dm	G	Espèces représentatives
Concessions	38±2.7	2.49±0.3	0.46±0.7	4.5±2.70	180.80±3.7	29.10±2.13	12.05±4.3	<i>C.pulcherrima</i> , <i>T.neriifolia</i> , <i>A.indica</i> , <i>G.arborea</i> , <i>T.grandis</i> , <i>M. indica</i> , <i>K. senegalensis</i> , <i>C.sinensis</i>
Établissements	44±3.2	3.84±0.1	0.69±0.0	11.1±6.35	350±15.95	37.94±1.73	39.30±0.4	<i>M.indica</i> , <i>A.indica</i> , <i>E.citroidora</i> , <i>S.siamea</i> , <i>C.limon</i> , <i>T.grandis</i> , <i>F.polita</i> , <i>K. senegalensis</i> , <i>P.longifolia</i> , <i>K.grandifoliola</i>
Forêts	33±1.5	1.45±0.0	0.28±0.1	9.32±0.42	189.43±8.6	28.97±1.32	12.52±0.5	<i>T.grandis</i> , <i>M.indica</i> , <i>A.indica</i> , <i>E. camaldulensis</i> , <i>F.polita</i> , <i>D.regia</i> , <i>L. barberi</i> , <i>S.siamea</i> , <i>L. leucocephala</i>
Interstices	21±0.9	0.96±0.0	0.22±0.1	10.27±0.4	138.18±6.3	30.73±1.4	10.27±0.4	<i>E. guineensis</i> , <i>T. grandis</i> , <i>M. indica</i> , <i>B. sapida</i> , <i>C.pulcherrima</i> , <i>P longifolia</i> , <i>A indica</i> , <i>S.siamea</i> , <i>M. oleifera</i>
Jardins et parcs	18±0.8	1.06±0.1	0.44±0.1	17.6±0.8	140±6.38	39.90±1.81	9.08±0.0	<i>F. polita</i> , <i>S.siamea</i> , <i>H.thebaica</i> , <i>A.zigia</i>
Voiries	45±2.0	4.73±0.2	0.89±0.2	22.99±1.0	251.72±11.	34.03±1.5	9.90±0.4	<i>T.grandis</i> , <i>E.guineensis</i> , <i>B.sapida</i> , <i>G.sepium</i> , <i>F.polita</i> , <i>P. dulce</i>

Dm : Diamètre moyen à 1,30m du sol, HL : Hauteur de Lorey, G : Surface terrière, Rs : Richesse spécifique, Ish : indice de diversité de shannon, Eq : Équitabilité de Piélou, D : Nombre moyen de pieds de DBH $\geq$  33cm

### 3.3. Analyse et discussion des résultats

L'étude révèle que la ville d'Atakpamé dispose d'un potentiel ligneux de 67 espèces dont la connaissance pourrait fortement être prise en compte lors de la formulation d'éventuel plan de développement de territoire urbain cohérent. La richesse spécifique observée est largement inférieure à celle évaluée dans les villes et agglomérations de Lomé et de Kpalimé. Elle est estimée à 100 espèces au moins pour la ville de Lomé [2,35] et 99 espèces à Kpalimé [17]. Cette variabilité de diversité serait certainement due aux facteurs climatiques très variables, en lien avec la position latitudinale différente des trois zones d'étude. Cette hypothèse peut être renforcée par l'action délibérée des citoyens en lien avec les préférences, la préservation, l'introduction et l'adoption d'une catégorie d'espèce le plus souvent exotique [36]. La part importante qu'occupe les espèces Afro-asiatiques dans le contexte des études réalisées à Lomé et à Kpalimé pourrait également conforter cette hypothèse [17]. Cependant l'érosion de la biodiversité urbaine par un apport non réglementé de la flore exotique de la part des populations ou par volonté politique due à des connaissances insuffisantes de la flore endogène augmenterait la vulnérabilité des écosystèmes urbains [14,37]. Les compartiments boisés urbains du point de vue typologique présentent des physionomies fortement corrélées à l'environnement anthropique dans lequel ils évoluent. De ce fait, il est constaté à travers les analyses que la diversité structurale varie d'un compartiment à un autre et est tributaire également de l'emprise anthropique croissante.

La voirie (45 espèces), suivie des établissements (44 espèces), des concessions (38 espèces) et les jardins/parcs (18 espèces) qui sont des espaces ayant plus de stigmates d'interventions humaines, présentent des richesses spécifiques importantes parmi les six compartiments étudiés. Cette situation au sein des quatre compartiments anthropisés est fortement corrélée aux choix des pratiques sylvicoles urbaines où la plupart des actions de reforestations communautaires promues par les services publics ont été plus intenses que dans les autres compartiments.

