



Quantification du carbone stocké par les espèces arboricoles des terrains institutionnels de la ville de Goma, République démocratique du Congo

Mapendo Ruhambuzo B. *, Shabani Ekyamba

Département de Conservation et Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, Domaine des Sciences et Technologies, Université de Goma

*Auteur correspondant: benjaminmapendo97@gmail.com

Article info: reçu: 30 juillet 2025, accepté: 31 décembre 2025, publié: 06 janvier 2026

Résumé : Le défi climatique de notre époque oblige de mettre sur pied de nouvelles approches d'appréhension et de gestion des écosystèmes dans toute leur diversité.

C'est dans un tel contexte que s'inscrit la présente étude. Elle vise à évaluer la contribution de deux des espaces verts de la ville de Goma (CBCA-Himbi et Lycée Amani) à la réduction du réchauffement climatique planétaire en passant par l'analyse de leurs diversités floristiques et le stock de carbone sur pied. Des inventaires floristiques incluant la mesure des circonférences des arbres ont été réalisés. Les valeurs de circonférence ont été converties en diamètres. Les résultats révèlent une diversité floristique de 2426 individus d'arbres de 74 espèces réparties dans 33 familles. Le calcul de biomasse a été réalisé à l'aide des équations allométriques générales adaptées aux forêts urbaines. Les quantités de carbone et de CO₂ accumulées dans les espèces arboricoles des deux sites ont également été estimées. Avons-nous ainsi trouvé 279,82 et 228,49 tonnes de CO₂ emmagasinées dans les arbres de deux sites étudiés : CBCA-Himbi et le Lycée Amani respectivement.

Ces quantités s'avèrent importantes et démontrent l'intérêt de susciter davantage de considération pour le citoyen à accroître le couvert végétal dans cette ville volcanique.

Mots clés : pollution atmosphérique, gaz à effet de serre, arbre

Abstract: The climate challenge of our time requires the development of new approaches to understanding and managing ecosystems in all their diversity. This study is part of this context. It aims to assess the contribution of two of the green spaces in the city of Goma (CBCA-Himbi and Lycée Amani) to reducing global warming by analyzing their floristic diversity and standing carbon stock. Floristic inventories including measurement of tree circumferences were carried out. The circumference values were converted into diameters. The results reveal a floristic diversity of 2,426 tree individuals of 74 species distributed in 33 families. The biomass calculation was carried out using general allometric equations adapted to urban forests. The quantities of carbon and CO₂ accumulated in the tree species of the two sites were also estimated. We thus found 279.82 and 228.49 tons of CO₂ stored in the trees of two sites studied: CBCA-Himbi and the Amani High School respectively. These quantities are significant and demonstrate the interest of arousing more consideration for the city dwellers to increase the plant cover in this volcanic city.

Key words: atmospheric pollution, greenhouse gas, tree



1. Introduction

De nombreuses recherches au cours de dernières décennies, notamment menées par le Groupe Intergouvernemental des Experts sur le Climat (GIEC), ont montré que depuis la deuxième moitié du 20^{ème} siècle, le monde connaît un réchauffement planétaire sans précédent (Liborio, 2017) dû à l'accroissement de la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère (Bah, 2022). A la surface terrestre, le climat global montre une élévation progressive de la température moyenne depuis des dizaines d'années soit plus de 0,6°C à partir de la dernière révolution industrielle (Renard, 2014).

L'origine des gaz à effet de serre en augmentation dans l'atmosphère est essentiellement anthropique (Molto, 2012). L'un des principaux GES responsables du changement climatique et qui est le plus produit est le CO₂ (Yusufu, 2014 ; Bah, 2022 ; Dembele et al., 2023). Suivant un ordre de contribution décroissant, tel que repris sur la figure 1, ce dioxyde de carbone résulte des activités humaines telles que l'industrie manufacturière, l'agriculture, la construction des bâtiments, le transport, l'industrie énergétique et la gestion des déchets.

Secteurs d'émissions en CO₂ dans le monde

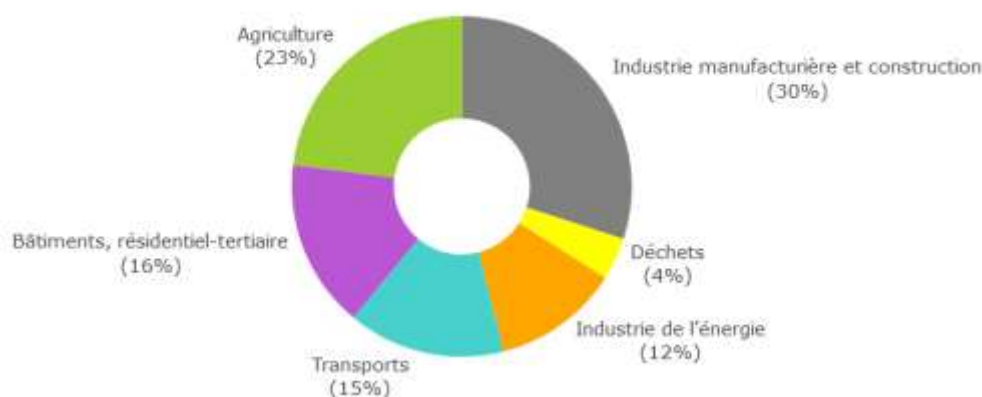


Figure 1: Secteurs d'émissions des gaz à effet de serre (CO₂) dans le monde
(<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>)

Des transformations climatiques tant à l'échelle régionale qu'à l'échelle mondiale sont prédites (Renard, 2014 ; Yusufu, 2014) : sécheresse et désertification, hausse du niveau marin suite à la fonte de la calotte glaciaire et la dilatation des océans, multiplications de graves maladies, hausse de la fréquence des catastrophes naturelles, etc. En se référant aux érosions des terrains ayant meurtri, le 24^{ème} jour du mois de mai 2023, nombreuses familles humaines dans le territoire de Kalehe en province du Sud-kivu, tels sont entre autres des phénomènes auxquels la RDC est particulièrement exposée.



