

CARTOGRAPHIE DES SITES FORESTIERS DE LA VILLE DE BRAZZAVILLE DANS
LA PERIODE DE 1946 A 2016 ET ETUDE DES CAUSES DE LA DEFORESTATION

Ifo Suspense Averti ^{1*}
Maitre assistant CAMES,
Université Marien N'GOUABI,
Laboratoire de Géomatique et Ecologie Tropicale Appliquée
Ecole Normale Supérieure, BP 69 Brazzaville Congo
averti.ifosuspens@umng.cg

Stoffenne Binsangou¹
Doctorante
Université Marien N'GOUABI,
Laboratoire de Géomatique et Ecologie Tropicale Appliquée
Ecole Normale Supérieure, BP 69 Brazzaville Congo
stoffennebinsangou@gmail.com

Stevanche Nzingoula¹
Etudiant en master.
Université Marien N'GOUABI,
Laboratoire de Géomatique et Ecologie Tropicale Appliquée
Ecole Normale Supérieure, BP 69 Brazzaville Congo
stevanchenzingoula@gmail.com

Lisa Louvouandou¹
Etudiante en master.
Université Marien N'GOUABI,
Laboratoire de Géomatique et Ecologie Tropicale Appliquée
Ecole Normale Supérieure, BP 69 Brazzaville Congo
francinelouv@gmail.com

Résumé

Dans un contexte international de lutte contre les changements climatiques par la préservation des écosystèmes forestiers pour leurs rôles comme puits de carbone, les documents d'archives révèlent que la ville de Brazzaville possédait des superficies importantes de forêts. La présente étude s'est proposé de suivre l'évolution de ces superficies forestières dans la période de 1946 à 2016. Pour cette étude, nous avons utilisé des anciennes photographies aériennes ainsi que l'image Landsat de 2016. Les objectifs de cette étude étaient : (i) d'estimer les superficies des anciennes forêts de la ville de Brazzaville ; (ii) de suivre leurs évolutions sur soixante dix ans ; (iii) Etudier les causes directes et indirectes des pertes de ces forêts.

Afin d'atteindre ces objectifs, ces photographies aériennes ont été vectorisées pour extraire les surfaces forestières. Les statistiques des classes de l'image vectorisée ont été représentées sous forme graphique. Les résultats révèlent qu'il existait six massifs forestiers pour l'année 1946 : la forêt de la Patte d'Oie avec une superficie de 223 ha, de la Tsiémé avec 105 ha, de Diata avec 28 ha, de la Glacière avec 29 ha, de la Corniche avec 14 ha et du Tchad avec 9 ha.

Cependant vingt ans après (1966) il n'en restait que quatre massifs. Cinquante ans après (2016), il ne reste que la forêt de la Patte d'Oie avec une superficie de 74 ha. La pression anthropique est la principale cause de la déforestation et de la dégradation des forêts de Brazzaville.

Mots clés : Forêt, Déforestation, Urbanisation, Cartographie, Brazzaville

Abstract

In an international context of fighting climate change through the sustainability of forest ecosystems for their roles as carbon sinks, archival documents reveal that the city of Brazzaville had significant areas of forest. The present study has proposed to monitor the evolution of these forest in the period from 1946 to 2016. For this study we used old aerial photographs. The objectives of this study were: (i) to estimate the total surface s of the former forests of the city of Brazzaville; (ii) to follow their trends over seventy years; (iii) study the direct and indirect causes of the losses of these forests. To achieve these objectives, the aerial photographs were vectored to extract the forest surfaces. The statistics for the classes in the vector image have been represented in graphical form. The analysis of the images enabled us to identify six forest solid masses for the year 1946: the forest of the Goose Leg with a surface of 223 ha, of Tsiémé with 105 ha, Diata with 28 ha, Glacial with 29 ha, the Cornice with 14 ha and Chad with 9 ha. However twenty years after (1966) there remained only four forests. Fifty years after (2016), there remains only the forest of Patte d'oie with a surface of 74 ha.. The anthropic pressure is the principal cause of the deforestation and the degradation of the forests of Brazzaville.

Key words: Forests, Deforestation, Urbanization, Cartography, Brazzaville

1. Introduction

Les forêts tropicales jouent un rôle important dans la régulation du climat mondial mais aussi rendent de nombreux services écosystémiques. Elles contiennent d'importants stocks de carbone et regorgent une très grande biodiversité végétale (Lewis *et al.* 2009 ; Ifo *et al.* 2016). En dehors de ces grands massifs de forêt qui s'étendent sur des millions de kilomètres carré, on trouve dans beaucoup de localités dans la zone tropicale, et à l'intérieur des cités urbaines, des forêts urbaines. Elles se définissent comme l'aménagement durable des arbres d'une société urbaine. Elles sont constituées des arbres et arbustes d'origine naturelle ou anthropique situés dans les limites d'une ville (FAO, 2010).

Ces forêts subissent plusieurs changements et conversion des terres avec des impacts importants non seulement sur les flux et stocks de carbone, mais aussi sur la biodiversité végétale (Tchatchou *et al.*, 2015, Ifo *et al.* 2016), entraînant des pertes importantes des superficies forestières (EDF, 2013, FACET CONGO , 2012)

Quelques études faites dans le monde ont décrit l'impact de l'urbanisation et de la croissance démographique » sur la durabilité des forêts (Eloy et Tourneau, 2009 ; Oura, 2012). D'autres études ont permis de comprendre les causes de la perte de ces forêts non seulement dans le

monde mais aussi dans le bassin du Congo (Geist et Lambin, 2001; Zhang et Guindon, 2005 ; Duveiller et *al.*, 2008 ; Tchatchou et *al.*, 2015).

L'urbanisation, cause directe de la déforestation est incompatible avec le maintien de la durabilité des écosystèmes forestiers (Lambin, Turner *et al.* 2001). Les forêts urbaines sont des écosystèmes avec des arbres et autres végétaux se trouvant dans des rues, les cours, les parcs, et les espaces entourant les grandes villes. Au cours des dernières décennies, la recherche a montré que les arbres urbains font partie intégrante de la qualité environnementale villes du monde entier (Bolund et Hunhammar, 1999; Dwyer et coll., 1991). Les arbres urbains et leurs sols pourraient jouer un rôle important dans la réduction des fréquences de ruissellement urbain. De même, les zones urbaines sont souvent des points chauds pour la pollution atmosphérique provenant de l'industrie automobile (Garty et coll., 1996;) Johnson et coll., 1982; (Sales et coll., 2011).

