



ANNALES DE L'UNIVERSITE MARIEN NGOUABI

Sciences et Techniques

VOL. 19 – N° 1 – ANNEE 2019

ISSN : 1815 – 4433

www.annalesumng.org

Indexation : Google Scholar

ANNALES DE L'UNIVERSITE MARIEN NGOUABI *SCIENCES ET TECHNIQUES*



VOLUME 19, NUMERO 1, ANNEE 2019.

www.annales.umng.org

SOMMAIRE

Directeur de la publication :

J-R. IBARA

Rédacteur en chef :

J ; GOMA-TCHUMBAKALA

Rédacteur en chef adjoint

B. PASSI MABIALA

Comité de lecture

A.A. ABENA (Brazzaville)
J.M. BESSIERE (Montpellier)
G. COLLIN (Québec)
R. DELMAS (Toulouse)
C. DEMANGEAT (Strasbourg)
E.B. DONGALA (Brazzaville)
L. DORBATH (Strasbourg)
G. LAMATY (Montpellier)
P. LEPOIVRE (Gembloux)
J. MABANDZA (Brazzaville)
F. MIALOUNDAMA (Brazzaville)
B. MILLET (Besançon)
J.M. OUAMBA (Brazzaville)
B. PACKA-TCHISSAMBOU (Brazzaville)
T. SILOU (Brazzaville)
J.P. TATHY (Brazzaville)
L. TCHISSAMBOU (Brazzaville)
F. YALA (Brazzaville)

Comité de rédaction

C. BOUKA BIONA (Brazzaville)
D. LOUEMBE (Brazzaville)
B. MPASSI MABIALA (Brazzaville)

Webmaster

R. D. ANKY

Administration – Rédaction :

Université Marien NGOUABI
Direction de la Recherche
B.P. 69, Brazzaville – Congo
E-mail : annales@umng.cg

ISSN : 1815 - 4433

Indexation : Google Scholar

- 1 **Dynamique spatio-temporelle et structure de la végétation de la forêt classée d'Atakpame au Togo**
DOURMA M., SOOU E., ATAKPAMA W. FOLEGA F., AKPAGANA K.
- 23 **Caractérisation des bactéries isolées de deux sols pollués par les hydrocarbures de Brazzaville, Congo**
GOMA-TCHIMBAKALA J., LEBONGUY A. A., PONGUY SOUELI C. R
- 33 **Amélioration de la qualité des savonnettes à base d'huiles de palme, de coco, de kolo, du beurre de karité et des huiles essentielles de citronnelle et de waya par les plans de mélange et l'évaluation sensorielle**
MIKOLO B., LOEMBA NGOMA R. F., TSOUMOU K. ET MASSAMBA D



DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE ET STRUCTURE DE LA VEGETATION DE LA FORET CLASSEE D'ATAKPAME AU TOGO

DOURMA M.^{1*}, SOOU E.¹, ATAHPAMA W.¹, FOLEGA F.¹, AKPAGANA K.¹

Faculté des Sciences

¹Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale (LBEV)

Université de Lomé

République du Togo

E-mail : dourma2m@gmail.com

RESUME

L'étude est menée sur les formations boisées de la forêt classée d'Atakpamé (FCA) au Togo. L'étude vise à préciser la dynamique d'occupation du sol de la forêt classée d'Atakpamé soumise à une pression anthropique sur une série temporelle de 1987 à 2016. Il s'agit précisément de déterminer la dynamique d'occupation du sol de la forêt classée d'Atakpamé de 1987 à 2016 et de préciser la structure des formations boisées actuelles résultant des modifications anthropiques. La connaissance de ces paramètres est indispensable à la gestion durable des ressources de cette forêt. A partir de l'analyse de documents cartographiques, trois (3) classes d'occupation du sol sont discriminées sur la base de leur similarité floristique à savoir : les formations denses, les mosaïques champ-jachères puis les agglomérations et sols nus. Sur la série temporelle 1987-2016, la superficie des formations denses régresse de 88,83% soit un taux annuel de 3,06% contrairement à celles des mosaïques champ-jachères et des agglomérations et sols nus qui augmentent respectivement de 75,84% et de 67,01%. La structure diamétrique des formations boisées est en « L », preuve d'une dominance de tiges d'arbres de petits diamètres. La répartition des tiges d'arbres par classe de hauteurs donne une structure en « cloche » dans les plantations et dans les champ-jachères traduisant une dominance d'arbres de hauteurs moyennes. Le taux de régénération est faible dans les plantations forestières, moyenne dans les champ-jachères de haut-versants et élevé dans les champ-jachères de mi-versants. Le taux de régénération varie de 89,63% et 95,72%. La dynamique régressive de la végétation de forêts est la conséquence des activités anthropiques dont les principales causes sont entre autre l'agriculture, la chasse, les feux de végétation, les constructions anarchiques, la carbonisation et les coupes du bois. La situation topographique et géographique de cette forêt classée (flanc de montagne en milieu urbain), plaide en faveur de sa préservation à des fins écotouristiques et environnementales surtout avec les efforts des services en charge du secteur forestier aux Togo.