Ces quatre compartiments dominés essentiellement par les essences exotiques (*C. pulcherrima*, *F. polita*, *S. siamea*, *T. grandis*, *G. arborea* *P. longifolia* ...) ont cependant des indices de diversité alpha de Shannon et de régularité différente. Ils sont plus importants et régulièrement repartie dans la voirie que dans les établissements, concessions et jardins/parcs à cause de la forte implication des services techniques municipaux et

de l'apport des riverains dans la gestion de ces arbres d'alignement urbain. Cela peut être également le reflet des actions passées en faveur des espaces verdoyants urbains promus par les différentes administrations coloniales [38]. Par contre le regain d'intérêt tardif associé aux manques de mécanismes de financements et de gestions des jardins/parcs urbains de la part des parties prenantes expliquerait cette tendance dans ces compartiments. Cet état de fait fut également observé aux Mali et au Burkina où une attention particulière est mise sur les parcs urbains précoloniaux comme sanctuaire de la biodiversité, mais aussi de construction de lieux de mémoires [39].

D'un point de vue structurale, malgré des densités élevées, les voiries ( $251,72 \pm 11,47$  n/ha) et les parcs/jardins ( $140 \pm 6,38$  n/ha) disposent des moyennes les plus basses. Ce qui est sans doute lié à leur superficie, au nombre de pieds pouvant y être plantés et de la dynamique urbaine. Les tendances similaires sont observées à Kpalimé [17].

Les compartiments dont les modifications spécifiques sont peu sujettes aux apports anthropiques sont composés d'espèces endogènes que d'espèces exotiques pour des richesses spécifiques de 33 espèces et de 21 espèces respectivement pour les forêts et les interstices. Ces deux compartiments ont des indices de diversités de Shannon les plus faibles couplées avec une distribution irrégulière du potentiel floristique. Cette situation dénote un manque d'intérêt pour ces paysages qui sont soit abandonnés à la suite d'une exploitation anarchique, ou en restauration avec une ou deux espèces qui le plus souvent ne favorisent pas le développement de la biodiversité endogène. Les essences comme *T. grandis*, *A. indica*, domineraient le cortège floristique de ces paysages. Les études précédentes en zones urbaines révèlent la dominance des espèces exotiques, notamment *A. indica* à Brazzaville en RDC [14] et *M. indica*, *Acacia auriculiformis*, *T. grandis* ... à Kpalimé au Togo [17].

La distribution des classes de diamètres présente une allure en « L » dans tous les compartiments étudiés. Cet état signifierait que la régénération du potentiel ligneux est assurée ; elle peut également être le fruit des activités de reboisement récentes [40]. Les espèces de diamètres compris entre 20 et 30 cm sont les plus représentés dans les concessions, les établissements et les forêts. Au niveau des interstices, les jardins et les voiries les tiges de diamètres compris entre 10 et 20 cm sont plus représentés. Des allures similaires sont également observées à Lomé et à Kpalimé [17].

Les classes de hauteur présentent une distribution aux allures en « cloche » dissymétrie à gauche dans tous les compartiments. Cette allure expliquerait une abondance d'espèces ayant des individus capables de régénération, mais n'atteignant pratiquement pas le stade adulte à cause de l'emprise perpétuelle des perturbations anthropiques [41,42]. La classe de hauteur la plus représentée (8 à 10 m) s'observe dans les forêts et les établissements. À Kpalimé tout comme à Lomé, cette classe de hauteur est perceptible dans les interstices, jardins et parcs [17, 35].

La biomasse ligneuse aérienne y compris le taux de séquestration de carbone varie d'un compartiment à un autre. Cette différence pourrait s'expliquer par la variation des diamètres et densités des arbres [43]. Elle est de 19,4 t/ha dans les voiries, suivi de 18,27 t/ha dans les établissements. La valeur du stock de carbone estimée à 39,12 tC/ha, est inférieure à celle de la ville de Lomé 52,96 tC/ha [35], mais reste supérieure à celle obtenue par Vroh et al [44] dans la commune du Plateau à Abidjan (Côte d'Ivoire).

#### 4. CONCLUSION

Cette étude a permis de disposer d'une connaissance sur le potentiel ligneux de la foresterie urbaine et périurbaine dans la ville d'Atakpamé. Elle a permis de recenser 67 espèces d'arbres réparties en 54 genres et 28 familles. Cette flore est caractérisée par une forte prépondérance d'espèces exotiques comme *T. grandis*, *A. indica*, *M. indica*, *E. camaldulensis* et *S. siamea* confirmée par la proportion importante des espèces Pantropicales.