Les forêts urbaines subissent l'influence principalement de l'urbanisation qui est un frein énorme contre la préservation de ces forêts. Plusieurs études à travers le monde ont montré l'importance des forêts urbaines ainsi que le rôle qu'elles jouent dans l'équilibre du climat local ainsi que les nombreux bénéfices éco systémiques (Pramova *et al* 2012, Vroh *et al.*, 2014). La gestion des écosystèmes forestiers intra urbains a toujours été un des problèmes majeurs des autorités municipales en Afrique en général et au Congo en particulier.

Pour la ville de Brazzaville, capitale de la République du Congo et d'après les travaux de Makany (1976), la végétation forestière naturelle de Brazzaville comptait cinq massifs jusqu'aux années 1970, dont quatre (la Tsiémé, la Glaciaire, la Corniche et du Tchad) ont disparu sans que leurs biodiversités ne soient connues. Cet article ne donne cependant pas les superficies de ces différents massifs. Ces forêts et particulièrement celle de la pate d'oie ont été continuellement exposées à des pressions anthropiques fortes pour des besoins de bois énergie et de construction et la présence des pistes piétonnes (Kimpouni *et al.*, 2013). La présente étude vise à estimer les superficies des anciennes forêts de la ville de Brazzaville et de suivre leurs évolutions de 1946 date de la capture des premières images photographiques au dessus de Brazzaville jusqu'à 2016, soit soixante dix ans de suivi de la couverture forestière au dessus de la ville de Brazzaville.

2. Matériels et Méthodes

2.1 Présentation de la zone d'étude

Brazzaville, la capitale de la République du Congo (15°17' E, 4°15' S) a été fondée en 1884. Sa superficie, en nette progression, dépasse actuellement 6000 hectares.

Sa population en constante augmentation est estimée à environ un million huit cent mille d'habitants, ceci n'est pas sans conséquence sur l'environnement urbain particulièrement sur le couvert végétal.

Le climat de Brazzaville est subtropical. La pluviosité moyenne annuelle est de 1500 mm et la température moyenne annuelle est de 26°C (figure 2). L'humidité de l'air reste élevée toute l'année (80% en moyenne). Les chaleurs sont ainsi suffocantes et l'ombrage des arbres permet d'en atténuer les effets. Les vents violents, capables de renverser les arbres, sont cycliques (tous les 10 ans).

Les sols sableux sont assez profonds mais pauvres en éléments minéraux.

Selon Nzala (2002), la végétation urbaine de Brazzaville comprend cinq types d'arbres: les arbres en alignement, plantés le long des artères d'accès d'un seul côté ou de part et d'autre de la chaussée, formant une sorte de haie; les arbres de jardin, celui-ci étant un espace aménagé, planté d'arbustes et d'arbres; les arbres de cour qui occupent l'espace vide à côté des bâtiments; les arbres en clôture qui constituent des clôtures vivantes, des haies vives limitant généralement les concessions privées; les arbres de plantations intra-urbaines, ceux-ci constituant des peuplements artificiels, généralement mono spécifiques, d'essences exotiques.

Sur le plan phytogéographique, les forêts qui ont existé et qui existent appartiennent au Domaine de Basse-Guinée et au Secteur de transition Congolo-Zambézienne du District de la Léfini (Descoings, 1975 ; Kimpouni *et al.*, 1992) dont les forêts sont en majorité mésophile. La forêt naturelle du parc zoologique est une forêt à *Millettia laurentii* (Makany, 1976).

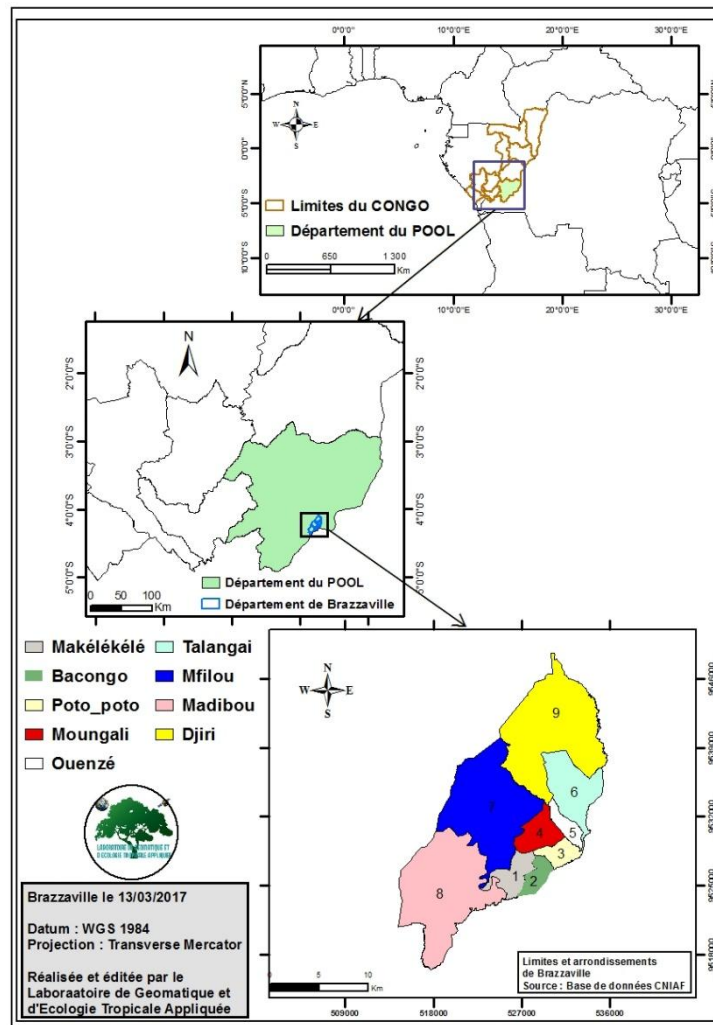


Figure 1 : Localisation du Site d'étude

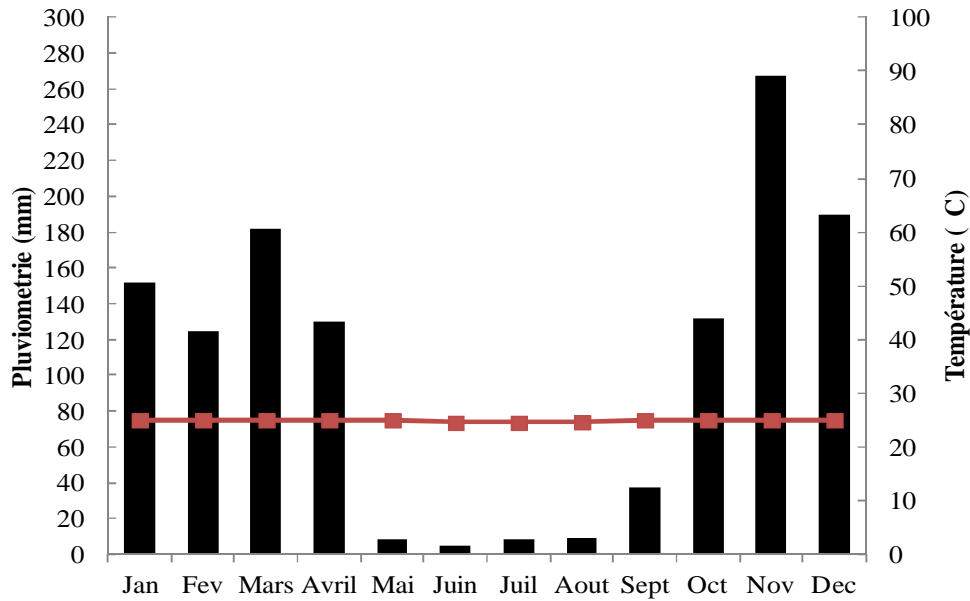


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la ville de Brazzaville, moyenne de 1946-2015 (Source : ANAC CONGO)