Mots-clés : occupation du sol, dynamique, structure, gestion durable, forêt classée d'Atakpamé, Togo.

ABSTRACT

The study is conducted on the woodlands of the Atakpamé classified forest (FCA) in Togo. The study aims to determine the land-use dynamics of the Atakpamé classified forest subjected to anthropic pressure over a time series from 1987 to 2016. It is precisely to determine the land use change dynamics of Atakpamé classified forest from 1987 to 2016 and to clarify the structure of current woodland resulting from anthropogenic changes. These parameters have to be known to ensure the sustainable forest resources management. Three (3) land-use classes: dense forests, field-fallows mosaics and agglomerations and bare soils were discriminated by cartographic analyzes. From 1987 to 2016, dense forests declined by 88.83% with an annual rate of 3.06%. Field-fallows mosaics increased by 75.84% formations, proof of a dominance of small tree stems. The height distribution of the tree stems gives a "bell" structure in the plantations and in the field-fallows indicating a dominance of trees of average height. The rate of regeneration is low in forest plantations, average in the field-fallows of the slopes, and high in the field-fallows of the slopes. The regeneration rate varies from 89.63% to 95.72%. The regressive dynamics of forest vegetation current events with anthropogenic activities such as agriculture, hunting, bush fires, constructions, charring and cutting of wood as main causes. The topographical and geographical situation of this forest (urban mountainous zone) advocates its preservation for ecotourism and environmental purposes, especially with the efforts of the office in charge of forestry sector in Togo.

Key words: land use, dynamics, structure, sustainable management, classified forest of Atakpamé, Togo

INTRODUCTION

Les superficies des forêts naturelles du globe régressent, occasionnant la perte de leur biomasse (Badji, et *al.*, 2014 ; Koné et *al.*, 2014 ; Özçağlar et Atasoy, 2014). Aussi, les effets des aléas naturels dus aux changements climatiques couplés aux multiples pressions anthropiques sont-ils les principales sources de dégradation et de déforestation des écosystèmes forestiers (Barima et *al.*, 2009, Weaver, 2013). Au plan local, on assiste à la modification des caractéristiques structurelles originales des écosystèmes forestiers, un déséquilibre de leur fonctionnement (Fahrig, 2003 ; Sist et *al.*, 2012). Aussi, les modes et systèmes d'exploitation de ces ressources forestières, souvent inappropriés ne favorisent pas leur gestion durable. Cette situation est amplifiée par la non maîtrise des conditions climatiques de plus en plus sévères et empêche la gestion durable des ressources voire l'extinction de la biodiversité (Tayo, 2014 ; Gülersoy, 2014).

En dépit des progrès enregistrés par les nouvelles technologies et les politiques en matière de gestion de l'environnement, l'accroissement démographique galopant et le développement économique des agglomérations urbaines anéantissent les efforts. De plus, la dynamique de croissance des massifs forestiers, la disponibilité et la gestion des ressources ligneuses de ces aires sont souvent méconnus d'autant plus que les zones concernées ne disposent pas d'outils de gestion même sommaires (Gülersoy, 2014).

En Afrique subsaharienne, les forêts qui jouent de multiples fonctions et demeurent la source de divers enjeux politique, économique et scientifique ne sont pas épargnées de ces pressions.

Dans le cas spécifique du Togo, pays à faible couverture forestière (24,24% de la superficie nationale évalué par la GIZ en 2015), au fort taux de dégradation

estimé à 5,1% entre 2000 et 2010 (FAO 2010), les enjeux restent de taille. A l'instar, des autres forêts du Togo, la forêt classée d'Atakpamé, située en pleine agglomération (Photo 1) est très vulnérable suite à l'envahissement des populations riveraines en quête de nouvelles superficies à des fins agricoles dans les années 90 et pour l'installation des habitations (Photo 2) (Anonyme, 2001 ; MERF, 2002). Or, à ce jour, seule la diversité floristique de cette forêt est connue (Dourma et *al.*, 2017). Aucune étude n'a abordé la dynamique, la structure et l'écologie ou les unités d'occupation du sol de la FCA. Il est essentiel de connaître la dynamique d'occupation du sol de la FCA, afin d'envisager une meilleure gestion future de ces ressources. L'objectif général de l'étude vise à préciser la dynamique d'occupation du sol de la forêt classée d'Atakpamé soumise à une pression anthropique sur une série temporelle de 1987 à 2016. Il s'agit précisément de déterminer la dynamique d'occupation du sol de la forêt classée d'Atakpamé de 1987 à 2016 et de préciser la structure des formations boisées actuelles résultant des modifications anthropiques.

