



WWJMRD 2023; 9(06): 74-84  
www.wwjmr.com  
International Journal  
Peer Reviewed Journal  
Refereed Journal  
Indexed Journal  
Impact Factor SJIF 2017:  
5.182 2018: 5.51, (ISI) 2020-  
2021: 1.361  
E-ISSN: 2454-6615

**Jean Louis FOBANE**  
Departement des Sciences  
Biologiques, Ecole Normale  
Supérieure, Université de  
Yaoundé I, Yaoundé,  
Cameroun.

**Jean MOUSSOUNE,**  
**Léon KONO,**  
**Pierre Marie CHIMI,**  
**Marie Madeleine Vicky**  
**NKOULA,**  
**Jean Michel ONANA,**  
**William Armand MALA,**  
**Marie Marguerite MBOLO**  
Departement de Biologie et  
Physiologie Végétales, Faculté  
des Sciences, Université de  
Yaoundé I, Yaoundé,  
Cameroun.

**Jules Christian ZEKENG,**  
Departement de Biologie et  
Physiologie Végétales, Faculté  
des Sciences, Université de  
Yaoundé I, Yaoundé,  
Cameroun.  
Departement de Génie  
Forestier, Ecole Nationale  
Supérieure de l'Enseignement  
Technique, Université  
de Douala, Douala, Cameroun.

**Correspondence:**  
**Jean Louis FOBANE**  
Departement des Sciences  
Biologiques, Ecole Normale  
Supérieure, Université de  
Yaoundé I, Yaoundé,  
Cameroun.

## WORLD WIDE JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH AND DEVELOPMENT

### Evaluation de la biomasse aérienne des communautés végétales des zones marécageuses de la ville de Yaoundé

**Jean Louis FOBANE, Jean MOUSSOUNE, Léon KONO, Pierre Marie CHIMI, Marie Madeleine Vicky NKOUA, Jules Christian ZEKENG, Jean Michel ONANA, William Armand MALA, Marie Marguerite MBOLO**

#### Résumé

La biomasse aérienne des communautés végétales marécageuses est étudiée dans six quartiers de la ville Yaoundé. Le dispositif d'échantillonnage pour la collecte des données a consisté à l'installation des placettes de 25m x 25m pour les dhp  $\geq 10$  de 10m x 5m pour les dhp  $< 10$  et un quadrat de 1m x 1m pour les herbacées. Les résultats obtenus ont révélé la présence de 113 espèces regroupées en 98 genres et 42 familles. Le marécage le plus diversifié est celui d'Awae (4,35 bit). Le stockage de carbone chez les herbacées est plus élevé à Tropicana (0,167 t C/ha), tandis que chez les ligneux, Awae occupe la première place (1,518 t C/ha). Les facteurs biotiques comme la forte anthropisation et la superficie influencent négativement la biomasse végétale. Au regard de l'intensification des activités anthropiques dans cette ville, il est urgent de mettre en place un système efficace de gestion et de protection de la biodiversité de ces milieu humides qui jouent un important dans régulation du climat.

**Mots clés:** Biomasse aérienne, carbone, marécage, facteurs biotiques

#### Introduction

La régulation du climat global par les stocks de carbone est un service écosystémique au cœur des préoccupations. Ce service est assuré par la végétation, qui par la photosynthèse fixe une partie des gaz à effet de serre ( $\text{CO}_2$ ) (Banon, 2008). Elle prend son essor au cours de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) qui a examiné la possibilité de réduire les émissions des gaz à effet de serre à travers l'initiative internationale REDD (Réduction des Emissions due de la Déforestation et de la Dégradation des forêts) devenue REDD+ indiquant l'intégration dans le programme des notions de protection des forêts, d'augmentation des stocks de carbone forestiers et de gestion durable des forêts (Sukhdev et al., 2012).

C'est dans ce sens qu'intervient les marécages qui peuvent être aperçu comme des terrains spongieux, saturé d'eau, où s'étendent les marais, et difficile à accéder en raison d'une dense végétation aquatique verticale. Ces écosystèmes clés stockent d'importantes quantités de carbone à l'échelle mondiale (Bernal & Mitsch, 2008) soit 1761 millions de tonne de carbone, soit 3,9 % au niveau mondial (Wasseige et al., 2012, cit.Kono et al., 2015). Ces zones couvrent 6 à 8 % de la surface de la Terre (Mitsch et al., 2012) m avec une superficie estimée à 123264 km<sup>2</sup> dans le bassin du Congo.

Au Cameroun, ces zones représentent 1 % de la surface du territoire (Onana, 2018). Par ailleurs, le fait d'être le support de la biodiversité, ils fournissent aussi des divers autres services écologiques tels que l'amélioration de la qualité de l'eau, la régularisation des débits des cours d'eau, la séquestration du carbone (Levison et al., 2013).

Cependant, cette superficie à régresser d'environ 50 % ces dernières siècles et ceux existant sont dégradés (Egnankou, 2015). Etant donné que les marécages sont des milieux fragiles,

l'utilisation déraisonnée de ces milieux occasionne leur dégradation due aux activités anthropiques tels que : urbanisation rapide, installation humaine, insécurité foncière, exploitation de bois, intensification de l'agriculture, etc.) occasionnant des modifications des formations végétales, l'érosion de la biodiversité, la diminution des superficies, l'émission des gaz à effet de serre, etc (Kono et al.,2020). A cela, on peut y ajouter le réchauffement climatique qui est le principal problème environnemental des grands centres urbains du monde (Fiore et al., 2015).

Les études portant sur le stockage du carbone des zones humides sont d'actualité tant en zone tropicale (Chattopadhyay et al., 2017 ; Priyanka et al.,2019) que dans les régions tempérées (Bartholomé et al., 2018). Ces auteurs ont souligné que le stockage de carbone est sous la dépendance de divers facteurs clés à la fois biotiques et abiotiques et de leurs interactions. L'identification et la connaissance de ces facteurs influençant ces variations sont devenues une préoccupation majeure en écologie pour contribuer à la conservation optimale des marécages dégradés depuis plusieurs décennies (Kolka et al., 2016). Les travaux les plus récents effectués dans les zones marécageuses urbaines et péri urbaines de Yaoundé indiquent que l'allocation du carbone est sous l'influence de nombreux facteurs écologiques d'ordre abiotique (Kono et al., 2020).

Toutefois, les études portant sur la biomasse aérienne de

ces milieux en fonction des types morphologique restent peu connues dans ces milieux. Pourtant leur connaissance permettrait d'envisager des plans d'aménagement et de restauration des zones marécageuses urbaines et péri urbaines. D'où l'objectif général de cette étude qui est de déterminer la biomasse aérienne des espèces végétales des zones marécageuses de la ville de Yaoundé. Plus spécifiquement, (i) caractériser les communautés végétales des marécages de la zone urbaine ; (ii) estimer la biomasse aérienne des différentes communautés végétales identifiées ; et (iii) analyser les facteurs écologiques déterminant la biomasse végétale dans les zones marécageuses de la ville de Yaoundé.

## Matériel et Méthodes

### Milieu d'étude

L'étude a été menée dans la région du Centre, dans le département du Mfoundi, situé entre le 3°42 et 4°05 de latitude Nord et 11°17 et 11°35 de longitude Est. Elle s'est focalisée sur trois arrondissements : Yaoundé 3 (Université de Yaoundé I ou Ngoa-Ekelé), Yaoundé 4 (Tropicana, Awaie, Odza et Nkondengui) et Yaoundé 7 (Nkolbisson) (Fig.1.). La végétation dominante est une forêt dense humide semi caducifoliée (Letouzey, 1985). Cette forêt est de nos jours très dégradée à cause d'une urbanisation sans cesse croissante. Deux types de sol sont dominants : les sols ferrallitiques de terre ferme et les sols hydromorphes qui occupent les zones marécageuses.