Les perturbations climatiques provoquent des conséquences dangereuses sur le maintien de la biodiversité et plus particulièrement sur les populations humaines ; la pollution de l'air atmosphérique affectant directement la qualité de l'air pour la respiration. En 2008, l'OMS a estimé à 1,3 millions de décès annuels liés à la pollution atmosphérique dans le monde dont 8 200 en Afrique subsaharienne (Acclombessi, 2018).

Faye et al (2019) attestent que le changement climatique déjà en cours a amplifié la dégradation des terres et la sécurité alimentaire à l'échelle globale.

Pour essayer de remédier aux effets de ce dernier, un mécanisme des nations unies, le Protocole de Kyoto a été signé par plusieurs de leurs Etats membres en 1997. Il envisageait que l'émission des gaz à effet de serre devrait être réduite de deux manières : en augmentant les puits de carbone et en réduisant le taux d'émission de celui-ci (FAO, 2012).

Dans le même angle d'idées, lors de la COP 21 tenue à Paris en 2015, il a été ratifié un accord visant à réduire les émissions des GES en 2050 par rapport à celles de 1990, avec des objectifs fixés (pour les Etats) de réduire les émissions du dioxyde de carbone (CO₂) de 50% à partir notamment du développement et de l'extension, pourquoi pas de l'aménagement des puits naturels de carbone (Liborio, 2017). Ici, il a aussi été question de signer un accord international sur le climat fixant comme but la limitation du réchauffement planétaire entre 1,5 et 2°C d'ici l'an 2100 (Dembele et al., 2023). Il en a résulté l'agenda dit « 2030 » fixant les objectifs de développement durable (ODD) reprenant que la lutte contre le réchauffement climatique serait atteinte si l'on parvenait à équilibrer au milieu du siècle en cours les émissions anthropiques des GES et leur élimination dans l'atmosphère par le biais des puits (Bertrand et al., 2007).

Quant à lui, le mécanisme REDD+ voit le jour dans la même foulée et prévoit de réduire les émissions provenant du déboisement et de la dégradation des forêts ; associer à la gestion durable de ces dernières, la conservation et l'amélioration de carbone forestier. Ce mécanisme vise à encourager les pays moins industrialisés à protéger leurs puits de carbone par le biais de la préservation des forêts, moyennant des compensations financières sous forme de « crédits carbone » (Mickael et al., 2007 ; Neema, 2019 ; Dembele et al., 2023). Dans le cadre de sa mise en valeur, la quantification des biomasses et de carbone contenus dans les massifs forestiers est devenue une priorité internationale (Panzou et al., 2016) alors que sa mise en œuvre en Afrique subsaharienne particulièrement se heurte à d'énormes difficultés en raison notamment de manque de données précises sur les émissions et les stocks de carbone dans les massifs forestiers (Dembele et al., 2023).

Afin d'accompagner tous ces efforts, il ne reste pas moins nécessaire de développer des approches permettant de capter sélectivement le CO₂ émis et le stocker dans des sites aussi efficaces tels que les îlots des forêts en milieu urbain permettant d'après Dembele et al. (2023) d'atténuer les effets des perturbations du climat dans la quête d'une stabilisation environnementale.



Pourtant généralement ignorées dans des villes congolaises, ces approches de réduction du CO₂ par les arbres constituent un important service écosystémique pour le bien-être humain. Vroh et al (2014) soutiennent que les espaces verts urbains répondent à des enjeux non seulement socio-écologiques mais aussi économiques. Pour Nomel et al. (2019), au regard de ses multiples fonctions dans le domaine culturel, alimentaire, agro-forestier, technologique, etc., la forêt urbaine occupe une place de premier rang dans la vie de l'homme en société. D'ailleurs, les îlots de forêts urbaines sont dorénavant considérés comme des candidats potentiels pour la bio-fixation du dioxyde de carbone.

Dans les aires boisées (urbaines ou non), le carbone est stocké dans la biomasse vivante (biomasse aérienne qui constitue $\frac{3}{4}$ de la biomasse forestière et biomasse souterraine), la matière organique du sol et de la litière, et les bois morts (Panzou et al., 2016 ; Neema, 2019).

Le mécanisme de séquestration du CO₂ consiste en l'absorption du carbone atmosphérique par le biais de l'activité biologique au sein des espaces naturels terrestres et aquatiques. En effet, grâce à la photosynthèse, le carbone contenu dans le CO₂ est stocké dans le bois, les feuilles et d'autres parties de la plante sous forme de lignine ou cellulose et constitue ainsi la biomasse forestière (Kadiata & Ndamiyehe, 2017).

Il existe plusieurs conséquences de la dégradation des forêts urbaines dont celle considérée actuellement comme majeure est la pollution atmosphérique qui constitue, d'après le PNUD (2006), le principal défi environnemental de multiples grandes villes du monde et de toute l'humanité. Lafontaine-Messier et al. (2010) assurent que les villes sont issues de grandes transformations de l'environnement naturel afin de l'adapter aux besoins des humains ; lesquelles ne restent pas sans conséquence sur la nature. En effet, l'arbre en ville subit de nombreuses pressions relatives à la démographie galopante, la construction et/ou l'extension des routes (Kouadio et al., 2016). Cette démographie est à l'origine de l'érection de plusieurs autres maisons aux dépens des espaces verts.

D'après Desailly et al. (2013), la quantité des émissions des gaz atmosphériques et de divers polluants atmosphériques croît proportionnellement avec l'étalement urbain. Ouedraogo et al. (2019) notent qu'une fois dégradées, les forêts urbaines participent d'ailleurs indirectement au changement climatique car cette dégradation provoque la libération (perte) du carbone jadis séquestré. A eux d'ajouter que généralement la quantité de carbone libérée est supérieure à celle utilisée par la végétation lors de la photosynthèse. On en déduit qu'une forêt dégradée peut plus servir de source que de puits de carbone.