Dans cette optique, pour relever quelques défis, deux questions de recherche méritent une attention particulière. Quelle est la dynamique d'occupation du sol de la forêt classée d'Atakpamé de 1987 à 2016 ? Quelle est la structure de cette forêt face aux modifications de ces composantes ? Les résultats de cette étude constituent des outils pouvant orienter les décideurs publics, les acteurs de développement, les gestionnaires des ressources naturelles et les organisations de la société civile dans la planification et la prise de décisions.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation du milieu d'étude

D'une superficie de 581,65 ha, la zone d'étude a été érigée en forêt classée

d'Atakpamé (FCA) par l'arrêté n° 532 du 7 octobre 1939 par l'administration coloniale. Elle se situe dans la préfecture d'Ogou (Figure 1). La forêt classée fait partie intégrante du paysage des plaines du centre (zone écologique III) du Togo. Elle développe sur les flancs d'une colline limitée à l'Est par la route nationale n°1 à l'Ouest par la route Atakpamé-Gbekon et au Sud-ouest par la route Agbonou-Atakpamé.

La zone jouit d'un climat de type soudano-guinéen à régime unimodal, marqué par une variabilité de saisons. Les températures oscillent de 21,5 à 28,1°C alors que la moyenne des précipitations est de 1300 mm/an. Les sols peu évolués d'érosion, à gravillons de type ferrallitique non indurés sont dominants. Les groupes socio-culturels dominants sont composés de Ifè, Ana, Ewé, Kabiyè, Tem, Nawda, Bassar, etc, aux croyances religieuses diverses (Gnon-Samya, 1981). Ces populations locales vivent aux dépens de l'exploitation des ressources naturelles et des revenus qui proviennent essentiellement de l'agriculture aux pratiques moins durable à fort impact négatif sur la végétation.

COLLECTE DE DONNÉES

Acquisition des données géospatiales

L'étude de la dynamique des changements d'affectation des terres de 1987 à 2016 est basée sur l'analyse de trois types de données à savoir : les scènes de résolution spatiale acceptable et adaptée à la cartographie de l'occupation des terres et les images satellites du portail du Global Land Cover Facilities (GLCF) de l'Université de Maryland, téléchargées [URL : <http://www.glcf.umd.edu/data> ;<http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>]. Le niveau L1B de prétraitement de ces images qui prend en compte les corrections radiométriques et géométriques ont orienté le choix.

Trois scènes Landsat de résolution spatiale de 30 m ont été utilisées. Elles renferment les informations spectrales suffisantes pour analyser les affectations de changement d'occupation du sol conformément aux travaux antérieurs (Foléga et al., 2015 ; Polo-Akpisso et al., 2016). Il s'agit des images de type Thematic Mapper (TM) (Path/Row : 192/053) du 30 octobre 1987, de type Enhance Thematic Mapper Plus (ETM+) (Path/Row : 192/053) du 9 novembre 2000 et de type Operational Land Imager (OLI8) (Path/Row : 192/055) du 4 mai 2016.

Acquisition des données dendrométrique

Sur la base d'une image Spot 6 en date de 2016 fournis à Bing Map par Astrium Services, des points d'échantillonnage écologique ont été générés de façon aléatoire à partir d'une grille de maille de 100 m x 100 m sous le logiciel QGIS. Ensuite un choix aléatoire de 35 placettes est fait dans les différentes unités d'occupation. Sur la base des travaux antérieurs (Atakpama et al., 2016; Folega et al., 2018), des placettes de 2500 m² et 400 m² ont été respectivement retenues pour les agrosystèmes (champ-jachères) et les écosystèmes (plantations et forêts) pour un inventaire forestier. Sur cette aire toutes les espèces d'arbres présentes sont notées. La hauteur, le diamètre à 1,30 m au-dessus du sol sont mesurés pour les tiges à dbh ≥ 10 cm (Wala et al., 2012). En fin, trois sous-placettes de 9 m² sont installées diagonalement pour effectuer l'inventaire de la régénération élargie aux tiges de dbh < 10 m, aussi bien pour les semis, rejets de souche et drageons conformément aux travaux de Dourma et al., 2009.

TRAITEMENT DE DONNÉES

Traitement des données géospatiales

Une série de processus et de techniques ont été employées pour classer les images Landsat acquises. Les différentes bandes spectrales ont été

combinées « Layers staking » pour obtenir des scènes multispectrales. Les trois scènes correspondant aux années 1987, 2000, et 2016 ont été soumises à une correction radiométrique et atmosphérique en utilisant la fonction « DOS 1 Atmospheric » du logiciel QGIS. Ces corrections ont pour objectif de rehausser la qualité des images (Ducrot, 2005) afin de disposer d'un maximum d'informations réelles sur les entités spatiales contenues dans les scènes (Caloz et al., 1993 ; Puech, 1993 ; Caloz & Collet, 2001).