Brazzaville est arrosée par la Djiri au Nord et le Djoué au Sud (Vennetier, 1977). Outre ces affluents du fleuve Congo, on note la Tsiémé dans la zone nord, la Madoukou et la Mfoa dans la zone centrale qui se jettent dans le fleuve Congo. La M'filou à l'Ouest est un bras du Djoué.

2.2. Collecte des images et traitement

Les différentes images utilisées pour cette étude sont essentiellement des photographies aériennes des années 1946, 1951 et 1966 (Figures 3, 4, 5), obtenues au Centre de Recherche Géographique et de Production Cartographique et une image Landsat de 2016 obtenue par téléchargement à partir du site USGS.

Avant de réaliser la vectorisation pour calculer les superficies forestières, nous avons d'abord procédé à la numérisation des photographies aériennes (scannage des photographies), puisque celles-ci sont des données sur papier. Ensuite ces photographies ont été géo référencées à partir d'une image satellitaire à très haute résolution couvrant la ville de Brazzaville de 2016 (figure 6).

La technique du géo référencement a été utilisée par plusieurs auteurs dans la littérature (Landes *et al.* 2011). Le géo référencement a donc consisté à affecter les références spatiales dans une projection précise (UTM/WGS 84 Zone 33 Sud) à nos photographies aériennes, pour que l'information dans ces dernières soit superposée et comparée avec la situation actuelle. Le calage de ces photographies aériennes s'est réalisé avec la méthode des points amers (Muraz *et al.* 1999).



Figure 3 : Photographie aérienne de 1946



Figure 4 : Photographie aérienne de 1951



Figure 5 : Photographie aérienne de 1966



Figure 6 : Image satellitaire à 2 m de résolution

2.5 La marge d'erreur du géo référencement

Elle a pour objectif de calculer l'erreur obtenue lors du traitement de la photographie aérienne, notamment lors du géo référencement des photographies aériennes.

La marge d'erreur du géo référencement a été calculée de façon automatique pour toutes les photographies aériennes utilisées lors de cette étude. La photographie aérienne de 1946 avait une erreur totale RMS de 0,229 ; Ensuite la photographie aérienne de 1951 avait une erreur totale RMS de 0,340 et enfin la photographie de 1966 avait une erreur totale RMS de 0,110. Au final nous avons une moyenne du total d'erreur RMS de 0,226 sur une échelle moyenne de 1/15.000.

2.6 La Photo interprétation

D'après Bonn et Rochon (1992), La photo interprétation est une discipline qui consiste à examiner des images photographiques, dans l'intention de reconnaître des objets, d'analyser les grandes structures et d'apprécier leurs significations thématiques.

Pour cette étude, nous avons utilisé des photographies panchromatiques (noir et blanc). La littérature montre que les forêts dans une photographie panchromatiques présentent un aspect granuleux.

2.7 La vectorisation

Les travaux de vectorisation des supports cartographiques ont débuté par les photographies aériennes des années 1946, 1951 et 1966. Suivi de l'image satellitaire de 2016. Lors de la vectorisation des couches précitées, les shapefiles des classes d'occupation du sol ont été créés et renseignés. Les surfaces forestières ont été vectorisées avec un maximum des données dans la table attributaire et avec l'identification par des codes ainsi que les superficies, puis nous avons procédé à l'enregistrement de leurs données. Une fois finis avec la vectorisation, les données issues de la table attributaire d'ArcGis ont été exportées sur le logiciel Excel pour élaborer des histogrammes illustrant les superficies forestières.

2.8 Collecte des données sur les causes de la déforestation entre 1946 et 2016

Une étude sur les causes de la déforestation dans la ville de Brazzaville entre 1946 et 2016 a été faite sur la base de la photo interprétation des photographies aériennes à notre disposition, l'image satellitaire à très haute résolution de 2016, mais aussi de l'étape de la vérité terrain,

Pour cela, nous avons effectué une superposition des points entre les quatre images : la photographie de 1946, la photographie de 1951, photographie de 1966 et l'image satellitaire à très haute résolution de 2016. Des descentes ponctuelles sur le terrain étaient faites pour vérifier l'existence de certains bâtiments ou des changements d'utilisation de terres effectués. Des documents sur la démographie de la population humaine de la ville de Brazzaville ont été collectés afin de suivre l'évolution de la population de 1946 à 2016.

3. Résultats

3.1 Cartographie des îlots forestiers de Brazzaville de la période de 1946 à 2016

L'étude de la cartographie des îlots forestiers de Brazzaville de la période de 1946 à 2016 a révélé une grande évolution de la superficie forestière de la ville de Brazzaville depuis l'époque coloniale. Ce résultat révèle que Brazzaville avait une superficie de 459 ha de forêt en 1946 (figure 7, 8, 9, 10).