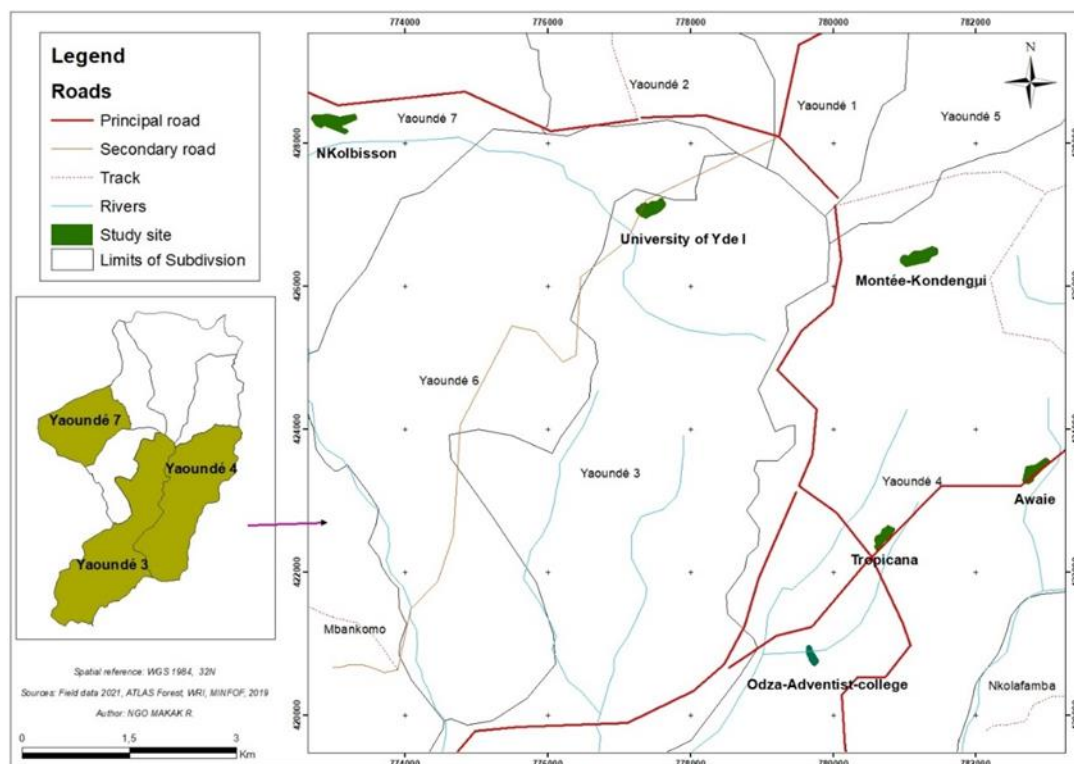


Fig.1 : Carte de localisation des sites de collecte des données.

## Collecte des données

### Dispositif d'échantillonnage

L'échantillonnage au sein des sites s'est fait pendant la période de février à avril 2021 correspondant à la grande saison sèche. La méthode du transect linéaire a été utilisée pour la collecte des données floristiques et édaphiques (Zapfack et al., 2013) (Fig.2.). Le long des transects, les quadrats de 25 m x 25 m ont été disposés afin de recenser

toutes les espèces ligneuses dhp  $\geq 10$  cm et les placettes de 10 m x 5 m ont été disposées pour les espèces dhp < 10 cm. Au total, huit (08) quadrats de 625 m<sup>2</sup> et un nombre équivalent de placettes de 50 m<sup>2</sup> ont été disposées dans chaque site suivant l'approche méthodologique de Braun-Blanquet (1932). La distance entre les placettes est de 10 m installées dans le but de faire un meilleur sondage. A l'intérieur des placettes, les carrés des récoltes (CR) de 1 m

x 1 m ont été disposés soit un total de 16 quadrats de 1 m x 1 m ont été disposés dans chaque marécage dans le but d'identifier les espèces herbacées ainsi que leur récolte. Les paramètres tels que les circonférences ont été mesurées à l'aide d'un ruban à diamètre à 1,30 cm du sol pour les espèces dhp  $\geq 10$ . Par contre, les espèces de diamètre inférieur à 10 cm ont été mesurées à 50 cm du sol (Picard et al. 2012). Les espèces identifiées in situ ou sont récoltées et conservées pour une confirmation ou une identification à l'herbier National de Yaoundé.

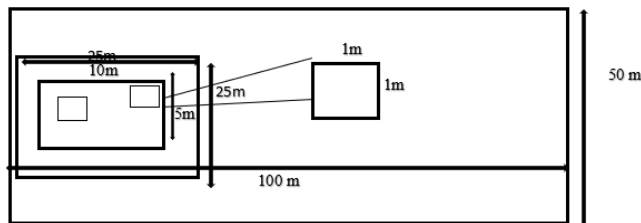


Fig.2 : Dispositif d'inventaire.

### Diversité floristique

La diversité floristique correspond au nombre d'espèces que compte une communauté ou un peuplement et tient compte des espèces rares. Dans le cadre de ce travail, le coefficient d'abondance de Braun-Blanquet a été pris en considération pour le calcul des indices de diversité. Il convient tout d'abord de transformer les coefficients d'abondance-dominance en quantité moyenne. La manière de procéder ici a été celle de Van der Maarel (1979) avec une échelle graduée de 1 à 9. Les indices de Shannon et d'équitabilité de Pielou ont été utilisés pour évaluer la biodiversité des marécages.

### Indice de diversité de Shannon-Wiener $H'$ (Shannon, 1948)

Il permet d'exprimer la diversité spécifique d'un peuplement étudié. Il est donné par la formule :

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Avec,  $N_i$  = nombre d'individu de l'espèce  $i$  dans l'échantillon (Parcelle) et  $N_s$  = nombre total d'individu des espèces dans l'échantillon.

L'indice  $H'$  est exprimé en bit et est utilisé pour apprécier l'hétérogénéité et la diversité d'un biotope.  $H'$  est minimal (égal à 0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce,  $H' < 2,5$  = diversité faible ;  $2,5 \leq H' < 4$  = diversité moyenne ;  $H' \geq 4$  = diversité élevée (Moussa et al., 2015).

### Indice d'équitabilité de Pielou

Il correspond au rapport entre la diversité observée de Shannon ( $H'$ ) et la diversité maximale ( $H_{max}$ ). Il exprime la répartition équitable des individus au sein des espèces.

$$E = H' / H_{max} = H' / \log_2 S$$

Avec,  $E$ =équitabilité de Pielou ;  $S$ =richesse spécifique ;  $H$ =indice de Shannon ;  $H_{max}$ =diversité maximale.

L'équitabilité de Pielou est faible si  $E$  est compris entre 0 et 0,6 ; moyen si  $E > 0,6$  et élevé si  $E > 0,8$ . Si  $E$  tend vers 0 alors la quasi-totalité des individus appartiennent à une seule espèce et quand  $E$  prend la valeur 1 alors toutes les espèces ont exactement le même recouvrement (Honvou et al., 2021).

### Indice de Valeur d'Importance (IVI)

Il est la somme de fréquence relative, de la densité relative

et de la dominance relative (Cottam & Curtis, 1959). Il a permis de déterminer la dominance des différentes espèces dans les marécages.

$$IVI = FR + DoR + DeR$$

Avec,  $FR$ =fréquence relative ;  $DoR$  = dominance relative ;  $DeR$  = densité relative).

Selon Reistma (1988), une espèce est écologiquement dominante lorsque  $IVI > 10$ .

### Surface terrière

La surface terrière ou surface basale d'un individu est la superficie occupée par le tronc. Elle est mesurée à 1,30 m du sol et s'exprime en  $m^2/ha$ . La surface terrière d'une espèce correspondait à la somme des surfaces terrières de tous les individus de cette espèce et les résultats sont ramenés à l'hectare. Dans cette étude, la surface terrière totale correspondait à la somme des surfaces terrières de tous les individus présents sur la surface inventoriée. Elle permet d'évaluer l'espace occupé par les arbres dans chaque site étudié. Elle se calcule à partir de la formule suivante :  $ST = \frac{\pi d^2}{4} \times FE$  Avec,  $d$  est le diamètre pris à hauteur de poitrine (1,30 m) ;  $FE$  = facteur d'expansion.