Les images des scènes corrigées ont été soumises à une classification semi-dirigée qui a consisté dans un premier temps en une classification des images en 20 classes suivant l'algorithme «Isodata» du logiciel Erdas 2011. Cet algorithme a été adopté pour son efficacité à classer les données complexes suivant le degré de similarité spectrale. Les 20 classes ont été de nouveau codifiées sur la base des unités d'occupation du sol représentatives rencontrées dans la FCA. De cette nouvelle classification trois nouvelles images dont les classes thématiques sont en concordance avec la classification nationale ont été générées.

Des traitements relatifs à l'amélioration de la classification tel que « sieve classes et lissage » ont été appliqués essentiellement aux résultats issus des images classées. Cette opération a été réalisée par l'entremise de l'algorithme « sieve classes » dans le but d'éliminer les pixels isolés ou non classés. Dans le souci d'avoir des fichiers plus malléables faciles à exporter dans un SIG (Binard & Collette, 1993), les outputs des images ont été vectorisés. Les trois fichiers vectoriels correspondant à 1987, 2000 et 2016 ont été mis en page sous le logiciel de cartographie QGIS afin de générer les cartes tendanciennes de l'occupation du sol de la FCA.

Enfin une quinzaine de points d'échantillonnage à raison de cinq par

classe ont été projetés de façon aléatoire sur les cartes obtenues. Ces points ont servi de vérification de terrain dans la perspective de réaliser un test de Kappa pour évaluer la précision de la classification. Avant de procéder à une mise en page définitive des résultats cartographiques, la superficie des différentes classes pour chaque année a été calculée. Enfin, les images obtenues ont subi une analyse de détection de changement des unités d'occupation pour établir la dynamique spatio-temporelle de la forêt classée d'Atakpamé de 1987 à 2016.

Evaluation des caractéristiques structurales

Une matrice de 35 relevés avec 40 espèces a été élaborée sur la base de l'abondance/dominance des espèces, avec en ligne les espèces et en colonne les relevés dans un tableur Excel. Cette matrice est soumise à une analyse à l'aide du logiciel Community Analysis Package (CAP® 2.15) suivant la méthode de DECORANA® (DEtrended CORrespondance ANALysis) en vue d'une ordination des relevés sur la base de leur similarité floristique. Pour les différents groupes définis, les paramètres structuraux tels que le diamètre moyen (Dm) ($Dm = \frac{\sum dx}{nx}$) la hauteur moyenne de Lorey (Hm) ($Hm = \frac{\sum hx}{nx}$) et la surface terrière (g) ($g = \frac{\sum cx^2}{4\pi}$) sont calculés (dx = diamètre du pied x , nx = nombre total de pieds, cx = circonférence du pied x). La classification des tiges d'arbres par classes de diamètre et de hauteur à l'aide du tableur Excel couplé au logiciel Minitab 1.6 a permis d'établir la structure démographique à partir de la distribution de Weibull :

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} + \exp \left[- \left(\frac{x-a}{b} \right)^c \right],$$

Rondeux (1999).

La distribution de Weibull à 3 paramètres (a , b et c) a pour fonction de densité de probabilité f pour toute valeur x

de la variable aléatoire. Une interprétation correcte de la structure d'un peuplement nécessite avant tout un bon ajustement de la forme observée à une distribution théorique. Ainsi, les paramètres de la distribution sont utilisés pour mieux apprécier et analyser les conditions de vie du peuplement ; x = diamètre des arbres; $f(x)$ = valeur de densité de probabilité au point x ; a = paramètre de position ; il est égal à 0 si toutes les catégories d'individus sont considérées (régénérations, juvéniles et arbres adultes) ; il est non nul si les arbres considérés ont un diamètre supérieur ou égal à a (10 cm), b est le paramètre d'échelle ou de taille; il est lié à la valeur centrale des diamètres des arbres du peuplement considéré, et c 'est le paramètre de forme lié à la structure en diamètre considérée; la distribution de Weibull peut prendre plusieurs formes selon la valeur du paramètre de forme (Husch et al., 2003).

RESULTATS

Typologie des formations végétales

Trois (3) principaux groupes de relevées correspondants aux types d'occupations du sol de la FCA (Figure 2) sont discriminés sur la base de leur similarité floristique. Il s'agit des champ-jachères de mi-versants (G1) (Photo 4), des plantations forestières de bas et mi-versant (G2) et des champ-jachères du haut-versants (G3).