Depuis la seconde moitié du 20^{ème} siècle, les pays africains connaissent une urbanisation accrue. Néanmoins, dans la plupart de villes africaines, l'accent n'est jusque-là pas mis sur ce patrimoine forestier (Kouassi et al., 2018). Ces derniers auteurs craignent l'amplification, dans un futur proche, des impacts environnementaux et sociaux résultant d'une croissance urbaine accélérée. Pourtant, étant donné la diversité de ses fonctions, la foresterie urbaine figure, de nos jours, parmi les stratégies à mettre en jeu afin de contribuer à la résolution et/ou à la prévention des défis environnementaux. L'entretien et la préservation de ces espaces verts demeurent des moyens de



conservation des végétaux, d'amélioration du bien-être des citoyens (Kouassi et al., 2018) ainsi que d'assurance d'un développement durable des zones urbaines (Lafontaine-Messieur et al., 2010). De ce fait, une proximité ville-nature s'impose comme gage de la qualité de vie et de l'attractivité urbaine (Ogoubiyi, 2020).

Bien que leur utilité soit, dans une certaine mesure, scientifiquement reconnue, la ville de Goma souffre d'une pénurie en espaces verts, particulièrement dans sa partie nord. Qui plus est, aucune étude scientifique sérieuse n'a été réalisée jusqu'à ce jour en matière de foresterie urbaine dans cette ville malgré le vœu exprimé du gouvernement congolais à concentrer des efforts sur la préservation de la qualité de l'environnement. Kadiata & Ndamiyehe (2017) soulignent le manque d'informations scientifiques sur les avantages fournis par la végétation dans les zones urbaines de la RDC, pourtant nécessaires pour entreprendre des programmes de planification, de maintien et d'amélioration du potentiel ligneux dans ces villes.

La croissance démographique dans la ville de Goma et l'artificialisation des espaces par l'établissement des infrastructures l'expose à plus d'effets pervers du changement climatique. Il s'avère, dès lors, important d'améliorer la qualité de l'environnement urbain par la voie d'augmentation de la capacité de ses espaces verts à stocker le carbone.

La présente étude sera alors censée répondre aux trois suivantes questions :

- Quelle est la diversité floristique de deux précités terrains institutionnels de la ville de Goma ?
- Quelle quantité de carbone stockent-ils et comment cette quantité varie-t-elle entre sites ?
- Quelle est la quantité de dioxyde de carbone correspondante ?

Elle entend ainsi poser des bases pour l'analyse de l'état des lieux de la végétation dans la ville de Goma, dans le principal but d'évaluer le potentiel existant en termes de la capacité de stockage du carbone et du CO₂.

Elle vise spécifiquement à :

- Déterminer la diversité floristique de deux terrains institutionnels urbains de Goma ;
- Evaluer la quantité de carbone stockée par les arbres actuellement y contenus ;
- Estimer la quantité de CO₂ y piégée.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation du milieu d'étude

Avec une superficie de 66, 45 Km² (INS, 2015), Goma est située entre 1° 41'36'' de latitude Sud et 29°13'31'' de longitude est (Tsongo et al., 2021). Cette ville constitue le chef-lieu de la province du Nord-Kivu et est le siège de ses institutions notamment le gouvernement et le parlement. Elle surplombe, à 18 Km à vol d'oiseau, une chaîne des montagnes volcaniques dont Nyiragongo et Nyamulagira en sont les volcans les plus actifs (Mpozayo et al., 2012 ; Balingene



& Sambukere, 2018). Cette ville se situe dans la partie orientale de la République Démocratique du Congo à environ 1 500 mètres d'altitude dans la vallée du rift (INS, 2015).

Elle est limitée :

- Au Nord ; par le territoire de Nyiragongo
- Au Sud ; par le lac Kivu
- A l'Est ; par la République du Rwanda
- A l'Ouest ; par le territoire de Masisi.

Egalement, à sa partie nord-ouest, elle est limitrophe du parc national des Virunga, PNVi en sigle (Karemere et al., 2020). Il s'agit d'une ville à potentiel touristique énorme du fait de sa position géostratégique (Mpozayo et al., 2012) et de ses sites naturels et artificiels particuliers. Elle est couverte essentiellement des roches volcaniques avec un relief onduleux au pied du volcan Nyiragongo (INS, 2015). D'où sa dénomination de « ville volcanique ». Elle est caractérisée par un climat tempéré d'altitude (Mpozayo et al., 2012) et connaît actuellement une urbanisation accélérée et peu contrôlée. En 2017, sa population était estimée à 956 600 habitants (Kahindo et al., 2021).

Administrativement, la ville de Goma est répartie en deux communes ; celle de Karisimbi (au Nord) et celle de Goma (au Sud). Les communes sont subdivisées en quartiers, les quartiers en cellules, et ces dernières en avenues. Ces deux communes sont séparées par la route nationale n°2 (RN2) allant de la « petite barrière » vers Sake (dans le sens Est-Ouest) comme l'illustre la figure ci-après.