L'étude révèle également que les microphanérophytes constituent l'essentielle de la flore ligneuse urbaine. Les densités en tige les plus importantes sont observées dans les établissements et dans les concessions, pour des surfaces terrières significatives dans les établissements et les forêts. Le stock moyen de carbone urbain est évalué à 39,12 tC/ha. Les établissements et les interstices accumuleraient plus de carbone atmosphérique.

Tout ce potentiel qui semble être négligeable pourrait contribuer fortement à atténuer les pics de chaleur urbaine s'il est préservé. Face à cette opportunité, il serait judicieux que les parties prenantes qui partagent l'espace urbain se mettent tous dans une dynamique pour promouvoir un schéma directeur de développement urbain qui prend en compte la foresterie urbaine tout en étant en phase avec les ODDs. Cette démarche multi acteurs pourrait permettre au pays d'honorer les engagements internationaux pris en faveur du climat.

#### REMERCIEMENTS

Les auteurs sont très reconnaissants aux membres du Laboratoire de Botanique et d'Écologie Végétale qui ont contribué à la collecte des données. Le TWAS (The World Academy of Sciences), et la Matsumae International

Foundation (MIF) méritent la gratitude pour leur accueil et leur soutien financier. Enfin, les auteurs restent redevables aux réviseurs du texte, restés anonymes, pour les conseils qu'ils ont prodigués.

## REFERENCES

- [1] B. Jouve, 2007. La gouvernance urbaine : vers l'émergence d'un nouvel instrument des politiques ? *Rev. Int. des Sci. Soc.*, **193–194** (3), 387. doi:10.3917/riss.193.0387.
- [2] B. Polorigni et al., 2014. Perceptions, tendances et préférences en foresterie urbaine : cas de la ville de Lomé au Togo. *Eur. Sci. Journal, ESJ*, **10** (5), 261–277.
- [3] M.R. Etongue & M. Soumahoro, 2010. Espaces urbains tropicaux africains et leur appropriation dans la construction de la ville tropicale: Enjeux de deux systèmes d'organisation, le formel et l'informel dans l'utilisation de l'espace. *CJRS*, **33** (1), 145–156.
- [4] M. Soumahoro & M.R. Etongue, 2014. Espaces urbains tropicaux : entre croissance, précarité et conflits culturels. *Rev. Can. Géographie Trop.*, **1** (2), 37–42.
- [5] ISEED-TOGO, 2011. *Recensement général de la population et de l'habitat (du 06 au 21 novembre 2010). Résultats définitifs République Togolaise*. Lomé, Togo.
- [6] D. Doucoure & A. Fleury, 2004. La place de l'agriculture urbaine dans les dispositifs institutionnels et la planification. . In *Developpement Durable de L'agriculture urbaine en afrique francophone: Enjeux, concepts et methodes* (C. CIRAD, ed), CIRAD, CRDI. pp 45–78
- [7] M. Reghezza-Zitt & V. Sanseverino-Godfrin, 2012. Aménagement durable des territoires soumis à de fortes contraintes : enjeux et perspectives à travers l'examen des outils juridiques. L'exemple de la basse vallée du Var (06). *Ann. Geogr.*, **685** (3), 242. doi:10.3917/ag.685.0242.
- [8] J. Merilot (1997). – Espaces urbains végétalisés et gestion des déchets. . In *Colloques-INRA*. pp 91–100
- [9] L. Mehdi et al., 2012. Évolution de la place du végétal dans la ville, de l'espace vert a la trame verte. *Vertigo*, **12** (2), 1–20. doi:10.4000/vertigo.12670.
- [10] F. Rafiei, 2012. *L'intégration de l'agriculture urbaine à l'architecture pour la réalisation d'une ville viable*. Available at: <https://archipel.uqam.ca/5410/> (accessed on 6 October 2018).
- [11] J. Dombrow et al., 2000. The Market Value of Mature Trees in Single-Family Housing Markets. *Appraisal J.*, **68** (1), 39–43.
- [12] D.J. Nowak et al., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban For. Urban Green.*, **4**, 115–123.
- [13] R. Lowrance et al., 1997. Water quality functions of riparian forest buffers in Chesapeake Bay watersheds. *Environ. Manage.*, **21** (5), 687–712.
- [14] D. N'Zala & P. Miankodila, 2002. Arbres et espaces verts à Brazzaville (Congo). *Bois Forêts des Trop.*, **272** (272), 88–92. doi:10.19182/BFT2002.272.A20158.
- [15] E. Gomez-Baggethun et al., 2010. Traditional Ecological Knowledge Trends in the Transition to a Market Economy: Empirical Study in the Doñana Natural Areas. *Conserv. Biol.*, **24** (3), 721–729. doi:10.1111/j.1523-1739.2009.01401.x.
- [16] R. Radji & K. Kokou, 2010. Original Paper. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4** (April), 491–508. doi:10.4314/ijbcs.v4i2.58159.
- [17] F. Folega et al., 2017. Foresterie urbaine et potentiel de séquestration du carbone atmosphérique dans la zone urbaine et peri-urbaine de Kpalimé (Togo). *Rev. Sc. Env. Univ., Lomé*, **14** (1), 7–28.
- [18] K. Amégnaglo et al., 2013. Les *Tapinanthus* et leurs hôtes dans la ville de Lomé : dissémination et impact. *Rev. Togol. des Sci.*, **7** (2), 63–75.
- [19] H. Ern, 1979. Die Vegetation Togos. Gliederung, Gefährdung, Erhaltung. *Willdenowia*, , 295–312.
- [20] A. Moussa, 2008. *Climate classification based on vegetation, rainfall and temperature (togo)*.
- [21] K. Kokou et al., 2006. Diversité des forêts denses sèches du Togo (Afrique de l'Ouest). *Rev. Écol. (Terre Vie)*, **61** (3), 225–246.
- [22] Y.E. Gù-Konu, 1981. *Atlas du Togo*. Editions J.A.
- [23] K. Annika & M. Matti, 2006. *Forest Inventory: Methodology and Applications*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. doi:10.1007/1-4020-4381-3.
- [24] J.F. Brunel et al., 1984. Flore analytique du Togo: Phanerogames. *Englera*, (4), 3–751. doi:10.2307/3776742.
- [25] A. Akoègninou et al., 2006. *Flore analytique du Bénin*. Wageningen Agricultural University, Cotonou & Wageningen.
- [26] V. Westhoff & E van der Maarel, 1978. The Braun-Blanquet approach, 2nd ed. In: Whittaker R H, ed. Classification of plant communities. *Hague Junk*, , 287–399.