Le groupe des champ-jachères de mi-versants (G1) comprends 11 placettes avec une abondance de *Tectona grandis* de 45,71 %. La densité moyenne est de 25 ± 42 pieds/ha avec un diamètre moyen de $41,78 \pm 28,31$ cm, une hauteur moyenne de $14,62 \pm 13,86$ m et une surface terrière moyenne de $3,48 \pm 3,36$ m²/ha.

Le groupe des plantations forestières (G2) de densité moyenne 290 $\pm$ 439 pieds/ha comprends 11 placettes à dominance de tecks (75,78 %). Le diamètre moyen est de $18,34 \pm 8,16$ cm, la hauteur moyenne de $7,84 \pm 2,39$ m et une

surface terrière moyenne de $3,42 \pm 5,94$ m²/ha.

Les champ-jachères de haut-versants (G3) de densité moyenne 21 $\pm$ 18 pieds/ha, comprend 13 placettes avec une abondance de 58,20% pour le Tecks. Le diamètre moyen, la hauteur moyenne et la surface terrière moyenne correspondent respectivement à $25,51 \pm 10,61$ cm, $12,16 \pm 3,54$ m et à $1,05 \pm 1,13$ m²/ha.

Les tests statistiques montrent une différence significative de la variation des diamètres ($p = 0,00$) et des hauteurs ($p = 0,03$) des tiges avec un interval de confiance de 88,01% (Figure 3). La différence est plus marquée entre le groupe des formations denses et celui des champ-jachères de mi-versants. On note de même une différence entre la distribution des hauteurs des tiges. Les tests statistiques confirment aussi la différence de densités et de surfaces terrières entre les groupes discriminés ($p = 0,00$) avec un interval de confiance de 88,05 %, notamment entre celui des plantations forestières (G2) et des champ-jachères.

Dynamique d'occupation du sol de la forêt classée d'Atakpamé

La classe des formations denses regroupe les plantations forestières et quelques îlots de forêts naturelles. Les îlots de forêts naturelles datant de l'époque coloniale, jadis les plus représentatives sont caractérisées par la présence de reliques de quelques formations denses. Des plantations forestières à dominance de tecks d'âge variable se mélangent aux mosaïques champ-jachères qui constituent un groupe hétérogène qui se caractérise par la pratique de système Taungya (photo 3). Dans ces systèmes agroforestiers, les cultures vivrières sont associées aux jeunes plantations de tecks en accord avec l'administration forestière et le paysan exploitant. Cette classe est la plus dominante en 2016. Les agglomérations et sols nus sont des terres sans végétation ou

à faible couverture végétale. Elles regroupent les sols nus, les constructions et les jardins de cases.

En 2016, les formations denses occupent 38,98 ha, les mosaïques de champ-jachères représentent 378,27 ha, les agglomérations et sols nus couvrent 40,97 ha. L'analyse diachronique des cartes thématiques de la FCA de 1987, 2000 et 2016 montrent une diminution considérable de la superficie des plantations forestières au détriment des mosaïques champ-jachères et des agglomérations et sols nus dont les superficies augmentent considérablement sur la même période (Figure 4).

Entre 1987 et 2000 les superficies des formations denses régressent de 82,68 %. Par contre, les superficies des mosaïques champ-jachères augmentent de 75,93% et celles des agglomérations et sols nus augmentent de 8,92 % pour la même période (Tableau 1). Le taux de régression des formations denses a baissé à 35,53% entre 2000 et 2016. Il en est de même des mosaïques champ-jachères qui régressent de 0,36%. Seuls les agglomérations et les sols nus ont connus une relative augmentation de 2000 à 2016 (Tableau 1).

Sur la série temporelle 1987-2016, une dynamique régressive milite en faveur de formations denses de la FCA. Le taux de diminution étant de 88,83%. Les mosaïques champ-jachères et les agglomérations et sols nus ont connu une dynamique progressive sur la série temporelle 1987- 2016. Les taux d'évolution étant de 75,84% pour les mosaïques champ-jachères et de 67,01% pour les agglomérations et sols nus (Tableau 1).

Structure démographique des formations ligneuses de la forêt classée d'Atakpamé

La distribution des tiges par classe de diamètre montre une structure en « L » dans la forêt classée, en particulier dans les

champ-jachères de mi-versants et les plantations forestières (Figure 5). Les plus fortes densités de tiges par classes de diamètre se retrouvent dans les plantations forestières (G2), tandis que les plus faibles se retrouvent dans les champ-jachères de haut-versants. Cependant, à part la première classe de diamètre, la diminution des densités des tiges semble normale. Au niveau des champ-jachères de mi-versant, seule la première classe de diamètre est fortement représentative. Quelques pieds de diamètre élevés de plus de 40 cm sont aussi remarquables.