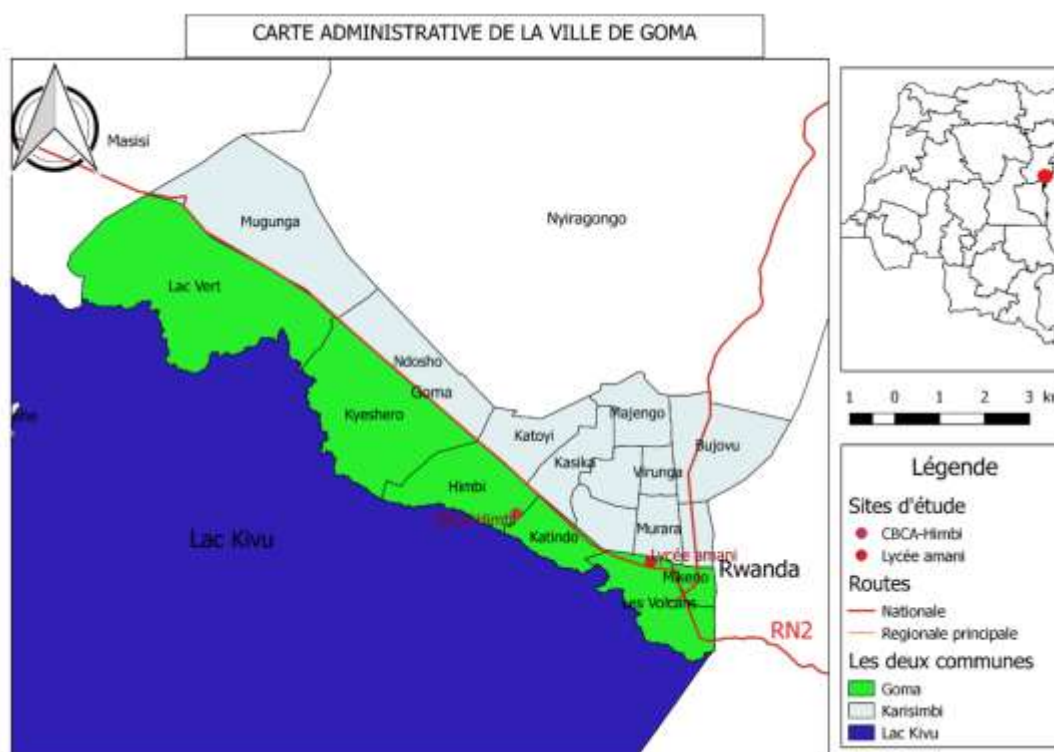


Figure 2: carte administrative de la ville de Goma (Mapendo, 2024)

2.2. Approche méthodologique

2.2.1. Choix de sites

Comme précédemment indiqué, l'absence d'étude scientifique portant sur l'évaluation des services écosystémiques que les arbres, à travers leur diversité, offrent à cette ville volcanique, constitue l'importante motivation qui a suscité notre intérêt au développement de cette thématique.

En fonction des caractéristiques physiques, du temps imparti et de la facilité d'accès, deux sites ont été concernés par nos recherches. Il s'agit du site « Lycée Amani » et du site « CBCA-Himbi ». Ces sites sont tous situés dans la commune de Goma, le premier logeant dans le quartier Les Volcans alors que le second loge le quartier Himbi (cfr. carte géographique ci-haut). Après les étapes de collecte des données sur terrain, des images satellitaires de 2024 produites par Airbus ont permis d'estimer leurs différentes superficies.



2.2.2. Collecte et enregistrement des données

Pour l'inventaire floristique, suite aux aires relativement moins étendues des sites, la collecte des données a consisté en un inventaire exhaustif de l'ensemble de tiges d'arbres ayant une circonférence à la hauteur de poitrine supérieure ou égal à 10 centimètres, c'est-à-dire à 1,30 mètre de hauteur à partir du sol. En effet, un relevé itinérant a été utilisé comme procédure ; il a consisté à recenser toutes les espèces rencontrées dans un biotope parcouru suivant différentes directions. C'est à l'aide d'un ruban gradué de 1,5m de longueur (en utilisant un stick d'arbre de 1,30m de taille) que ces valeurs ont été prélevées. Elles ont été converties en diamètre en les divisant par la valeur de pi et seules les valeurs de DBH supérieures ou égales à 5 centimètres ont été prises en compte durant les calculs des biomasses et de stock de carbone.

La majorité d'espèces inventoriées ont été directement identifiées (in situ) ; l'expertise des botanistes a largement servi quant à l'amélioration des résultats et l'identification de la totalité d'espèces. Toute donnée prise a été notée dans un carnet de terrain à l'aide d'un stylo ordinaire.

2.2.3. Traitement des données

a) Analyse de la flore

Les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse quantitative afin d'évaluer la richesse, la composition et la diversité au niveau de la flore. Il s'est agi pour chacune des espèces présentes dans les deux espaces, d'identifier le genre et/ou au minimum la famille.

b) Estimation de la biomasse et du stock de carbone

Les méthodes dites « indirectes » d'estimation de la biomasse ont été préférées à celles directes du fait de leur simplicité d'application, de leur moindre coût et surtout de leur caractère environnemental faisant référence à leur capacité à préserver la biodiversité. Les quantités de biomasse ont été alors définies grâce aux équations allométriques générales les plus utilisées dans le cas de foresterie urbaine. Cela s'avère valable pour toutes les forêts urbaines du monde de par leur caractéristique commune ; il s'agit des écosystèmes généralement ouverts reflétant des arbres à compétition très réduite pour la lumière.

Par stockage de carbone, on entend « la quantité de carbone liée dans les parties aériennes et souterraines de la végétation ligneuse, donc le bois situé dans les racines, le tronc et les branches » (Roucoulès, 2022).

Comme pour l'élaboration de différents graphiques, les calculs facilités par le logiciel Excel ont été exécutés suivant une certaine procédure. En premier lieu, avons-nous rangé les diamètres (DBH), obtenus à partir des valeurs de circonférence divisées par 3,14 (valeur de pi), en classe de 10 centimètres d'intervalle. Ensuite, le volume a été estimé. Il a résulté de la relation allométrique lui liant directement au diamètre de l'arbre suivant les équations ci-après :



- Pour les feuillues : **Biomasse** = $0,16155 * DBH^{2,310647}$
- Pour les conifères : **Biomasse** = $0,035702 * DBH^{2,580671}$

Les résultats issus de ces équations génériques calculant la biomasse en poids frais ont été multipliés par les facteurs de conversion de 0,56 et 0,48 pour obtenir la biomasse en poids sec respectivement pour les feuillus et les conifères.

La biomasse en poids sec des arbres a été convertie en stock total de carbone en multipliant sa valeur par 0,5 selon Nowak & Crane (2002). Afin d'obtenir la quantité de CO₂ atmosphérique, les valeurs du stock de carbone ont été multipliées par 3,67, le poids moléculaire du dioxyde de carbone, tel que repris par Kadiata & Ndamiyehe (2017). Les données du stock de dioxyde de carbone ont ensuite été rapportées en tonnes métriques en multipliant leurs valeurs exprimées en kilogrammes par 0,001.

3. Résultats et discussion

3.1. Diversité floristique

Tel qu'élucidé dans le tableau ci-dessous, le site CBCA-Himbi, espace d'une aire de 4 hectares, regorge 1005 individus d'arbre repartis en 29 familles tandis que celui du Lycée Amani, avec 3,38 hectares de superficie, en compte 1421 de 27 familles. Les arbres sur les deux sites appartiennent à 33 familles. Les Proteaceae sont majoritaires (22,21 %) suivis des Oleaceae (9,39%). La famille la plus représentée dans le site CBCA-Himbi est celle des oleaceae (21,69%) tandis que celle des Proteaceae reste la plus représentée du point de vue effectif au niveau du Lycée Amani, avec 31,52% de l'ensemble d'arbres.