### Structure diamétrique du peuplement

Elle permet de déterminer le niveau de perturbation ou de conservation d'un biotope. Les espèces ligneuses inventoriées dans chaque milieu ont été réparties selon les classes de diamètres d'amplitude 10.

### Estimation de la biomasse

La détermination de la biomasse des communautés végétales des zones marécageuses a été faite par la méthode de quantification des biomasses en foresterie (Mamdouh, 2003 ; Bakari et al., 2007 ; Zapfack, 2005 ; Abdeslam et al., 2005 ; Fan et al., 2007 ; Perbangkhem & Polprassert, 2010). Pour obtenir la biomasse fraîche et sèche des herbacées, la méthode destructive a été utilisée. Les plantes dans les quadrats ont été récoltées. En d'autres termes, elle a consisté à récolter les organes aériens des plantes dans les quadrats, ensuite les échantillons ont été emballés dans les enveloppes A3 puis pesés sur le terrain. La biomasse sèche des herbacées est obtenue au laboratoire après le séchage à l'étuve à une température de 65 °C pendant 72 heures afin d'obtenir la masse sèche constante.

### Évaluation des stocks de carbone

Les stocks de carbone ont été déduits de la biomasse en la multipliant par la constante 0,475 établie par l'Organisation Internationale des Bois Tropicaux (OIBT).

$$CA = 0,475 * MSa$$

Avec,  $CA$  étant le stock de carbone aérien en  $t C/ha$ ,  $MSa$  est la masse de matière sèche aérienne en tonne et 0,475 est le coefficient utilisé pour la conversion de la  $MS$  aérienne en carbone.

### Choix de l'équation allométrique

La biomasse aérienne a été calculée grâce à l'équation allométrique défini par Chave et al. (2014) pour les forêts tropicales humides. Cette équation tient compte du diamètre et de la densité spécifique du bois. La base de données Global Wood Density Data base a été utilisée pour déterminer les différentes densités du bois des espèces ligneuses inventoriées. Pour les arbres ayant plusieurs densités issues des auteurs différents, la moyenne de ces

densités a été prise en considération. Quant aux espèces dont il n'existe pas les valeurs disponibles de densité, la valeur par défaut  $\rho = 0,5 \text{ g/cm}^2$  pour les forêts d'Afrique a été utilisée (Reyes et al., 1992). La préférence de cette équation est due au fait que, durant la présente étude seul le diamètre a été pris en compte. La biomasse épigée des ligneux est obtenue par l'équation allométrique développée par Chave et al. (2014) en utilisant la formule suivante :

*AGBest*

$$= \exp[-1,803 - 0,976E + 0,976 \ln(\varphi) + 2,673 \ln(D) - 0,0299(\ln(D)^2)]$$

Avec, *AGBest* = biomasse épigée (kg) ; *D* = diamètre de l'arbre (cm) ;  $\varphi$  = densité de l'arbre *E* = indice climatique.

D'autre part, l'équation allométrique développée par Djomo et Chimi (2018) tenant en compte les classes de diamètre compris entre  $1 \leq D \leq 121$  a permis d'obtenir la biomasse des individus et de déduire le carbone des ligneux de plus petits diamètres ( $d_{hp} < 10\text{cm}$ ).

$$M = \exp(-1,836 + 2,619 \ln(D) + 1,268 \ln(\rho))$$

Les valeurs des circonférences (*C*) ont été converties en diamètres suivant la formule

$$C = \pi D$$

Avec, *C* = circonférence ; *D* = diamètre à 1,30 cm du sol et  $\pi = 3,14$ .

### Facteurs écologiques déterminant la biomasse végétale

Selon Kono et al. (2020), sept (07) facteurs abiotiques déterminent la biomasse des phytocénoses des zones marécageuses urbaines et péri-urbaines de Yaoundé. Ces facteurs incluent le *pH* de l'eau, le *pH* du sol, l'hydromorphie, la pollution, la texture du sol, la profondeur de la vase et dans une moindre mesure l'anthropisation. Le choix de ces variables est basé sur les observations faites dans les marécages.

### *pH* de l'eau

Le *pH* des échantillons d'eau recueillie dans les différents sites a été déterminé au laboratoire d'hydrobiologie et environnement de l'Université de Yaoundé I à l'aide d'un multimètre de terrain de marque waterproof TESTER Humeau.

### Texture du sol et *pH* du sol

La distribution pondérale des différentes fractions texturales (sable, limon, argile) ainsi que le *pH* du sol ont été déterminés au laboratoire de IITA de Nkolbisson.

### Hydromorphie

Le degré d'hydromorphie a été déterminé à l'aide de l'échelle de Senterre (2005) et Boupoya et al. (2009). Cette échelle a permis de déterminer l'influence de l'humidité de la vase sur la végétation et le stockage du carbone.

### Anthropisation

Le degré d'anthropisation a été déterminé en utilisant la méthode de Mbarga et al. (2017) qui ont classé les marécages selon le degré de recouvrement des espèces rudérales. Si les espèces sont  $< 25 \%$  le marécage est fortement anthropisé ; si le pourcentage des espèces est compris entre  $25 \%$  et  $60 \%$  le marécage est moyennement anthropisé ; si les espèces ont un pourcentage  $> 60 \%$  le marécage est faiblement anthropisé.

### Profondeur de la vase

Les profondeurs des sols ont été mesurées à différents endroits à l'aide d'un bâton gradué de 0 à 2 m que l'on enfonce dans le sol jusqu'à ce que celui-ci ne puisse plus pénétrer et en suite les moyennes des profondeurs mesurées ont été calculées.

### Etude des corrélations entre les variables

Les corrélations ont été effectuées avec le logiciel R version 4.2.1 afin de ressortir les liens entre les variables. Le coefficient de corrélation de Pearson a été utilisé pour évaluer l'association entre les variables. Ce coefficient varie entre -1 et 1.

### Traitement numérique et analyse des données

Les données ont été traitées à l'aide du logiciel Excel 2016. Le logiciel PAST a servi pour le calcul des indices biocénotiques, le logiciel ArcGis10.2 a été utilisé pour dessiner la carte de la zone d'étude et le logiciel R 4.4.1 pour l'analyse des données.

### Résultats

#### Bilan floristique

L'étude floristique montre que la végétation des zones marécageuses de la ville de Yaoundé est dominée par les plantes rudérales. Au total, 113 espèces végétales ont été recensées réparties en 42 familles et 98 genres. La flore de ces marécages est dominée par les familles des Asteraceae et Fabaceae avec le même d'espèces (13 représentant 11,50%) suivies des Poaceae 10 espèces (8,85 %), des Euphorbiaceae (7,97%) et des Cyperaceae et Malvaceae (7,07%) (Fig.3.).

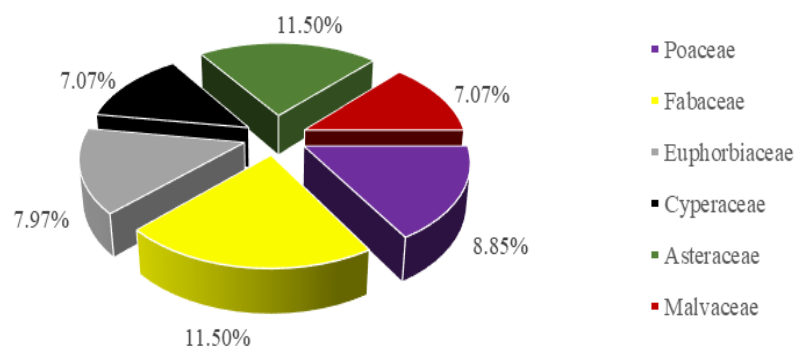


Fig.3 : Familles les plus représentées en espèces.