Le coefficient de forme de distribution théorique de Weibull « c » est inférieur à 1 dans les groupes G1 et G2 et de 1,16 dans G3. La distribution par classe de hauteur donne une allure en cloche asymétrique positive dans les plantations forestières et les champ-jachères de haut-versants. Le coefficient de forme « c » de distribution théorique de Weibull est compris entre 1 et 3,6 (Figure 6), distribution caractéristique de formations monospécifiques à dominance des tiges de petites classes de hauteur.

Régénération des espèces ligneuses de la forêt classée d'Atakpamé

Globalement, les rejets de souches sont les plus rencontrés suivis de régénération par semis en ce qui concerne les espèces ligneuses. Les drageons sont aussi identifiés, très peu nombreux sont ceux de trois espèces à savoir *Daniellia oliveri*, *Isobertia doka* et *Detarium microcarpum*. Les espèces ligneuses se régénèrent mieux au sein des champ-jachères (73,95 %), que sur les haut-versants (66,21 %) et mi-versants (54,74 %) des plantations forestières. La densité de régénération par semis est plus remarquable (111 ± 26 tiges/ha), suivi des rejets de souche (46 ± 21 tiges/ha). Le taux de régénération du groupe G1 est plus élevé (95,72 %), cependant pour le groupe G2, les rejets de souche sont les plus

importants (181 ± 23 tiges/ha), suivis de semis (67 ± 9 tiges/ha) et des drageons (12 ± 4 tiges/ha). Quant au groupe G3, les rejets de souches dominant le spectre de régénération naturelle (180 ± 21 tiges/ha), suivis de drageons (21 ± 3 tiges/ha) et de semis (15 ± 3 tiges/ha) (Tableau 2).

DISCUSSION

Occupation du sol et dynamique régressive du couvert végétal de la forêt classée d'Atakpamé

L'étude, a permis de déterminer les types d'occupation du sol et de définir la dynamique spatio-temporelle de la FCA de ces composantes, à partir d'une comparaison diachronique de trois images Landsat datant de 1987, 2000 et 2016. Il ressort de la l'analyse des documents une rapide déforestation sur la période 1987 à 2016. La conversion des unités d'occupation du sol en d'autres unités d'occupation du sol est la base de l'évolution du couvert végétal de la zone cartographiée. La dynamique paysagère actuelle serait influencée par l'interaction de trois facteurs principaux : les facteurs naturels dominés par l'évolution du climat, les facteurs anthropiques marqués par une intense activité agricole et l'extension des agglomérations, dans un contexte social, historique et politique précis qu'a connu le Togo. Depuis l'époque coloniale et de l'indépendance jusqu'en 1990, le mode de gouvernance très rigide a favorisé la conservation et la gestion des ressources forestières. A partir des 1990, avec l'avènement du vent de l'est, les populations riveraines ont envahi les aires protégées de façon anarchique entraînant la dégradation, la déforestation et la perte de la biodiversité locale. Au plan national, la dynamique paysagère régressive est accentuée sur les espaces boisés. A titre d'exemple les travaux de Mensah (2016) confirment une dynamique régressive. Cette tendance similaire est relevée en Afrique du Nord, par les travaux de Bi & Armand (2013) dans le bassin versant du

Bouregreg au Maroc. Dans le cas précis, les revendications socio-politiques des populations locales riveraines ont favorisé l'exploitation anarchique des ressources naturelles. Ainsi, divers facteurs socioéconomiques, politiques et culturels ont milité défavorablement à la conservation des formations végétales de la forêt classée d'Atakpamé. Ce qui est conforme aux résultats des travaux de Polo-Akpisso et al. (2016) et Folega et al. (2014) dans les aires protégées de la région septentrionale du pays. Par ailleurs, la position géographique à proximité d'une zone urbaine faciliterait l'impact des activités anthropiques ce qui justifierait les 88,83% de régression des superficies forestières entre 1987 et 2016.

Le taux d'occupation des mosaïques Champs-jachères estimé à 20,13% (91,38 ha) en 1987 est passé de 83,62% (379,65 ha) en 2000 à 83,31% (378,27 ha) en 2016.

Ainsi, de 1987 à 2000, les surfaces exploitées pour l'agriculture ont quadruplé. Le taux moyen de déforestation annuel de la FCA pendant cette période est de l'ordre de 6,36 ha/an. La FCA aurait complètement disparu en l'absence de mesures de protection. Mais, de 2000 à 2016, les efforts de surveillance et de reboisement des services de l'Office de développement et d'exploitation des forêts au Togo mis en place depuis 2005 seraient à l'origine de l'inversion de la situation (Dourma et al., 2017).