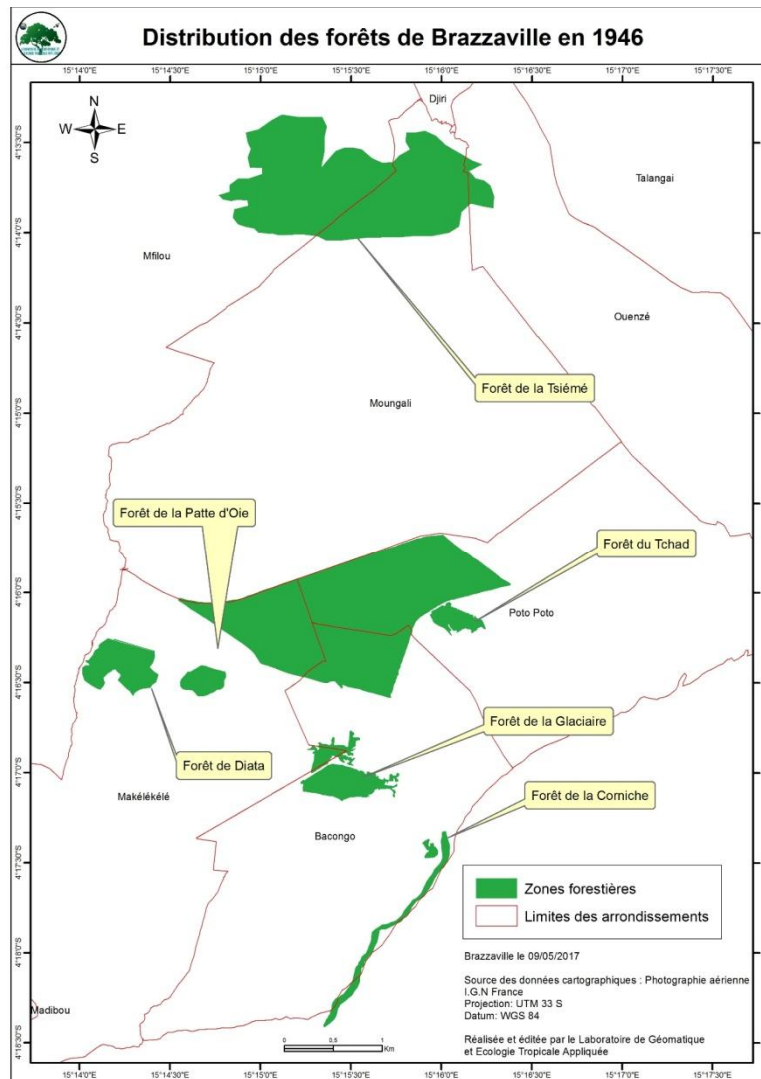


Figure 7: Distribution des forêts de Brazzaville en 1946

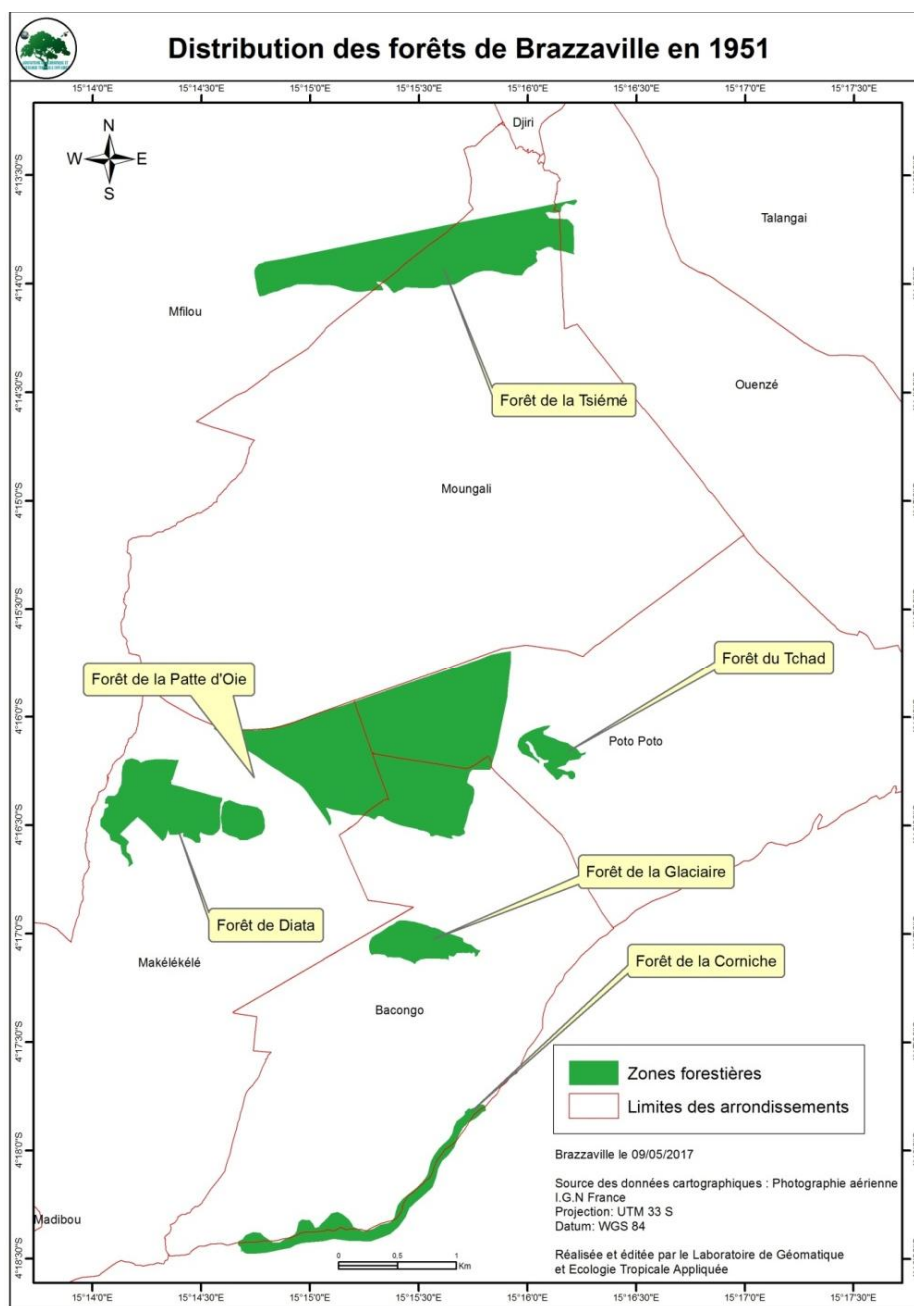


Figure 8 : Distribution des forêts de Brazzaville en 1951

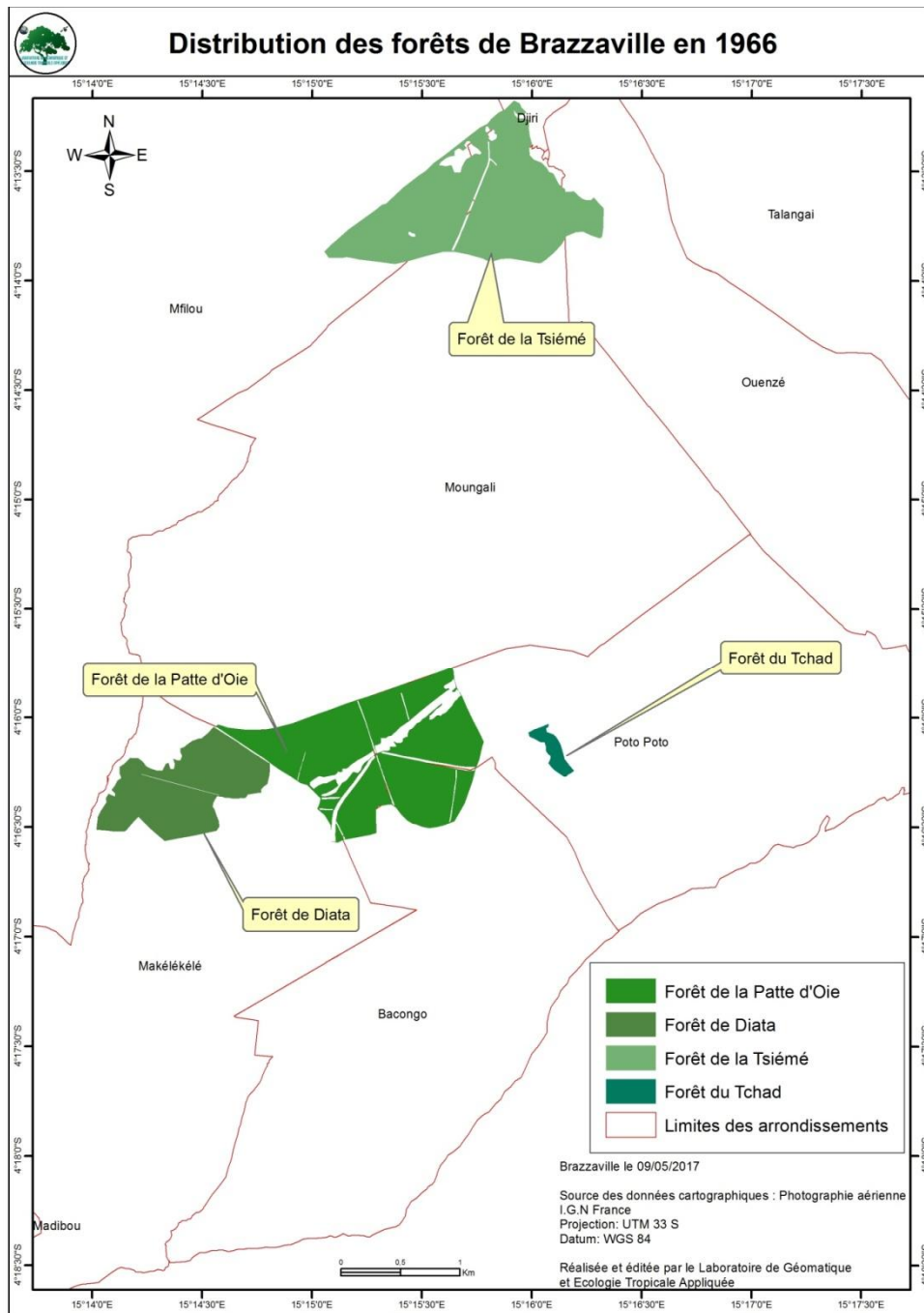


Figure 9 : Distribution des forêts de Brazzaville en 1966

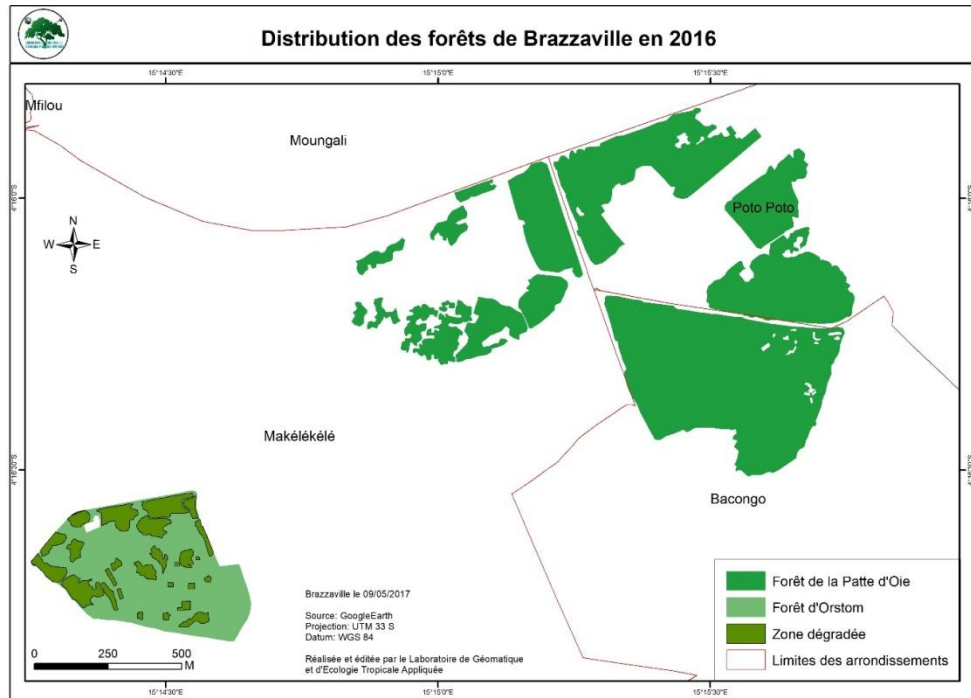


Figure 10: Distribution des forêts de Brazzaville en 2016

Cette superficie a régressé de façon significative jusqu'à atteindre une superficie de 94 ha en 2016. La zone forestière à l'intérieur de la ville de Brazzaville se résume essentiellement aux forêts de la patte d'oie et de la forêt du site de l'OROSTOM Brazzaville. Ces superficies incluent aussi celles des plantations forestières autour de la réserve de la patte d'oie.

3.2 Evolution de la superficie des îlots forestiers dans la période de 1946 à 2016

Cette étude révèle l'existence de six massifs forestiers en 1946 dans la ville de Brazzaville. Le bloc forestier de la patte d'oie est celui qui était composé du massif forestier en continue le plus important avec une superficie de 223 ha, suivi de l'îlot forestier de la tsiémé avec 143 ha. La plus faible superficie forestière était celle de la forêt du Tchad avec 12ha. Au bout de soixante dix ans la forêt de la patte d'oie a perdu 129 ha de forêt, alors que les cinq autres forêts présentes en 1946 n'existent plus. La forêt de la tsiémé est celle qui a été le plus affecté, car elle était de 143 ha en 1946 et est passée à 0 ha en 2016.

La période entre 1951 et 1966 est celle qui a connu une première perte importante des superficies forestières de forêt, et même à la disparition de la forêt de la glacière qui n'existait en 1966. Nous avons noté par ailleurs un fort écrémage de la forêt de la patte d'oie qui avait perdu 48 ha, la forêt de la tsiémé qui avait perdu 36 ha de sa superficie originelle (figure 11). Le tableau 1 présente la signification de chaque type de code dans la figure 11.