**Diversité des espèces dans les zones marécageuses**

Les valeurs des indices biocénétiques calculées sont globalement élevées. Il en ressort que, l'indice de Shannon est plus élevé dans le marécage d'Awaie (4,31 bit) suivi du marécage de Nkolbisson avec 4,29 bit. Quant aux marécages d'Odza, Ngoa-Ekélé, et Montée Nkondengui, les indices calculés sont similaires : 4,04 bit ; 4,1bit et 4,02 bit. L'indice d'équitabilité de Pielou est la même dans tous les sites d'étude (0,96) (Tableau 1).

**Tableau 1 :** Valeurs des indices au sein des différents sites.

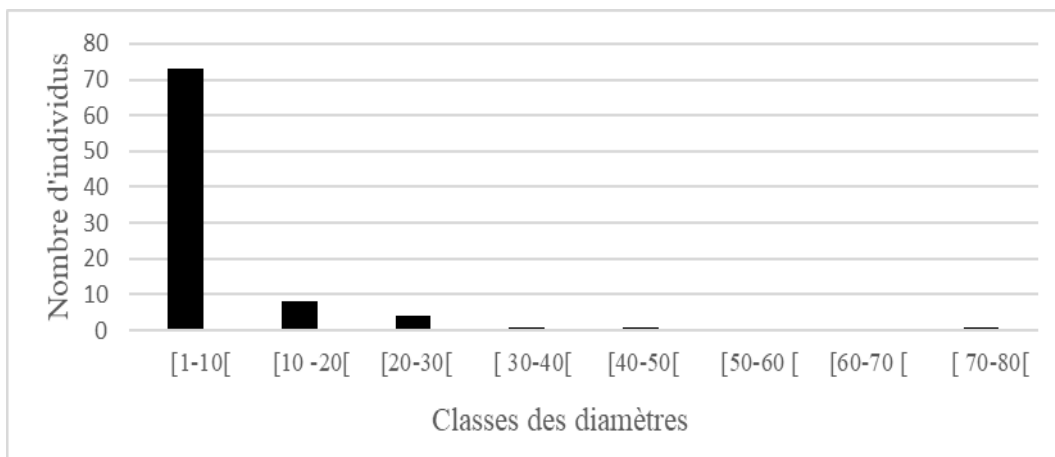
Site	RS	H'	E
Odza	50	4,043	0,965
Ngoa-Ekélé	55	4,101	0,962
Nkolbisson	57	4,279	0,968
Awaie	61	4,35	0,969
Tropicana	47	3,978	0,964
Montée Kodengui	49	4,028	0,961

**Legende :** RS : Richesse spécifique ; H' : Indice de diversité de Shannon (en bit) ; E : Equitabilité

**Caractéristiques structurales**

**Structure des arbres et arbustes en fonction des classes de diamètre**

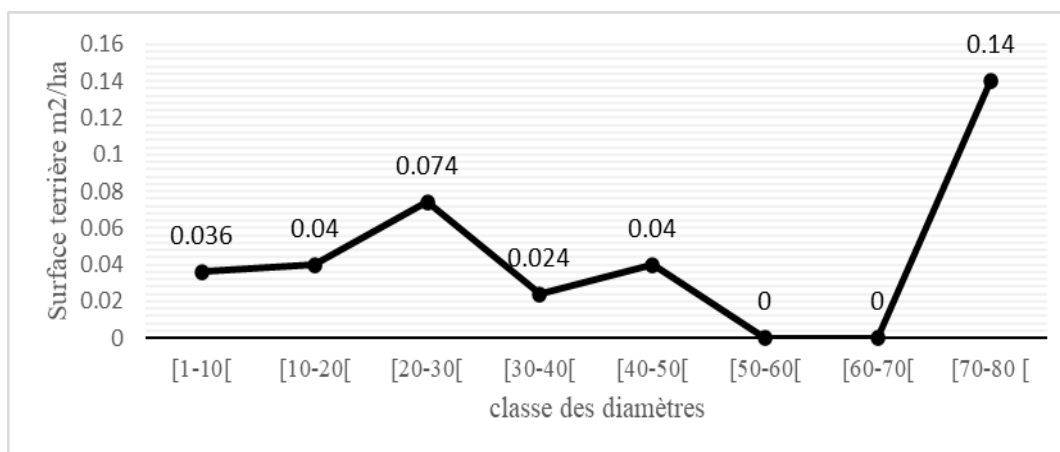
L'histogramme présente une allure en forme de L. Cette forme est caractéristique des milieux en reconstitution. Notons que dans la figure 4, le nombre d'individus des arbres décroît avec l'augmentation des classes de diamètre. La classe de diamètre [1-10[ concentre plus d'individus avec 73 individus sur les 88 inventoriés suivie de la classe de diamètre [10-20[ qui présente 07 individus, les classes des diamètres [30-40[, [40-50[ et [70-80[ enregistrent chacune un individu. Par contre, aucun individu n'est rencontré dans les classes de diamètres [50-60[ et [60-70[.



**Fig.4 :** Distribution des classes des diamètres.  
**Surface terrière**

La surface terrière de tous les arbres et arbustes mesurée au cours de l'inventaire floristique est de 0,35 m<sup>2</sup>/ha. Les individus de classe de diamètre [70-80[ ont une surface terrière plus élevée avec 0,14 m<sup>2</sup>/ha. Par contre les

individus des classes des diamètres compris entre [1-10[, [10-20[, [20-30[ et [30-40[ ont une surface terrière faible. Les classes des diamètres [50- 60[ et [60 -70[ ne sont pas représentées (Fig.5.)



**Fig.5 :** Surface terrière en m<sup>2</sup>/ha en fonction des classes des diamètres.

**Indices de valeur d'importance (IVI) d'espèces**

Pour des diamètres D < 10 les espèces *Myrianthus arboreus* et *Milletia macrophylla* du marécage d'Odza présentent la valeur la plus élevée en terme d'IVI. Par contre, dans le marécage d'Awaie c'est l'espèce *Mitragina stipulosa* qui

présente la valeur la plus élevée en terme d'IVI. S'agissant des arbres de diamètre D ≥ 10 ce sont *Mangifera indica* (Tropicana), *Amphimas ferrigineus* (Awaie), *Ficus mucosa* (Montée Kondengui) qui présentent les valeurs les plus élevées en terme d'IVI (Tableau 2).

**Tableau 2 :** Abondance des espèces basée sur l'indice de valeur d'importance (IVI).

<b>D &lt; 10</b>					
Site	Espèces	FeR	DeR	DoR	IVI
Odza	Mitragyna stipulosa	20	30	29,08	79,08
	Desbordia oblonga	20	10	27,53	57,53
	Morinda lucida	20	10	38,52	68,52
Ngoa-Ekélé	Alchornea cordifolia	14,28	50	22,49	86,77
	Ficus mucoso	14,28	6,25	15,27	35,81
	Mitragyna stipulosa	14,28	18,75	47,95	80,98
Tropicana	Mitragyna stipulosa	25	27,273	31,32	83,59
	Mangifera indica	25	9,091	46,60	80,69
	Alchornea cordifolia	25	54,545	16,59	96,14
NKolbisson	Mitragyna stipulosa	10	35,71	49,12	94,84
	Hevea brasiliensis	10	7,143	14,90	32,04
	persea americana	10	7,143	14,14	31,28
Awaie	Mitragyna stipulosa	14,28	40	48,27	102,56
	Trema orientalis	14,28	10	13,59	37,88
	Desbordia oblonga	14,28	10	20,07	44,35
Nkondengui	Myrianthus arboreus	50	50	96,32	196,32
	Millettia macrophylla	50	50	3,67	103,67
<b>D ≥ 10</b>					
Odza	Morinda lucida	25	40	8,35	73,35
	Sterculia rhinopetala	25	20	29,31	74,31
	Pterocarpus soyauxii	25	20	34,93	79,93
Ngoa-Ekélé	Mangifera indica	50	66,667	9,53	126,2
	Triplochiton scleroxylon	50	33,333	90,46	173,8
Tropicana	Mangifera indica	100	100	100	300
NKolbisson	Mangifera indica	50	50	57,23	157,23
	Dacryodes edulis	50	50	42,76	142,76
Awaie	Amphimas ferrigineus	100	100	100	300
Nkondengui	Ficus mucoso	100	100	100	300

**Stock de carbone aérien dans les marécages**

Les moyennes des stocks de carbone des herbacées et celui des ligneux varient considérablement d'un marécage à l'autre. Le test de Kruskal-Wallis a pu révéler d'une part des différences très significatives entre les stocks de

carbone des différents marécages. Les stocks de carbone des herbacées connaissent des différences très significatives ( $p$ -value = 0,0023) et d'autre part, une différence significative entre les stocks de carbone des ligneux ( $p$ -value = 0,0311) (Tableau 3).