Caractéristiques structurales et reconstitution assistée des formations boisées de la forêt classée d'Atakpamé

Les diamètres moyens et les hauteurs moyennes sont plus élevés dans les champs-jachères que les plantations forestières. Par contre, la densité et la surface terrière sont plus élevées dans les plantations forestières. La mise en place des champs dans les formations forestières s'est traduite par l'abattage des arbres afin

de limiter l'impact de l'ombrage néfaste à la productivité des cultures. Toutefois, des pieds d'arbres de gros diamètres et de hauteurs élevés sont souvent épargnés dans les champs en fonction du rôle multi-usage des organes et leur produits dérivés. En effet, les populations locales riveraines des forêts détruisent la végétation par les activités de défrichements et de brûlis de la végétation à diverses fins.

Les valeurs des densités et de surface terrière obtenues au cours de la présente étude sont faibles, comparées à d'autres forêts et aires protégées du Togo (Wala et al., 2012 ; Dimobe et al., 2014) et ressemblent beaucoup à celles des habitats dégradés décrits dans le complexe Oti-Kéran-Mandouri (Polo-Akpisso et al., 2018). Ces faibles valeurs seraient dues à une pression anthropique plus élevée au niveau de la FCA, un écosystème plus proche des utilisateurs potentiels.

La structure en « L » des classes de diamètre avec un coefficient de forme de distribution de Weibull inférieur à 1, est caractéristique des peuplements inéquiens conformément aux travaux de Amani (2010). Dans la présente étude, elle caractérise des peuplements quasi-monospécifiques dont notamment les plantations forestières de tecks et les champ-jachères sous le système taungya. L'importance des tiges de faible diamètre dans les champ-jachères de mi-versants est à mettre à l'actif des activités de l'ODEF.

En effet, dans le cadre de la restauration de la FCA et conformément aux accords signés avec les riverains exploitants des aires agricoles au sein de la réserve, l'ODEF mène des activités régaliennes de reboisements de plants de tecks. Les tiges de grands diamètres sont la plupart du temps des vestiges témoins d'une ancienne forêt. L'action bénéfique des activités de l'ODEF, la mise en place de jeunes plantations forestières de tecks et l'intensification de mesures de protection et du système de surveillance en vigueur

seraient à l'origine de la réduction du taux de déforestation entre 2000 et 2016. Cependant, il serait judicieux dans le cadre de la reforestation de prendre en compte les espèces spontanées à fort taux de régénération et à faibles coûts de production comme *Isoberlinia* spp. (Dourma et al., 2006 ; Dourma et al., 2009) et *Daniellia oliveri*, ainsi que d'autres espèces forestières spontanées afin de concilier les objectifs de reforestation et de conservation de la biodiversité.

Aussi, la prédominance des jeunes tiges d'arbres se précise-t-elle encore mieux par la structure en hauteur qui montre une prédominance des arbres de faibles hauteurs. Par ailleurs, la différence des densités des classes de diamètres entre les champ-jachères et les plantations forestières montre l'impact réel induit par les activités anthropiques entreprises par les populations riveraines, notamment l'installation des champs, la coupe de bois et la pratique permanente des feux de végétations concordant avec les travaux de Dourma et al., 2009.

La régénération naturelle est essentielle à la reconstitution d'un écosystème forestier suite à un phénomène de perturbation d'une cause quelconque. Dans le cas de la présente étude, le taux de régénération est plus élevé dans les mosaïques champ-jachères que les formations boisées. Ainsi, l'ampleur des activités anthropiques notamment la coupe de bois, le passage de feux de végétation, la pression agricole stimulent la régénération naturelle par rejets de souches et par drageonnage sur les sites anthropiques (Dourma et al., 2006 ; 2009). Ces résultats sont également comparables à ceux décrits dans les populations de *Haematostaphis barteri* Hook. F. dans deux sites rocheux en région soudanienne au Togo par Agbogan et al. (2012). Dans le cas spécifique l'ouverture de la canopée s'accompagne d'une régénération de la banque de semences séminale suite à un éclairci ou trouaison conformément aux

travaux de Dupuy et al. (1997) en forêts dense ivoirienne et de Schmitt et Bariteau (1990) en Guyane.