- [27] APGIII, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Soc.*, **161** (2), 105–121. doi:10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x.
- [28] C. Raunkiaer, 1934. *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press.
- [29] F. White, 1986. *La végétation de l'Afrique. Recherches sur les ressources naturelles*. ORSTOM-UNESCO, Paris, France.
- [30] E.A. Magurran E.A., 2004. *Measurement biological diversity*. Blackwell Science Ltd.
- [31] L. Legendre & P. Legendre, 2012. *Numerical ecology*. Elsevier.
- [32] S.M. Philip, 1994. *Measuring Trees and Forests*. Second edi, Wallingford.
- [33] P.W. West, 2004. Tree Height. . In *Tree and Forest Measurement*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. pp 19–26doi:10.1007/978-3-662-05436-9\_4.
- [34] J. Chave et al., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, **145** (1), 87–99.
- [35] D. Simza, 2012. *Foresterie urbaine et sa contribution dans la séquestration du carbone: Cas de la ville de Lomé (togo)*.
- [36] J.C. Depaule & C. Topalov, 1996. La ville à travers ses mots. *Enquête*, (4), 247–266. doi:10.4000/enquete.963.
- [37] O. De Bruyn, 2016. Espèces végétales exotiques et vulnérabilité environnementale : un débat ancien ? Le cas de la Belgique (fin XVIIIe siècle-années 1950).. *VertigO - la Rev. électronique en Sci. l'environnement*, **16** (3), 1–22.
- [38] J. Ryan & A. Simson, 2002. Neighbourwoods': Identifying good practice in the design of urban woodlands. *Arboric. J.*, **26** (4), 309–331.
- [39] J. Bondaz, 2011. Parcs urbains et patrimoine naturel en Afrique de l'Ouest. *Géographie Cult.*, (79), 67–87. doi:10.4000/gc.375.
- [40] S. Brown, 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer*. FAO.
- [41] E. Mbayngone et al. E., 2008. Structure des ligneux des formations végétales de la Réserve de Pama (Sud-Est du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest). *Veg. Sudano-Sambesica*, **11**, 25–34.
- [42] F. Fousseni et al., 2012. Assessment and impact of anthropogenic disturbances in protected areas of northern Togo. *For. Stud. China*, **14** (3), 216–223. doi:10.1007/s11632-012-0308-x.
- [43] Bosansky, 2010. *Evaluation des puits et émissions du CO2 liés à l'utilisation des terres et changements d'affectation et à la foresterie*.
- [44] B. Vroh et al., 2014. Diversité végétale urbaine et estimation du stock de carbone : cas de la commune du Plateau Abidjan, Côte d'Ivoire. *Afrique Sci. Rev. Int. des Sci. Technol.*, **10** (3).