**Tableau 3 :** Stock de carbone des espèces herbacées et ligneuses.

Zone marécageuse	Herbacées		Ligneux		
	Biomasse t/ha	Stock t C/ha	Nombre d'individus	Biomasse t/ha	Stock tC/ha
Odza	0,077	0,036	16	1,470	0,691
Ngoa-Ekélé	0,284	0,135	19	0,348	0,164
NKolbisson	0,244	0,116	17	0,138	0,065
Awaie	0,173	0,082	14	3,229	1,518
Tropicana	0,351	0,167	15	0,123	0,058
Kondengui	0,252	0,119	7	5,922	0,289
Total	1,381	0,655	88	5,922	2,785

**Influence de la distribution diamétrique sur le stockage de carbone**

Les résultats portant sur l'influence de la distribution diamétrique sur l'estimation des stocks de carbone au niveau des différents marécages sont présentés dans le Tableau 4. Il en ressort que, les espèces de DHP  $\geq 10$  cm

stockent plus de carbone avec un total de 2,525 t C/ha. Par contre les individus de classe de diamètre inférieur à 10 cm stockent moins de carbone avec 0,253 t C/ha. Le stock de carbone ligneux est plus élevé dans le marécage d'Awaie (1,518 tC /ha) et plus faible dans les marécages Tropicana (0,058 tC /ha) et de Nkolbisson (0,065 tC/ha).

Sites	Classe des diamètres		Total
	t C /ha		
	D < 10	D ≥ 10	
Odza	0,021	0,67	0,691
Ngoa-Ekélé	0,007	0,157	0,164
Nkolbisson	0,019	0,046	0,065
Awaie	0,082	1,429	1,518
Tropicana	0,009	0,049	0,058
Montée Nkondengui	0,115	0,174	0,289
Total	0,253	2,525	2,785

**Tableau 4 :** Contribution des classes de dhp (cm) des arbres vivants au stockage de carbone.

### Distribution des stocks de carbone en fonction des familles.

L'analyse statistique faite avec le test de Kruskal-Wallis ne révèle pas de différence significative entre les stocks de carbone séquestrés par chaque famille ( $p$ -value  $> 0,05$ ). L'analyse révèle que dans les marécages d'Odza et

d'Awaie les Irvingiaceae séquestrent plus de carbone (1,53 tC /ha et 1,737 tC/ha), tandis que dans le marécage Montée Kondengui, ce sont les Urticaceae qui séquestrent le plus de carbone avec 1,816 tC /ha. Le stockage marginal est observé chez les Clusiaceae à Nkolbisson avec 0,705 tC /ha. (Tableau 5).

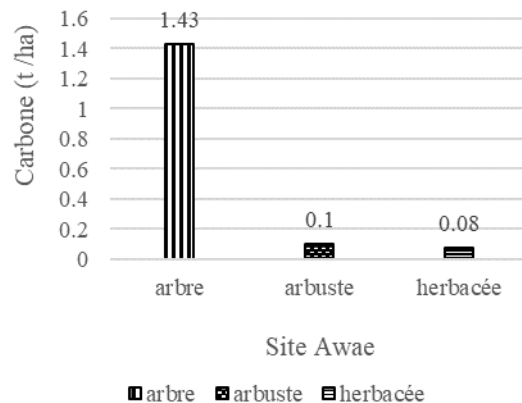
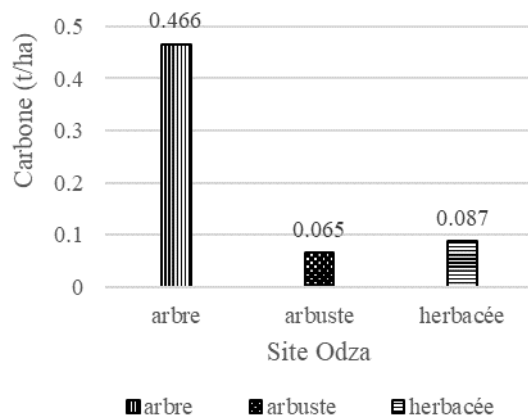
**Tableau 5 :** Stocks de carbone séquestrés dans les différents marécages en fonction des familles.

Famille	Odza	Ngoa-Ekélé	Nkolbisson	Awaie	Tropicana	Montée	Nkondengui
	tC /ha						
Moraceae	-	0,292	0,087	-	-	-	0,174
Euphorbiaceae	0,022	0,05	0,232	0,789	0,5	-	-
Urticaceae	-	-	-	0,376	-	-	1,816
Cannabaceae	-	-	-	0,894	-	-	-
Fabaceae	0,389	0,021	0,063	0,72	-	-	0,025
Rubiaceae	0,279	0,404	0,249	0,663	0,175	-	-
Hypericaceae	-	-	-	0,102	-	-	-
Irvingiaceae	1,53	-	-	1,737	-	-	-
Piperaceae	-	0,113	0,055	-	-	-	-
Malvaceae	0,67	2,158	-	-	-	-	-
clusiaceae	-	-	0,705	-	-	-	-
Lauraceae	-	-	0,573	-	-	-	-
Burseraceae	-	-	0,037	-	-	-	-
Anacardiaceae	-	0,145	-	-	0,868	-	-
Boraginaceae	-	0,06	-	-	-	-	-

### Distribution des stocks de carbone par types morphologiques

Le test de Kruskal-wallis a révélé qu'il y'a pas de différence significative entre le marécage d'Odza ( $p$ -value = 0,036), Awaie ( $p$ -value = 0,247) et Kondengui ( $p$ -value = 0,702). Dans ces marécages, les stocks de carbone des arbres sont plus élevés par rapport aux stocks de carbone des herbacées et des arbustes. En ce qui concerne les marécages de Nkolbisson, de Ngoa-ékélé et de Tropicana

on enregistre des différences significatives ( $p$ -value  $< 0,05$ ). Les stocks de carbone des arbres, arbustes et herbacées varient selon les marécages. Dans les marécages de Tropicana et de Nkolbisson, les stocks de carbone des herbacées sont élevés par rapport aux stocks de carbone des arbres et des arbustes. Quant aux marécages de Ngoa-ékélé, le stock de carbone des arbres est de 1,528 tC/ha suivi des herbacées avec 0,133tC /ha et les arbustes avec 0,016 tC/ha (Fig.6.).