Tableau 1: Familles d'arbres inventoriés dans les deux sites échantillonnés dans la ville de Goma

Étiquettes de lignes	CBCA-Himbi	Lycée Amani	Total general
Anacardiaceae	50	23	73
Annonaceae	10	8	18
Apiaceae		6	6
Apocynaceae	1	27	28
Araliaceae	38	18	56
Arecaceae		27	27
Asparagaceae	2	4	6
Asteraceae	3	1	4
Bignoniaceae	47	140	187
Cannabaceae	1		1
Caricaceae	2	28	30
Casuarinaceae	24	149	173
Combretaceae	4		4



Euphorbiaceae	19	21	40
Fabaceae	75	82	157
Flacourtiaceae	5		5
Francoaceae	91	6	97
Lauraceae	72	57	129
Lythraceae		4	4
Meliaceae	10	103	113
Moraceae	38	8	46
Myrtaceae	69	125	194
Oleaceae	218	10	228
Pinaceae	1		1
Proteaceae	91	448	539
Rhamnaceae	14		15
Rosaceae	36	20	56
Rubiaceae	18	43	61
Rutaceae	24	12	36
Sapindaceae	29	9	38
Strelitziaceae		1	1
Ulmaceae	9	11	20
Verbenaceae	4	30	34
Total	1005	1421	2426

Le nombre d'espèces d'arbre est de 53 et 47 respectivement dans les sites CBCA-Himbi et Lycée Amani. Dans ce dernier site, les quatre espèces les plus représentées sont *Grevillea robusta* (31,52%), *Casuarina equisetifolia* (10,48%), *Jacaranda mimosifolia* (9,5%) et *Eucalyptus globulus* (7,9%). Quant au site CBCA-Himbi, les quatre espèces majoritairement y répertoriées sont : *Olea sp* (21,69%), *Grevillea robusta* (9,5%), *Bersama abyssinica* (8,6%) et *Persea americana* (7,1%). Dans les deux sites combinés se trouvent 74 espèces dont le *Grevillea robusta* domine avec un peu plus de 22%.

3.2. Structure diamétrique des arbres sur les deux sites

La figure ci-après, illustre la répartition des individus d'arbres en différentes classes de diamètre dans les deux sites.

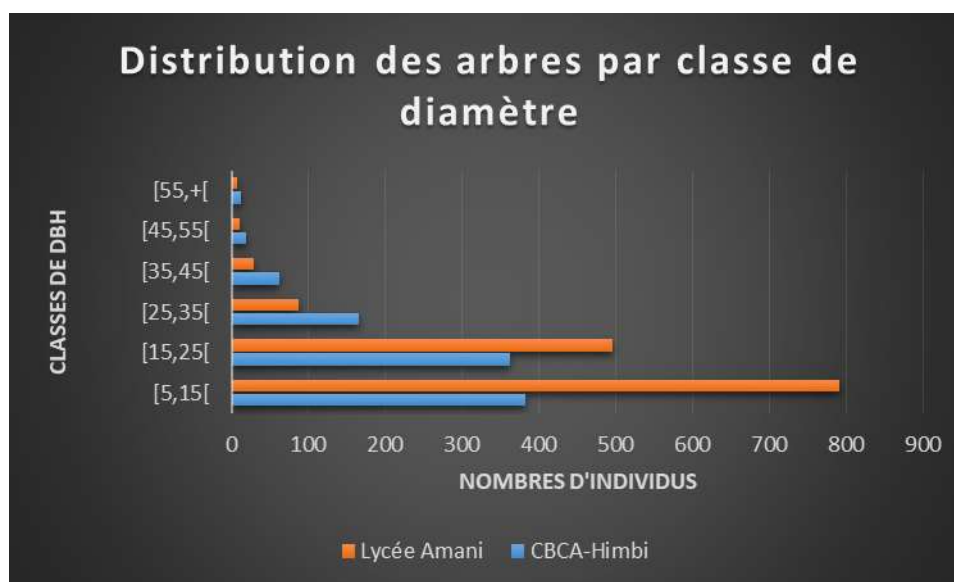


Figure 3: Structure diamétrique des arbres sur les deux sites

Il ressort de cette figure qu'un grand nombre d'arbres ont un diamètre compris entre 5 et 15 cm dans les deux sites ; soit 383 et 791 individus respectivement pour les sites CBCA-Himbi et Lycée Amani

3.3. Stock de carbone dans les sites

3.3.1. Quantité de carbone stocké par site

Tableau 2: Quantité de carbone (en tonnes) stocké par les deux sites

Classe de DHP	CBCA-Himbi	Lycée Amani
[5-15[	4,23	9,59
[15-25[	16,51	20,48
[25-35[	18,06	9,3
[35-45[	13,17	6,69
[45-55[	6,79	4,00
[55-+]	17,47	12,18
Total	76,23	62,24

Les données dans ce tableau montrent que le site CBCA-Himbi (76,23 tonnes de C) stocke plus de carbone que celui du Lycée Amani (62,24 tonnes de C) ; soit une différence de 13,99 tonnes alors que ce dernier site contient plus d'arbres que le premier.



3.3.2. Variation de la quantité de carbone en classe des diamètres

a) CBAC-Himbi

La figure reprise ci-après illustre les quantités de carbone stocké par classe de diamètre au niveau du site CBCA-Himbi.