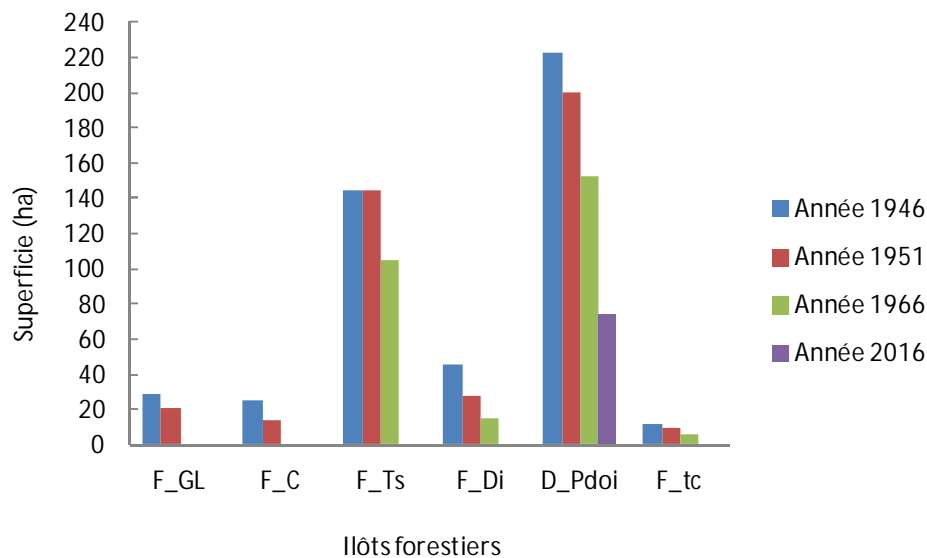


Figure 11 : Evolution de la superficie forestière de Brazzaville entre 1946 et 2016

Tableau 1 : Signification des codes

Forêts	Code
Forêt de la Glacière	F_GL
Forêt de la Corniche	F_C
Forêt de la Tsiémé	F_Ts
Forêt de Diata	F_Di
Forêt de la Patte d'Oie	D_Pdoi
Forêt du Tchad	F_tc

3.2 Evolution démographique dans la ville de Brazzaville de 1946 à 2016

La collecte des données sur la population de la ville de Brazzaville montre que dans la période entre 1946 et 2016, soit soixante-dix ans, la population humaine de la ville a augmenté de façon phénoménale. Elle est passée de 50000 habitants en 1946 à 1840000 habitants en 2016.

L'effectif de cette population est inférieur à 500000 habitants jusqu'en 1974, et elle va évoluer de façon très rapide jusqu'à dépasser le million d'habitants en 2000 (figure 12).

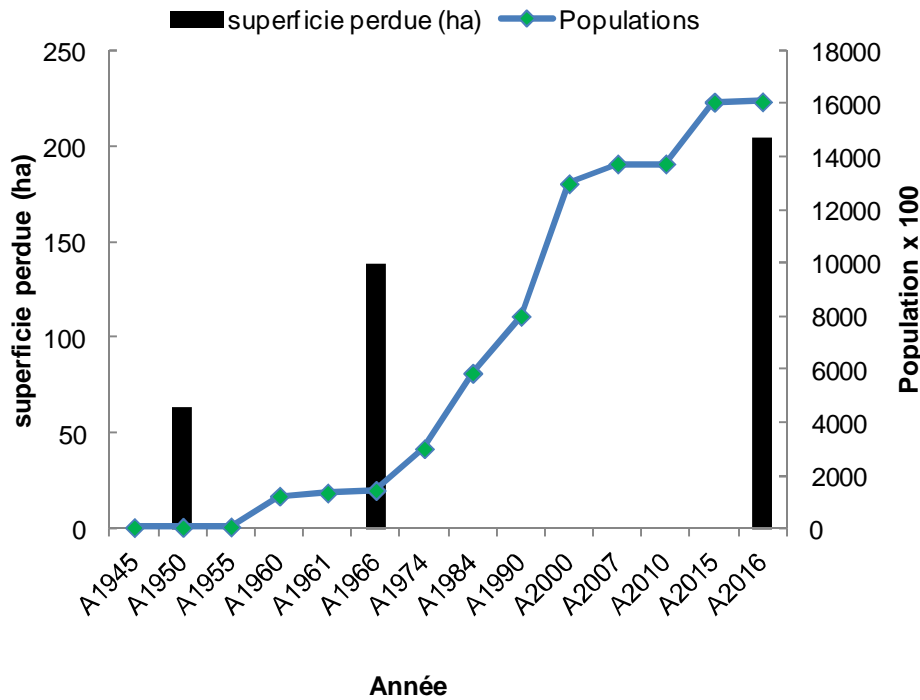


Figure 12: Croissance démographique et lien avec la déforestation dans la ville de Brazzaville de 1946 à 2016

4. Discussion

L'étude de la perte de la superficie forestière totale de la ville de Brazzaville est un bel exemple expliquant la manière dont les forêts tropicales subissent l'impact de la pression anthropique au cours du temps. Cette étude a permis de mettre en évidence les principaux facteurs qui ont expliqué d'une part la régression de certaines forêts qui existaient, et d'autre part leur perte depuis soixante dix ans. Ces causes sont : le développement des infrastructures modernes, le lotissement de la ville dû à la pression démographique, l'agriculture, la collecte du bois d'œuvre. La combinaison de ces facteurs était en effet très dommageable pour la durabilité des forêts de la ville capitale de la République du Congo.

La photo-interprétation couplée aux données relevées sur le terrain a révélé que le développement des infrastructures modernes au centre de Brazzaville (Construction du Boulevard Alfred Raoul, Bâtiment du palais de parlement, le Ministère des affaires étrangères, le camp de la milice, le stade marchand, le stade Alfred Massamba Débat, la construction de l'aéroport au cœur de la ville ont accéléré le processus de la déforestation et de la dégradation des forêts au cœur de la ville. Les facteurs cités ci-dessus ont été répertoriés comme étant des facteurs directes de la déforestation et de la dégradation des forêts.

Le projet de modernisation de la ville capitale, la croissance démographique de la population dans la ville, ont été identifiés comme des causes indirectes de la déforestation et dégradation des forêts. Ceci explique pourquoi la déforestation est très élevée en 1966 alors que l'effectif de la population était encore faible, de 1450000 habitants.

Nzala, (1980), dans une étude sur l'état de la dégradation de l'environnement forestier dans la Région de Brazzaville, affirmait « que la forêt de la patte d'oie régresse considérablement et elle risque encore de se réduire par l'augmentation de la population, par la demande toujours accrue des espaces cultivables, des lotissements surtout, par le problème du bois de chauffe. Ceci est d'autant plus grave que selon un inventaire floristique réalisé en 1960, la forêt de la Patte d'oie présentait encore une flore abondante et une végétation dense ».