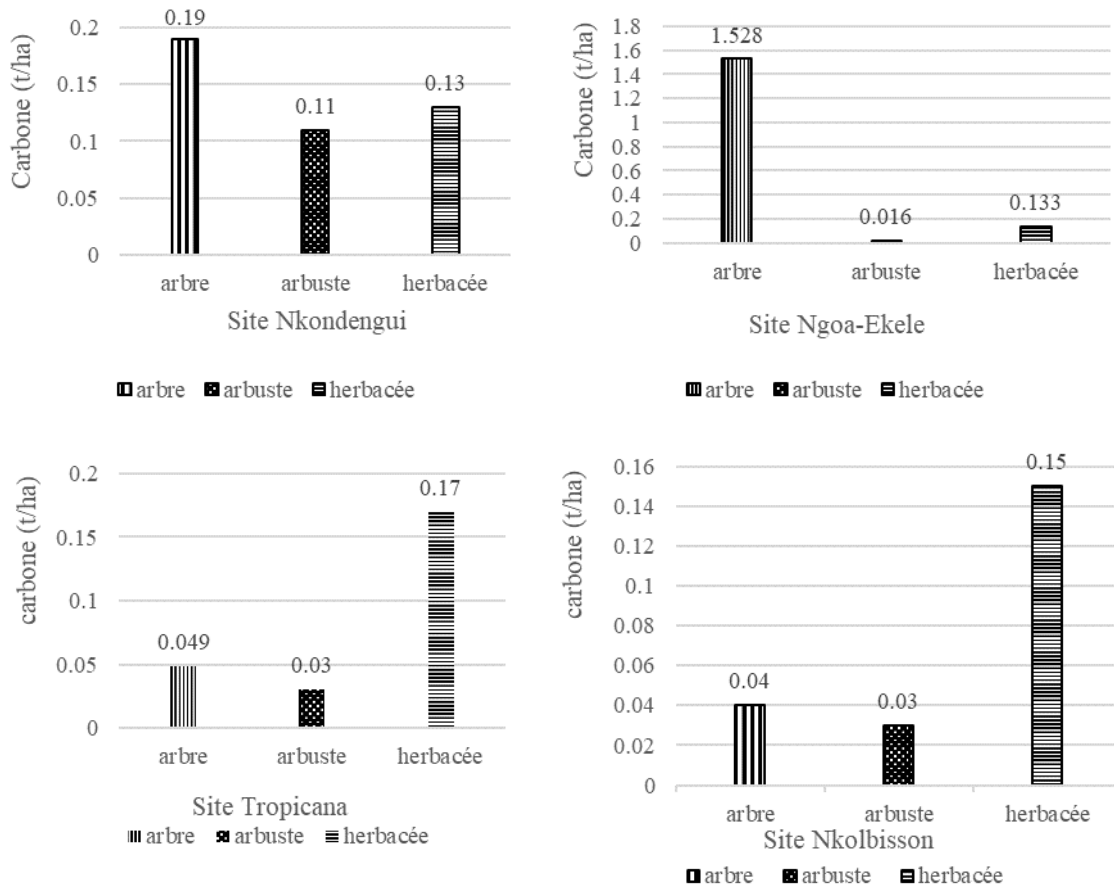


Fig.6 : Stocks de carbone en fonction des types morphologiques.

**Variables explicatives de la biomasse aérienne**

Les facteurs biotopiques varient selon les zones marécageuses dans la ville de Yaoundé. La superficie du marécage de Nkolbisson présente la plus grande superficie (5,9 ha) suivie de Montée Kondengui (4,85 ha). Le pH de

sol légèrement alcalin est retrouvé à Tropicana avec 7,76 tandis que le sol le plus acide est celui de Ngoa-Ekéle avec 4,75. L’analyse granulométrique des sols a révélé que le sol de Nkolbisson a une texture équilibrée (56,89 % de sable 31,40 % d’argile et 11,71 % de limon) (Tableau 6).

Tableau 6 : Distribution des facteurs environnementaux dans les différents sites.

Facteurs biotopiques	Odza	Ngoa-Ekéle	Nkolbisson	Awaie	Tropicana	Nkodengui
Superficie (ha)	1,06	2,85	5,91	3,19	2,04	4,85
Profondeur vase(m)	0,87	0,5	0,54	0,51	0,97	0,62
pH eau	5,13	5,43	6,85	4,08	6,77	5,1
pH du sol	4,97=très fortement acide	4,73=très fortement acide	6= moyennement acide	5,58=fortement acide	7,76=légèrement alcalin	5,54=fortement acide
Texture du sol	Argilo-sableux	Argileuse	Équilibrée	Argileuse	Limono-sableux	Argileuse
Anthropisation	++	++	++	++	++	++
Pollution	2	2	3	3	3	3
Hydromorphie	Très fort	Moyenne	Moyenne	Très forte	Très forte	Forte

+ = faiblement anthropisé ; ++= marécage moyennement anthropisé ; +++ = fortement anthropisé

**Liens entre facteurs biotopiques et stock de carbone**

Les corrélations entre le stock de carbone et limon ainsi que l’argile et le stock de carbone sont fortes et positives mais elles ne sont pas significatives (p-value > 0,005). Par contre, les corrélations entre les stocks de carbone et

pHeau, pHsol et stock de carbone, profondeur et le stock de carbone, sable et le stock de carbone, la superficie et le stock de carbone sont fortement négatives mais ne sont pas significatives (p-value > 0,005) (Tableau 7).

Tableau 7 : Matrice de corrélation entre les différents facteurs biotopiques.

Variabes	Argile	Limon	pHeau	pHsol	Profondeur	Sable	Superficie	tC/ha
Argile	<b>1</b>							
Limon	0,4052	<b>1</b>						
pHeau	-0,8632	-0,2553	<b>1</b>					



pHsol	-0,8311	-0,4324	0,6106	<b>1</b>				
Profondeur	-0,6155	-0,6403	0,3123	0,5583	<b>1</b>			
Sable	-0,9844	-0,5599	0,8315	0,8366	0,6812	<b>1</b>		
Superficie	0,0891	0,1554	0,3067	0,0467	-0,6304	-0,1107	<b>1</b>	
tC.ha	0,0901	0,1554	-0,1240	-0,0609	-0,0404	-0,0825	-0,0481	<b>1</b>

### Discrimination des facteurs biotopique

L'analyse en composante principale (ACP) synthétise les informations issues des différents marécages (Fig.7.). Dans cette étude, les axes de l'ACP montrent une contribution totale de 71,55 %. L'axe 1 (40,74 %) semble évoqué le gradient croissant des variables telles que la texture équilibrée, hydromorphie très forte, texture limono-sableuse, texture argilo-sableuse. Dans ce cercle de corrélation, l'axe 1 est lié positivement aux pH eau, pH sol

et la profondeur mais négatif au stock de carbone. L'axe 2 (30,81 %) est lié positivement à la superficie et négative au stock de carbone et la profondeur de la vase. Ainsi, le positionnement de la variable telle que la texture argileuse montre qu'elle est corrélée positivement aux stocks de carbone. Par contre, les variables telles que : la texture équilibrée ; hydromorphie très forte ; la texture argilo-sableuse ; hydromorphie forte et moyenne ne sont pas corrélées aux stocks de carbone.

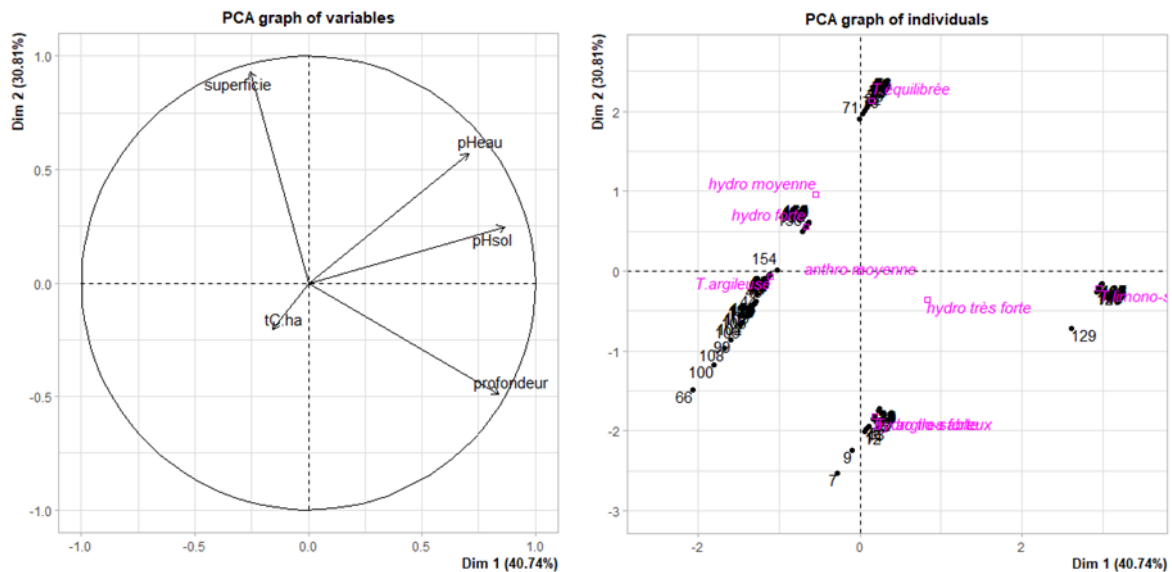


Fig.7 : ACP appliquée aux variables quantitatives et qualitatives influençant les stocks de carbone dans les marécages.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus mettent en évidence la nécessité de rediscuter de l'importance en termes de diversité floristique des groupements végétaux des zones marécageuses de la ville de Yaoundé, afin d'éviter la perte de ce haut potentiel de biodiversité comme le rappelle les objectifs de développement durable.