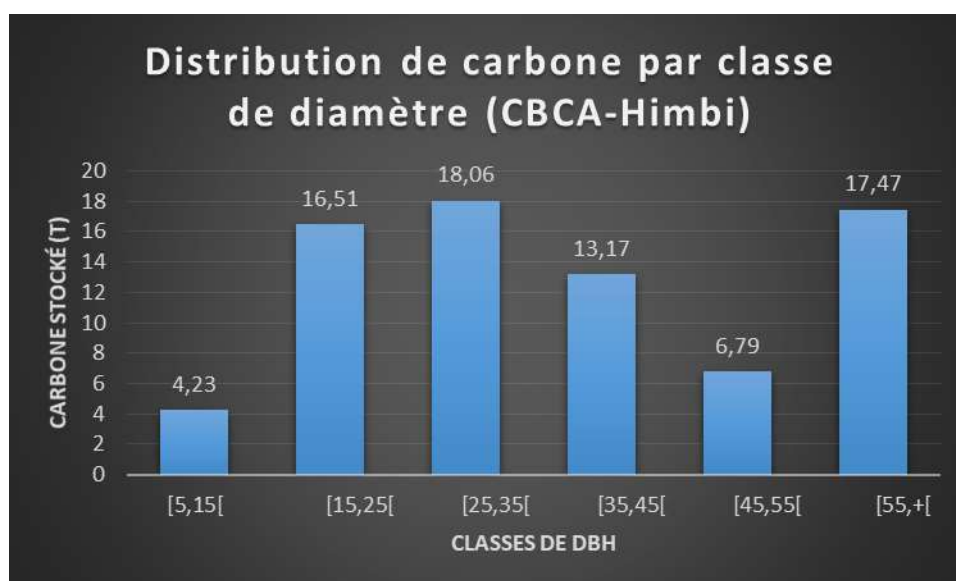


Figure 4: Quantité de carbone stocké par classe de diamètre au site CBCA-Himbi

Il ressort de cette figure que les individus d'arbres de diamètre compris entre 25 et 35 cm stockent plus de quantité de carbone (23,69%) suivi de ceux de plus de 55 centimètres de diamètre (23,21%). Les individus d'arbres dont le diamètre est compris entre 5 et 15 centimètres (les recrues) stockent moins de carbone pourtant étant les plus représentatifs sur le plan effectif.



b) Lycée Amani

Ci-dessous la figure qui illustre la distribution de carbone stocké par chaque classe de diamètre dans le site Lycée Amani.

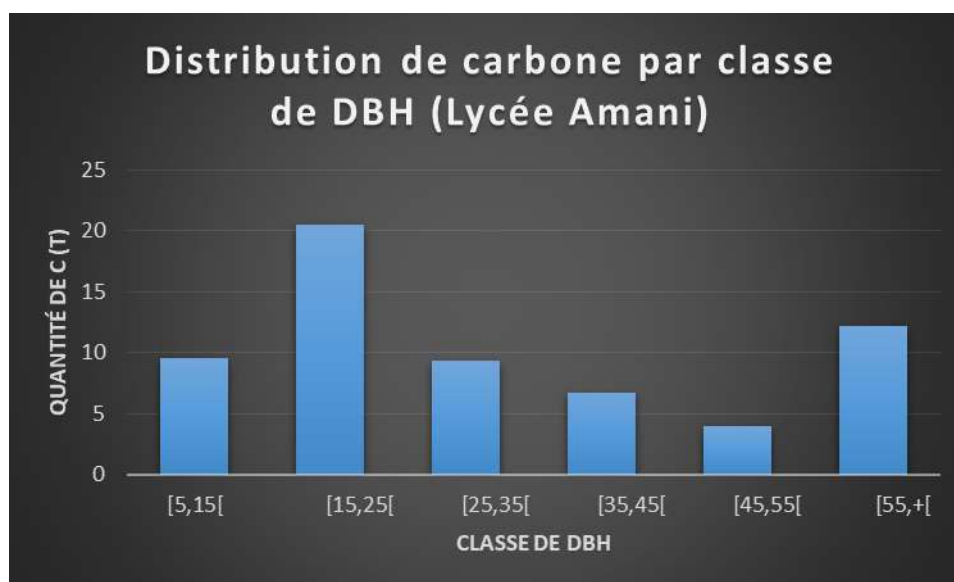


Figure 5: Quantité de carbone stocké par classe de diamètre au site Lycée Amani

Les observations sont telles que malgré leur faible effectif, les arbres de diamètre élevé emmagasinent généralement plus de carbone que les recrues. En d'autres termes, plus un arbre est gros, plus il contient de carbone dans un rapport plus que proportionnel.

3.4. Quantité de CO₂ en tonnes piégée dans les sites

Ci-dessous le tableau reprenant les différentes quantités de dioxyde carbone piégées par les espèces arboricoles dans les deux sites. Il reprend également celle piégée par chaque intervalle de diamètre selon qu'il s'agit du site CBCA-Himbi ou du Lycée Amani.

Table 3: Quantité de dioxyde de carbone piégée par les deux sites

Classe de DHP	CBCA-HIMBI	Lycée Amani
[5-15[	15,52	35,20
[15-25[	60,60	75,18
[25-35[	66,28	34,13
[35-45[	48,35	24,56
[45-55[	24,93	14,70
[55-+]	64,14	44,72
Total general	279,82	228,49



Comme pour le carbone stocké, le site CBCA-Himbi piège plus de CO₂ que le Lycée Amani, dans un rapport de 1,22 fois.

3.5. Discussion

3.5.1. Diversité floristique

Cette étude a permis de relever l'existence de 2426 individus d'arbres de 74 espèces différentes dans deux sites institutionnels de la ville de Goma, plus particulièrement dans la commune qui porte le même nom. Toutes ces espèces se répartissent en 33 familles. Les résultats obtenus sur la composition et la richesse floristique montrent une composition plus diversifiée en espèce que ceux repris dans les travaux réalisés dans 3 espaces institutionnels de la ville de Bukavu en République Démocratique du Congo, avec 1113 arbres repartis en 43 espèces de 18 familles (Kadiata & Ndamiyehe, 2017), à Daloa en Côte d'Ivoire (224 individus de 19 espèces reparties en 14 familles) par Kouassi et al (2018), et à Dapaong au Togo (950 individus repartis en 35 espèces de 20 familles) par Fousseni et al (2020). Cette différence pourrait être due à la perception des arbres par les responsables des sites, la densité de pieds d'arbres, l'aire des espaces boisés ainsi que l'adaptabilité de certaines espèces aux types de climat et de sol locaux. En effet, le sol gomatrancien, quoiqu'encore jeune, est un sol volcanique (andosol) naturellement riche en matière nutritive pour les végétaux. Le climat tropical à alternance de deux saisons qui règne à Goma reste également un facteur favorisant la bonne croissance des arbres. A cela s'ajoute une discipline environnementale de la part de ceux qui vivent ou exercent dans ces deux sites ; les institutions ecclésiastiques qui en sont propriétaires semblent avoir des connaissances réelles sur l'importance des arbres. Il existe, en effet, peu ou pas d'activité de déboisement dans les deux sites. Bien au contraire, le boisement au niveau du Lycée Amani est continu depuis quelques années. Les espèces ligneuses y ont pour rôles de protection, de récréation, d'ombrage, d'alimentation, d'embellissement et servent également dans l'apprentissage scolaire en vue de permettre aux élèves d'adopter un comportement écoresponsable.