Nous pouvons ici identifier l'un des modèles de la déforestation et de la dégradation des forêts proposés par Rudel et Roper (1996) appelé le modèle des frontières. Ce modèle explique la déforestation par l'action du pouvoir central, justifié par un PIB très important. Ce modèle de la déforestation justifierait les pertes des îlots forestiers du Tchad, d'une importante partie des forêts de la patte d'oie, de la forêt de la corniche.

Les îlots forestiers de la Tsiémé et de Diata ont disparu après 1966. A la place de ces forêts se sont développées deux grands quartiers de la ville de Brazzaville appelés quartier de Diata et le quartier la Tsiémé. Au départ, ces deux îlots forestiers se trouvaient à la périphérie de la zone habitée, et donc servaient à la récolte de bois énergie, du bois pour la construction et d'autres usages pour les populations de l'époque des villes de Brazzaville. L'urbanisation accélérée de la ville couplée à la croissance démographique a expliquée l'augmentation de la pression anthropique sur les ressources naturelles forestières dans la ville. L'augmentation des effectifs de la population n'était pas le fait d'une augmentation des naissances dans la ville de Brazzaville, mais plutôt le fait de l'exode rurale. Cela est confirmé par l'étude menée par Koua-OBA, (2011) qui fait remarquer que le degré élevé d'urbanisation place le Congo dans le groupe africain qui ont une forte population urbaine (52% en 1984, 55, 4% en 1996 et 660,1 en 2007%). Il ressort de cette étude que cette population croit essentiellement sous l'impulsion des migrations d'origines rurales et se concentre uniquement dans les deux grandes villes (Brazzaville et Pointe Noire). Nzala, (1980), dans une étude sur l'état de la dégradation de l'environnement forestier dans la Région de Brazzaville, affirmait déjà « que la pression humaine se font sentir nettement, cette forêt, a, en effet, le plus souvent été pillée voire détruite par la population qui a trouvé là le matériau nécessaire à sa survie ou qui l'a considérée comme un milieu nuisible à son épanouissement. L'urbanisation accélérée a commencé bien avant la période des indépendances en 1960. Balandier (1955) affirmait déjà que ce phénomène avait beaucoup plus d'inconvénient que d'avantages.

D'autres facteurs comme l'augmentation des petites superficies agricoles, la demande en bois de construction ont été identifiés comme les causes directes de la dégradation de ces forêts. « Les essences forestières constituaient la matière première végétale pour la fabrication de certains instruments de production : les manches des instruments de travail agricole : coupe-coupe, houes, haches etc était taillés dans les tiges et troncs d'arbustes et d'arbres ». L'essence forestière la plus utilisée était *Milletia laurentii* » (Nzala, 1980).

Le deuxième modèle de la déforestation pour expliquer la déforestation dans la ville de Brazzaville dans la période étudiée est le modèle d'appauvrissement. Ici, ce n'est pas le gouvernement central qui est la cause de la déforestation ou de la dégradation forestière, mais les populations locales, celles-ci pour des raisons de faible revenu, procède par un accès direct à la ressource naturelle. Dans le cas de notre étude, la ressource naturelle est les îlots

forestiers, l'occupation des parcelles en vue de l'agriculture de subsistance, la collecte de bois énergie. Si nous considérons l'ex grand massif de la tsiémé, ce n'est pas le gouvernement central qui est la cause de la perte des forêts mais plutôt une occupation anarchique de l'espace public par les populations. L'acquisition d'un terrain en vue de la construction d'une villa d'habitation. Ici, nous voulons pointer le rôle joué par les propriétaires terrain qui ont participé à la déforestation en procédant à la vente des terrains sur lesquels se sont développés des superficies importantes de forêt. Les enquêtes menées sur le terrain dans la zone de la Tsiémé et de Diata révèlent en effet que les propriétaires fonciers ont bien joué ce rôle. L'augmentation de la population urbaine de la ville de Brazzaville avec le temps (Sautter, 1966), a participé à amplifier la pression sur les forêts de Brazzaville. Différentes enquêtes menée sur le terrain auprès des personnes âgées ont révélé que ces forêts permettaient la collecte du bois énergie, mais aussi pour différents besoins comme la construction de maisons. Aussi les premiers occupants de Brazzaville avait des activités agricoles autour des zones forestières. L'existence des pistes à l'intérieur de ces forêts comme le souligne Nzala (1979) démontre que ces massifs servaient aussi à la cueillette et à la chasse animale.

Conclusion

Cette étude a permis de cartographier les superficies des différents îlots forestiers de la ville de Brazzaville et de suivre leurs évolutions entre 1946 et 2016. La ville de Brazzaville a perdu l'essentiel de ces massifs forestiers au cours des 70 dernières années. L'étude des différentes photographies aériennes ainsi que des images Landsat, couplées à des décentes sur le terrain a révélé plusieurs causes directes et indirectes de la déforestation et de la dégradation des forêts de Brazzaville. La construction des routes, aéroport, bâtiments officiels de l'Etat, le lotissement ont été identifiés des causes directes de la déforestation alors que la collecte du bois énergie, du bois en vue des travaux de charpentes, l'agriculture de subsistance ont été identifiées comme les causes de la dégradation.

Le manque de planification des travaux de modernisation de la ville de Brazzaville couplé aux facteurs socio économique expliquent à nos yeux les disparitions des certains îlots forestiers et la régression significative de celle qui existe encore de nos jours, la forêt de la patte d'oie.

Nous envisageons dans les travaux futurs quantifiés les efflux de gaz à effet de serre libérés suite à ces pertes de forêts.

Bibliographie

BOLUND, P., S. HUNHAMMAR., (1999), Ecosystem services in urban areas. *Ecol. Econ.* 29:293–301. doi:10.1016/S0921-8009(99)00013-0

BONN F., ROCHON G. (1992), Précis de télédétection, vol. 1 – Techniques et méthodes. Québec et Montréal, Presses de l'Université du Québec/AUPELF

DESCOINGS B. (1975), Les grandes régions naturelles du Congo. *Candollea*, 30: 91-120.

DUVEILLER G., DEFOURNY P., DESCLÉE B. ET MAYAUX P. (2008), Deforestation in Central Africa—estimates at regional national and landscape levels by advanced processing of systematically distributed Landsat extracts. *Remote Sens Environment*, 112: 1969 – 1981.

DWYER, J.F., H.W. SCHROEDER, AND P.H. GOBSTER. (1991), The significance of urban trees and forests: Toward a deeper understanding of values. *J. Arboric.* 17:276–284.

ELOY L., LE TOURNEAU F.-M. (2009). « L'urbanisation provoque-t-elle la déforestation en Amazonie? Innovations territoriales et agricoles dans le nord-ouest Amazonien (Brésil) ». *Annales de géographie*, t. 118, n° 667, p. 204-227.