### Discussion

#### Composition floristique et caractéristiques structurales

Il en ressort que la végétation de ces zones marécageuses est composée majoritairement des plantes rudérales qui peut s'expliquer par l'anthropisation. Le total de 113 espèces végétales réparties en 42 familles et 98 genres recensés dans les sites étudiés reste inférieur à celui obtenu par Abrou et al. (2019) qui ont travaillé dans la forêt de marais au sud de la Côte d'Ivoire qui ont recensé 568 espèces 352 genres et 100 familles. Du point de vue floristique, les familles les plus représentées dans cette étude sont les Asteraceae et Fabaceae (13 espèces), Poaceae (10 espèces), Euphorbiaceae (09 espèces), les Malvaceae et Cyperaceae (08 espèces) sont différentes de la prédominance des Cyperaceae (33 espèces) obtenus par Mbarga et al. (2014) dans la ville de Yaoundé et ses environs. L'indice de diversité de Shannon et l'indice de Pielou sont élevés cela indiquerait une bonne diversité et une équirépartition des individus au sein des marécages. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Honvou et al. (2021) qui ont travaillé sur la diversité floristique,

structure et distribution des groupements végétaux des parcours d'accueil des transhumants dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé au Bénin où leurs indices de Shannon ont varié de 3,35 à 4,39 bits et l'équitabilité de Pielou de 0,55 à 0,67. Cette forte diversité fait des marécages l'un des milieux les plus diversifiés des zones humides (Anonyme, 2012). Cela proviendrait des conditions biotopiques favorables au développement et à la diversification des peuplements végétaux (Kono, 2015). L'analyse de la structure des arbres en fonction des classes de diamètres et du nombre d'individu montre une structure en forme de « L », caractéristique des forêts à bonne régénération. Ce résultat est similaire à celui obtenu par Mbarga et al.,(2017) lors de l'étude sur l'impact de l'anthropisation sur les caractéristiques structurales et écologiques des peuplements ligneux des marécages de Yaoundé et ses environs rappelant des peuplements naturels stables en densité, assurant leur auto régénération et leur maintenance. Ainsi, le nombre élevé des individus de la classe de diamètre [1-10] révèle que, ces milieux sont marqués par les activités anthropiques à faible incidence sur les espèces de petits diamètres, le regard étant porté sur les gros diamètres.

#### Distribution des stocks de carbone dans les marécages

La quantité totale des stocks de carbone dans les marécages s'estime à 3,44 t C /ha. Les ligneux stockent 2,785t C/ha et les herbacées 0,655t C/ha. Ce stock élevé de carbone des

ligneux pourrait s'expliquer par la variabilité des paramètres de structure (densité, diamètre et surface terrière) et des conditions du milieu. Les stocks de carbone obtenus dans la végétation herbacée sont statistiquement comparables à ceux de Kono et al (2020). Ces auteurs attribuent les stocks de carbone élevés dans les marécages à *Cyrtosperma senegalense* au degré de couverture du milieu par la végétation. En ce qui concerne les stocks de carbone en fonction des familles, les Irvingiaceae stockent plus de carbone par rapport aux autres familles dans des marécages avec 3,267 t C/ha suivies des Malvaceae (2,828t C/ha) et des Urticaceae (2,192 t C/ha), cela pourrait se justifier par l'abondance des espèces des grands diamètres appartenant à ces familles. Quant aux types morphologiques, les arbres stockent plus de carbone (0,466 t C/ha, 1,43 t C/ha, 0,19 t C/ha, 1,528 t C/ha) par rapport aux arbustes et les herbacées. Cela peut s'expliquer par la présence considérable des espèces d'arbres au sein des sites. Par contre, dans les marécages de Tropicana et de Nkolbisson, où seules les herbacées sont présents avec quelques brindilles de ligneux à la faveur de densité des herbacées, le stockage n'a pu être fait que par ce type morphologique. Cela pourrait également s'expliquer par les coupes des ligneux dans ces marécages pour l'implantation des champs vivriers.

#### Influence des variables environnementales

Dans les marécages, la quantité des stocks de carbone est expliquée par les facteurs biotopiques tels que : texture limoneuse et argileuse ainsi que la faible anthropisation. Ces facteurs contribuent pour une grande part aux stocks élevés de carbone de Ngoa-Ekelé, Tropicana et Nkolbisson. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Kono et al. (2020). Dans le présent contexte, ce résultat indique qu'au vue de l'intensification des activités anthropiques que subissent les zones humides de la ville de Yaoundé, il est indispensable que des systèmes de modélisation et de conservation de la biodiversité soient mis en place, afin d'éviter la perte de ce fort potentiel de biodiversité comme le rappellent les objectifs de développement durable.

#### Conclusion

La présente étude avait pour objectif d'estimer la biomasse aérienne des communautés végétales des zones marécageuses de la ville de Yaoundé. Elle a permis de caractériser la flore des marécages et d'estimer le stock de carbone aérien des communautés végétales. Cette flore est composée de 113 espèces, 42 familles, et 98 genres. La famille des Asteraceae a été la plus représentée avec 13 espèces. Les indices de diversité calculés sont plus élevés dans le marécage d'Awaie (4,35 bit) et moyen dans le marécage d'Odza (3,97 bit). D'une part, les résultats portant sur la structure diamétrique ont montré une remarquable régénération des espèces de la classe de diamètre [1 10]. L'étude a permis une meilleure connaissance sur les facteurs biotopiques ayant une influence sur le stock de carbone dans les marécages. Elle a aussi mis en évidence la variabilité des stocks de carbone dans les marécages. Il en ressort que chez les herbacées, le marécage de Tropicana stocke plus de carbone tandis que les ligneux, le marécage de la Montée Kondengui en stocke. D'autre part, l'étude a montré l'existence des corrélations entre le stock de carbone et les facteurs biotopiques, les variables telles que limon, texture

argileuse, et la moyenne anthropisation ont positivement une influence sur les stocks de carbone dans les marécages.