Par ailleurs, ces résultats sont légèrement faibles comparativement à ceux trouvés dans la commune de Plateau à Abidjan (91 espèces reparties en 44 familles) par Vroh et al. (2014). Cette différence s'expliquerait par la multiplicité des sites d'étude qui ont été sujets à l'inventaire dans la commune de Plateau. En effet, le travail de Vroh et al. (2014) repose sur six sites alors que le nôtre ne concerne que deux.

La grande proportion des arbres de petits diamètres (compris entre 5 et 35 cm) et la faible proportion des arbres de gros diamètres témoignent de la stabilité de ces deux milieux. En effet, « la stabilité d'un milieu est assurée lorsque l'effectif des individus d'un peuplement forestier diminue régulièrement lorsqu'on passe d'arbres de petits DBH aux plus gros arbres » (Fousseni et al., 2020).



3.5.2. Stockage de carbone et de CO₂

Quoi que le site du Lycée Amani contient plus de pieds d'arbres que celui de CBCA-Himbi, ce dernier piège plus de dioxyde de carbone à raison de 1,22 fois. Cela est notamment dû au fait que le site CBCA-Himbi renferme plus d'individus d'arbres au diamètre supérieur à trente-cinq centimètres (soit 3,83% contre 1,93%). En effet, la grande majorité (un peu plus de 90%) des arbres du site Lycée Amani ont un diamètre compris entre 5 et 25 centimètres.

Les quantités de carbone stockées sont de 76,23 et 62,24 tonnes respectivement dans les sites CBCA-Himbi et Lycée Amani. Elles correspondent respectivement à 279,82 et 228,49 tonnes de dioxyde de carbone tirées de l'atmosphère. Cette variation de la biomasse et du stock de carbone est essentiellement due à la quantité d'arbres de diamètre élevé présents dans chacun des sites. D'après Fousseni et al. (2020), les valeurs de stock de carbone ne sont pas standards ; elles varient en fonction de l'activité physiologique de l'arbre et de son rythme de croissance, de la longueur de la période de croissance et de la durée de la saison de feuillaison. Ces résultats se révèlent nettement supérieurs aux estimations de Fousseni et al. (2020) à Dapaong au Togo (39,37 tonnes). Par contre, ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par Kadiata & Ndamiyehe (2017) à Bukavu (312,8 tonnes) ou ceux estimées par Vroh et al. (2014) dans la commune de Plateau en Côte d'Ivoire (335,6 tonnes). Ces différences observées seraient dues à l'écart prononcé quant au nombre d'individus d'arbre en général et ceux de gros diamètre en particulier, d'une part et à la démarche méthodologique utilisée lors de la collecte et le traitement de données, d'autre part.

Conclusion

Le réchauffement planétaire constitue l'une de grandes menaces qui pèsent actuellement sur notre planète. Il est provoqué par l'accroissement de la concentration des gaz à effet de serre comme le CO₂ dans l'atmosphère. Les forêts naturelles ou plantées séquestrent par le processus de photosynthèse le carbone et sont donc des solutions naturelles d'atténuation des effets du changement climatique.

Notre étude menée dans la ville de Goma, montre que les sites CBCA-Himbi et Lycée Amani participent activement à la mitigation du réchauffement climatique. Les espèces qu'ils abritent sont majoritairement communes à la région ; une flore composée essentiellement des feuillus.

En général, la ville de Goma possède un potentiel non négligeable de lutte contre les changements climatiques au travers de la multiplicité de ses espaces verts quoique n'ayant pas été tous pris en compte dans le cadre de cette étude. D'autres îlots de forêt de cette ville nécessitent pareille étude pour mettre à la lumière du public la quantité totale estimée de dioxyde de carbone que piègent les espaces boisés de la ville. Cela devrait concourir à valoriser davantage les espaces verts et à faire profiter aux citoyens les avantages y relatifs.



Hormis leurs autres rôles, les sites CBCA-Himbi et Lycée Amani stockent jusqu'à 138,47 tonnes de carbone évaluées à 508,31 tonnes de CO₂ piégées ; ce qui représente un service écologique important.

Il s'avère également que ce n'est pas uniquement le nombre de pieds d'arbre qui est le facteur clé influençant la quantité de carbone stocké ; c'est plutôt la grandeur des arbres en termes de diamètre. En effet, le site CBCA-Himbi stockent plus de carbone que le Lycée Amani alors que ce dernier détient plus d'individus que l'autre.

Remerciements : Cet article est une synthèse de notre mémoire de master qui n'aurait pas pu être réalisé sans le concours de plusieurs personnes. C'est ainsi que nous exprimons toute notre gratitude à l'endroit de toutes celles ou tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont concouru à sa réalisation.