ETAT DES FORETS. (2013), Les forêts du bassin du Congo, Eds : de Wasseige C., Flynn J., Louppe D., Hiol Hiol F., et Mayaux Ph, -2014, Weyrich, Belgique, 328p.

FAO (2010), Evaluation des ressources forestières mondiale, Rapport national Congo, FAO, département des forêts, Rome, 72p.

GARTY, J., KAUPPI M., et KAUPPI A., (1996), Accumulation of airborne elements from vehicles in transplanted lichens in urban sites. *J. Environ. Qual.* 25:265–272. doi:10.2134/jeq1996.00472425002500020009x

GEIST H J., LAMBIN E.F.(2001), III Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) Project IV. International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP) V. International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), LUCC Report Series.

IFO S.A., MOUTSAMBOTE J.-M., KOUBOUANA F., YOKA J., NDZAI S.F., BOUETOU-KADILAMIO L.N.O., MAMPOUYA H., JOURDAIN C., BOCKO Y., MANTOTA A.B., MBEMBA M., MOUANGA-SOKATH D., ODENDE R., MONDZALI L.R., MAMPOUYA WENINA Y.E., OUISSIKA B.C., LOUMETO J.J. (2016), Tree Species Diversity, Richness, and Similarity in Intact and Degraded Forest in the Tropical Rainforest of the Congo Basin: Case of the Forest of Likouala in the Republic of Congo, *Intrnational journal of forestry Research*, 12p.

JOHNSON, A.H., T.G. SICCAMMA, AND A.J. FRIEDLAND. (1982), Spatial and temporal patterns of lead accumulation in the forest floor in the northeastern United States. *J. Environ. Qual.* 11:577–580. doi:10.2134/ jeq1982.00472425001100040005x

KIMPOUNI V, LEJOLY J, LISOWSKI S. (1992), Les Eriocaulaceae du Congo. *Fragmenta Floristica Geobotanica*, 37: 127-145.

KIMPOUNI, V. MBOU, P. GAKOSSO, G. et MOTOM, M. (2013); Floristic diversity and structural parameters of the Brazzaville Patte d'Oie forest, Congo. *Open journal of ecology*, Vol.3, No.8, 518-531 (2013), 14p.

KOUA-OBA, (2011), Modèles, tendances et conséquences de l'urbanisation au Congo-Brazzaville. UERPOD Union pour l'Etude et la Recherche sur la Population et le Développement.

LANDES, T., GRUSSENMEYER, P. (2011a), Les principes fondamentaux de la lasergrammétrie terrestre : systèmes et caractéristiques (partie 1/2). Revue XYZ n°128, p. 37-49.

LEWIS S.L., SONKE B., SUNDERLAND T., BEGNE S.K., LOPEZ-GONZALEZ G., VAN DER HEIJDEN G.M.F., PHILLIPS O.L., AFFUM-BAFFOE K., BAKER T.R., BANIN L., BASTIN J.F.B., BEECKMAN H., BOECKX P., BOGAERT J., DE CANNIÈRE C., CHEZEAUX E., CLARK C.J., COLLINS M., DJAGBLETEY G., DJUIKOUO M.N.K., DROISSART V., DOUCET J.L., EWANGO C.E.N, FAUSET S., FELDPAUSCH T.R., FOLI E.G., GILLET J.F., HAMILTON A.C., HARRIS D.J., HART T.B., HAULLEVILLE T., HLADIK A., HUFKENS K., HUYGENS D., JEANMART P., JEFFERY K.J., KEARSLEY E., LEAL M.E., LLOYD J., LOVETT J.C., MAKANA J.R., MALHI Y., MARSHALL A.R., OJO L., PEH K.S.-H., PICKAVANCE G., POULSEN J.R., REITSMA J.M., SHEIL D., SIMO M., STEPPE K., TAEDOUM H.E., TALBOT J., TAPLIN J.R.D., TAYLOR D., THOMAS S.C., TOIRAMBE B., VERBEECK H., VLEMINCKX J., WHITE L.J.T., WILLCOCK S., WOELL H. AND ZEMAGHO L., (2013), Above-ground biomass and structure of 260 African tropical forests. Phil. Trans. R. Soc. B. 368: 20120295. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0295>

MAKANY L. (1976). Végétation des Plateaux Téké (Congo). Collection des travaux de l'Univ. De Brazzaville, 301p.

MURAZ J., DURRIEU S., LABBE S., ANDREASSIAN V., TANGARA M. (1999), Comment valoriser les photosaériennes dans les SIG ?. Ingénieries - E A T, IRSTEA édition 1999, p. 39 - p. 58.

N'ZALA D. (1980), La dégradation de l'environnement forestier dans la région de Brazzaville, mémoire de fi d'étude, IDR, Univ. Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo, 98p.

N'ZALA D., MIANKODILA P. (2002), Arbres et espaces verts a Brazzaville (Congo). BOIS ET FORET DES TROPIQUES, 2002, n°272 (2), pp. 88-92.

OURA R.K (2012). Extension urbaine et protection naturelle : La difficile expérience d'Abidjan. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 Numéro 2 | septembre 2012, mis en ligne le 31 octobre 2012, consulté le 02 août 2017. URL : <http://vertigo.revues.org/12966> ; DOI : 10.4000/vertigo.12966

PRAMOVA E., LOCATELLI B., DJOUDI H., SOMORIN O. (2012), Le rôle des forêts et des arbres dans l'adaptation sociale à la variabilité et au changement climatique. Brief n°14, Décembre 2012/cicofor.org. 16p.

RUDEL T. ROPER J. (1996), Regional Patterns and Historical Trends in Tropical Deforestation, 1976-1990. A Qualitative Comparative Analysis. – *Ambio*. Vol. 25 (3), pp. 160-166.

TCHATCHOU B., SONWA D.J., IFO S. TIANI A. M., (2015), Déforestation et dégradation des forêts dans le bassin du Congo : Etat des lieux, causes actuelles et perspectives, Papier occasionnel 120, Bogor, Indonésie : CIFOR, 47p.

VENNETIER P. (1977), Atlas du Congo; Ed. Jeune Afrique; 32p.

VROH B.T.A., TIEBRE M.S. et N'GUESSAN K.E. (2014), Diversité végétale urbaine et estimation du stock de carbone : cas de la commune du plateau Abidjan, Cote d'Ivoire. Afrique SCIENCE 10(3) (2014) 329-340. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>.

ZHANG Y., GUINDON B. (2005), Landscape Assessment of Human Impacts on Deforestation in the Great Lakes Watershed. Canada Journal of Remote Sensing, vol. 31. pp: 153-166.