#### References

1. Abdeslam E., Mohammed A., 2005. Diversité floristique et production de biomasse des macrophytes des marais de Smir. Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, série générale, n°4, 17-25.
2. Anonyme., 2012. Les forêts du Bassin du Congo. Etat des forêts 2010. Luxembourg : Office des publications de l'Union européenne. 274 p.
3. Anonyme., 2012. Zone humides : capitals pour la biodiversité. Société nationale d'horticulture. France, 26p.
4. Bakari M., Takashi A., Yustina K., Ayubu E., 2007. Primary production in Papyrus (*Cyperus papyrus* L.) of Rubondo Island, Lake Victoria, Tanzania. *Wetlands Ecol. Manage* 15: 269-275.
5. Bartholomé O., Grigulis K., Colace M.P., Arnoldi C., Lavorel S., 2018. Methodological uncertainties in estimating carbon storage in temperate forests and grassland. *Ecological Indicators*, 95: 331 – 342
6. Bernal B., Mitsch W.J., 2008. A comparison of soil carbon pools and profiles in wetlands in Costa Rica and Ohio. *Eco.Engi.*, 34(4): 311–323.
7. Bonan. G., 2008. Forest and climate Change Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Sci.*, 320(5882) :1444-1449.
8. Braun-Blanquet, J., 1932. Plant sociology, the study of plant community. mcgraw hill Book, new york.
9. Chave J., Réjou-Méchain M., Burquez A., Chidumayo E., Colgan M. S., Delitti W. B. C., Dudque A., Eid, T., Fearnside P. M., Goodman R. C., Henry M., Martinez-Yrizar A., Mugasha W. A., Muller –Landau H. C., Mencuccini M., Nelson B. W., Ngomanda A., Nogueira E. M., OrtizMalavassi E., Pélissier R., Ploton P., Ryan C. M., Saldarriaga J. G., Vieilledent G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20 : 3177–3190.
10. Chimi D. C., 2018. Equations allométriques et estimation de la biomasse forestière dans les forêts denses tropicales de la Région de l'Est Cameroun. Doctorat PhD, Université de Yaoundé I, 145 p.
11. Egnankou WM., 2015. Flore et végétation des zones humides sud-Est de la Côte-d'Ivoire : problème pollution et méthode de lutte contre les végétations aquatiques envahissantes (VAE). Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles (Botanique), Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire 125p
12. Fan J. W., Zhong H. P., Harris W., Yu G. R., Wang S. Q., Hu Z. M., Yue Y. Z., 2008. Carbon storage in the grasslands of China based on field measurements of above- and below-ground biomass. *Climatic Change* 86:375–396.
13. Fiore M.A., Naik V., Leibensperger E., 2015. Air quality and climate connections. *J. Air Waste Manag. Assoc*, 65 (6):645 – 685.
14. Kolka R.K., Murdiyarso D., Kauffman J.B., Birdsey R.A., 2016. Tropical wetlands, climate, and land-use change: adaptation and mitigation opportunities. *Wet. Ecol Manage* 24 : 107 – 112.
15. Kolka R.K., Murdiyarso D., Kauffman J.B., Birdsey R.A., 2016. Tropical wetlands, climate, and land-use change: adaptation and mitigation opportunities. *Wet Ecol Manage* 24:107–112.

16. Kono L. D., 2015. Dynamique du carbone dans les communautés marécageuses à *Cyperus papyrus* (Cyperaceae) de la ville de Yaoundé et ses environs. Docteur / Ph.D., Université de Yaoundé I, 220p.
17. Kono L.M., Essono D.M., Ambombo M.E., Mbarga bindzi M.A., Biye E, H., 2020. Influence des facteurs biotopiques sur stock de carbone des marécages a herbacées de la ville de Yaoundé (Cameroun) et ses environs. A.S., 16 (6) :1-13.
18. Letouzey R., 1985. Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1 : 500 000. Domaine de la forêt dense semi caducifoliée. Inst. Carte Internat. Végétation, Toulouse, France.
19. Levison J., Larocque M., Fournier V., Gagné S., Pellerin S., Ouellet M., 2013. Dynamics of a headwater system and peatland under current conditions and with climate change. Hyd. Pro., 28(17).
20. Mamdouh S., Serag., 2003. Ecology and biomass production of *Cyperus papyrus* L. on the Nile ban kat Damietta, Egypt. Journal of Mediterranean Ecology vol.4, No.3-4: 15-24
21. Mbarga Bindzi M.A., Ende. P.P., Kono L.D., Zenkeng J.C., 2017. Impact de l'anthropisation sur les caractéristiques structurales et écologiques des peuplements ligneux des marécages de la ville de Yaoundé et ses environs (Cameroun). CJBBS., (25) :33-44.
22. Mbarga Bindzi M.A., Kono L. D., Biyé E.H., Angoni H., H. G. H. and Endanga H.G.H., 2014. Diversity and ecology of ruderals *Cyperaceae* of Yaounde and its surroundings. Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences., 22: 01-09.
23. Mitsch, W.J., Bernal, B. Nahlik, A.M., Mander, U., Li Zhang, C.J.A., Jorgensen, S.E., Brix, H. (2012). Wetlands, carbon, and climate change. Landsc. Ecol.: 1-15.
24. Moussa M., Mahamane L., Saadou M., 2015. Caractérisation des peuplements ligneux des parcs à *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. et à *Prosopis africana* (Guill., Perrot et Rich.) Taub. du Centre-Sud Nigérien. Journal of Applied Biosciences, 94 : 8890 – 8906.
25. N'Gouan ABROU J.E., Kouamé D., Adou Yao C.Y., 2019. Diversité floristique des communautés végétales dans l'espace de la Forêt des Marais Tanoé-Ehy (FMTE), Sud-est de la Côte d'Ivoire. Int. J. Biol. Chem. Sci. 13(6): 2874-2887.
26. N'Gouan abrou. J.E., Djaha K., C.Y. Adou Yao., 2019. Diversité floristique des communautés végétales dans l'espace de la Forêt des Marais Tanoé-Ehy (FMTE), Sud-est de la Côte d'Ivoire. Int. J. Biol. Chem. Sci., 13 (6) : 2874-2887.
27. Onana J.M., 2018. Cartographie des écosystèmes du Cameroun. Int. Biol.Sci., 12(2) :940-957.
28. Onvoh S. H. S., Boya A.A., Sewade C., Teka O., Gandonou B.C., Madjidou O., Sinsin B., 2021. Diversité floristique, structure et distribution des groupements végétaux des parcours d'accueil des transhumants dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci., 15(1): 81-96.
29. Paul Kodji P., Tchobsala., Ibrahima A., 2021. Impacts des réfugiés sur la spécifique et le stock de carbone des herbacées de la savane de Minawao (Cameroun). J. Appl. Biosci, 164 : 16970 – 16982.
30. Perbangkhem T., Polprassert C., 2010. Biomass production of *papyrus* (*Cyperus papyrus*) in constructed wetland treating low-strength domestic wastewater. Bioresource Technology, 101 (2): 833-835
31. Picard N., Saint-André L., Henry M., 2012. Manuel de construction d'équations allométriques pour l'estimation du volume et la biomasse des arbres: de la mesure de terrain à la prédiction. CIRAD, FAO, Rome, Montpellier, 207p.
32. Priyanka S., Tapati D., Dibyendu A., 2019. Variation in species assemblages due to microtopography and flow regime govern vegetation carbon stock in seasonal floodplain wetlands. Ecological processes, 8: 1 – 15
33. Reitsma J. M., 1988. Forest vegetation of Gabon. The Tropenbos Foundation, Libreville, Gabon, 415 p.
34. Reyes G., Brown S., Chapman J., Lugo A., 1992. Ood denities of tropical tree species Gen Tech. Rep. SO-88New Orleans, LA :U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 15p
35. S. PAL, B. Chattopadhyay, S. Datta and S. K. Mukhopadhyay., 2017. Potential of Wetland Macrophytes to Sequester Carbon and Assessment of Seasonal Carbon Input into the East Kolkata Wetland Ecosystem. Springer, 0885-5
36. Senterre, B. (2005). Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la
37. phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale. Thèse de doctorat. Université
38. Libre de Bruxelles.
39. Sukhdev P., Prabhu R., Kumar P., Bassi A., Patwa-Shah W., Enters T., Labbate G., and
40. Greenwalt J., 2012. UN-REDD Policy Brief: REDD+ and the Green Economy:
41. Opportunities for a mutually supportive relationship. Tech. rept. UN-REDD Program.
42. 83 p.
43. Wasseige C., De Marcken P., Bayol N., Hiol Hiol F., Mayaux Ph., Desclée B., Nasi R., Billand Defourny A. P., Eba'a Atyi R., 2012. Les forêts du bassin du Congo. Etat des forêts 2010. Luxembourg. 274 p.
44. Zapfack L., 2005. Impact de l'agriculture itinérante sur brulis sur la biodiversité végétale et la séquestration du carbone. Doctorat d'Etat. Univ. de Yaoundé I. 225 p.
45. Zapfack L., Noiha, Noumi, V., Dziedzou, Kwouossu, P. J., Zemagho, L., Fomete Nembot T., 2013. Deforestation and Carbon Stocks in the Surroundings of Lobéké National Park (Cameroun) in the Congo Basin. Environment and Natural Resources Research., 3(2): 78-86.