Références bibliographiques

- Acclombessi J. 2018. Contribution à la mise en place d'un piège à carbone à Cotonou : cas de l'aménagement du bassin AA de Gbedegbe. Mémoire de licence, Université d'Abomey-calavi.
- Bah A. L. 2022. Estimation du potentiel de sequestration du carbone a l ' aide des modeles d ' equations allometriques multi-especes : application aux phytocenoses de la guinee forestiere. hal id : tel-03666195.
- Balingene B. & Sambukere M. 2018. État des lieux sociolinguistique de la ville de Goma : pour une gestion rationnelle des langues dans l ' avenir. L'Analyste topique n°12. ULPGL-Goma. 28–39.
- Bertrand F., Rocher L. & Mele P. 2007. Le changement climatique , révélateur des vulnérabilités territoriales ? Action publique locale et perceptions des inégalités écologiques. [Rapport de recherche] UMR CITERES; Université François Rabelais - Tours; programme “ Politiques territoriales et développement durable ” (D2RT), pp.125. hal-01486018 HAL.
- Dembele B. et al. 2023. Détermination du carbone stocké par les ligneux dans la bande de servitude de la rivière Kou dans la Province du Houet (Burkina Faso). Int. J. Biol. Chem. Sci. 17, 281–292.
- Desailly B., Béringuier P., Briane G. & Les J. D. 2013. Les impacts environnementaux de l ' étalement urbain. Perspectives Ville, 4 p. halshs-00914585.
- FAO. 2012. Appui à la formulation d'une stratégie et d'un plan d'action de la foresterie urbaine et périurbaine à N'Djaména, Tchad. Document de travail sur la foresterie urbaine et périurbaine n°6. 95 pages. Rome.
- Faye A. et al. 2019. Points clés pour l'Afrique de l'Ouest du rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les terres. (2019). Points clés pour l ' Afrique de l ' Ouest du rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les terres.
- Fousseni F. et al. 2020. Inventaire et séquestration de carbone de la végétation de l ' emprise urbaine de la ville de Dapaong , Togo. 273–289.
- <https://www.notre-planete.info/indicateurs/CO2-secteurs-emissions.php> ;
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>



- INS (Institut National de la Statistique). 2015. Goma et ses avenues. 23p.
- Kadiata D. & Ndamiyehe J. 2017. Richness of Forest Stands and Atmospheric Carbon Dioxide Storage in Urban Institutional Lands of Bukavu, D.R. Congo. **33**, 79–90.
- Kahindo J-B. M. et al. 2021. Itinéraire thérapeutique du patient en milieu urbain africain: Cas de la ville de Goma à l'est de la RD Congo [Patient itinerary in Africa settings: Goma city case in the east of the Democratic Republic of Congo]. *Int. J. Innov. Sci. Res.* **53**, 85–97.
- Karemere H. *et al.* Profil de l'offre des soins médicaux en milieu urbain africain: Cas de la ville de Goma à l'est de la RDC. *Int. J. Innov. Appl. Stud.* **31**, 458–471 (2020)
- Kouadio Y. J. C. et al. 2016. Évaluation de la diversité et estimation de la biomasse des arbres d'alignement des communes du Plateau et de Cocody (Abidjan - Côte d'Ivoire). *J. Appl. Biosci.* **97**, 9141.
- Kouassi J. K., Kouassi H. K. & Kouassi H. R. 2018. Evaluation de la diversité floristique et estimation du taux de séquestration de carbone des arbres en alignement de voies de la commune de Daloa (Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **12**, 1876.
- Lafontaine-Messier M., Olivier A. & Chicoine B. 2010. La contribution potentielle de la forêt urbaine au développement durable des villes du Québec. *Les Cah. L'Institut EDS Série Stra*, 1–30.
- Liborio B. 2017. Dissolution du dioxyde de carbone dans des solutions aqueuses d ' électrolyte dans le contexte du stockage géologique : Approche thermodynamique (french Ph.D. Thesis). **905**, 230.
- Mickaël H. et al. 2007. Soil detritivore macro-invertebrate assemblages throughout a managed beech rotation. *Ann. For. Sci.* **64**, 219–228.
- Molto Q. 2012. Estimation de biomasse en forêt tropicale humide - Propagation des incertitudes dans la modélisation de la distribution spatiale de la biomasse en Guyane française. Thèse de doctorat, Université des Antilles et de la Guyane.
- Mpozayo B.J.-M., Maene S.E., Bora Ruriho F. & Ndoole M.R. 2012. Perceptions sur la touristicité de la ville de goma. *Bulletin d'informations touristiques et environnementales « b.i.t.e. »* no 2 juin 2012.
- Neema B. P. 2019. Analyse de la sensibilité des estimations de la biomasse forestière vis-à-vis de la hauteur et des valeurs de masses volumiques. Cas de la forêt communautaire de Bushema. <http://hdl.handle.net/2268.2/7451>.
- Nomel G.J.R. et al. 2019. Diversité et stock de carbone des arbres d'alignement: Cas d'Assabou et Dioulakro de la ville de Yamoussoukro (Centre de la Côte d'Ivoire). *Academia.Edu* **13**, 84–89.
- Nowak D. & Crane D. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. 116-381-389.
- Ogoubiyi M. L. U. 2020. Contribution à l'aménagement paysager des espaces urbains pour un développement durable: cas de du tronçon de la route des pêches à Fiyegnon II dans la commune de Cotonou (République du Bénin). Mémoire de licence, Université d'Abomey-calavi.



- Ouedraogo W. O., Gomgnimbou A. P. K., Santi S. & Ilboudo D. 2019. Quantification de la Biomasse et stockage du carbone du massif forestier de l ' Ecole Nationale des Eaux et Forêts de Dindéresso province du Houet au Burkina Faso. **13**, 3276–3288.
- Panzou G. J. L. et al. 2016. Biomasse et stocks de carbone des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique). *Base* **20**, 508–522.
- PNUD. 2006. Programme d'adaptation au changement climatique RD Congo. 1–96.
- Renard S. 2014. Rôle des gaz annexes sur l ' évolution géochimique d ' un site de stockage de dioxyde de carbone . Application à des réservoirs carbonatés . HAL Id : tel-01075378 par.
- Roucoulès P. 2022. Stockage et séquestration de carbone des arbres de la ville de Québec. Projet de fin d'études.
- Tsongo E. M. et al. 2021. Cartographie des établissements pharmaceutiques dans un pays subsaharien en contexte de crise : cas de la ville de Goma à l'Est de la République Démocratique du Congo. *Int. J. Innov. Sci. Res.* **57**, 92–102.
- Vroh A., Tiebre M. S. & N'guessan K. E. 2014. Diversité végétale urbaine et estimation du stock de carbone: cas de la commune de Plateau Abidjan, Cote d'ivoire. *Afrique SCIENCE* 10(3) (2014) 329- 340 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info> 329.
- Yusufu K. 2014. Carbone stocké dans un essai de provenances d ' Acacia mangium à Ibi Village sur le plateau des Batéké en République Démocratique du Congo. Maitrise en agroforesterie, Université Laval.