Effets des perturbations sur la dynamique de reconstitution du peuplement boisé de forêt classée d'Atakpamé

Les perturbations émanant surtout des activités anthropiques qui affectent directement la vitesse de reconstitution des formations boisées, notamment sur les paramètres de structure, de régénération, de mortalité, de recrutement et de croissance comme en témoignent de nombreuses études (phrase incomplète, à revoir). Ces dernières montrent que les perturbations surtout d'origines anthropiques engendrent des tendances régressives sur les formations végétales naturelles comme celles de Sambare et al. (2010), Tankoano et al. (2016) au Burkina Faso, de Arouna (2012), Mama et al. (2014), Akognongbe et al. (2016) au Bénin, de Abba (2013) au Niger, au Sénégal par Badji et al. (2014), en Côte d'Ivoire par Koné et al. (2014) et Brou (2010), Barima et al. (2009). Les perturbations anthropiques sont source de la dégradation des forêts naturelles et de la déforestation de la planète. Ce que confirment aux Etats Unis dans les îles du Porto Rico, les travaux de Weaver (2013) et en Amazonie de Sist et al. (2012) qui signalent que la dynamique de l'occupation du sol et l'état de dégradation du couvert forestier se caractérisent par un accroissement constant des formations anthropiques au détriment des formations forestières plus ou moins fermées. Selon ces auteurs, la forte mobilité spatiale des populations rurales engendrerait une forte pression foncière avec pour conséquence l'exploitation abusive des ressources naturelles, une destruction des habitats et l'extinction de la biodiversité. Cette tendance est également décrite au Togo notamment pour l'extension des parcelles agricoles et la production de bois-énergie (Folega et al., 2015 ; Polo-Akpisso et al.,

2016). Ceci entraîne la dégradation et une réduction considérable des habitats naturelles et donc la perte de la biodiversité (Polo-Akpisso et al., 2018).

CONCLUSION

Cette étude a permis de dégager trois (3) classes d'occupation du sol dans la FCA à savoir : les formations denses, les mosaïques champ-jachères puis les agglomérations et sols nus. La dynamique des unités d'occupation du sol de la FCA est la résultante des pressions anthropiques. De 1987 à 2016, les superficies des formations denses boisées régressent au profit de celles des champ-jachères, des agglomérations et sols nus. Ainsi, la capacité de stockage de carbone de ces formations boisées reste négligeable du fait de leurs faibles densités. A long terme, cette situation pourra être contrebalancée par les actions de reboisements entreprises par les services de l'ODEF qui sont à renforcer. La forte représentativité des jeunes tiges d'arbres et le fort taux de régénération sont aussi la preuve que cette végétation pourrait facilement se reconstituer si des actions idoines sont prises en compte par les différents acteurs, notamment la mise en défens des parcelles contre les feux de végétation et les coupes anarchique de bois.

Des actions de suivi, d'entretiens et de préventions des feux de végétation ainsi que la prise en compte des espèces spontanées dans les activités de reboisement contribueraient mieux à une augmentation efficiente et durable de la couverture de la végétation. Par ailleurs, des initiatives de plantations forestières privées surtout du bois-énergie et des activités génératrices de revenus par les riverains seraient un atout. Il serait judicieux d'ériger une zone tampon autour des habitations, où la mise en place des vergers écologiques servira à protéger les reliques de la forêt et de production au bénéfice des riverains.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'organisation internationale pour l'alimentation et l'Agriculture (FAO) pour son appui financier dans le cadre de la collecte des données sur le terrain.

REFERENCES

Abba B., 2013. Dynamique de l'occupation du sol sur le plateau de Dyabou (Département de Say, Niger). Territoires, Sociétés et Environnement. Presses universitaires de Zinder, novembre 2013, pp 27-38 .

Adéwi E., Badameli M. S. K., Dubreuil V., 2010. Évolution des saisons des pluies potentiellement utiles au Togo de 1950 à 2000. *Climatologie*, 7: 89-107.

Agbogon A., Tozo K., Wala K., Batawila K., Dourma M., Akpagana K., 2012. Abondance et structure des populations d'un fruitier spontané : *Haematostaphis barteri* Hook. F. dans deux sites rocheux en région soudanienne au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6(6): 6042-6048.

Akognongbe A., Abdoulaye D., Vissin E. W., Boko M., 2016. Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Oueme à l'exutoire de Bétérou (Bénin). *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 10(2): 228 - 242

Amani I., 2010. *Caractérisation des peuplements de principales essences productrices de gomme dans différentes conditions stationnelles de la Commune de Torodi (Niger)*. Th. Doc., Univ. Sci. Techno. Houari Boumediene (USTHB), Algérie, 126 p.

Anonyme, 2001. Mise en œuvre d'un Programme de Réhabilitation des Aires Protégées au Togo : Etude d'une Stratégie Globale de Mise en valeur. 42 p.

Arouna, O., 2012. *Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin* :

implications pour l'aménagement du territoire, Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Bénin, 246 p.

Atakpama W., Wala K., Gouwakinnou G. N., Pereki H., Akodewou A., Batawila K., Akpagana K., 2016. Abundance, distribution pattern and potential suitable habitat of *Sterculia setigera* Del. in Togo (West Africa). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 26(1): 23-38.

Badji M., Sanogo D., Akpo L.E., 2014. Dynamique de la végétation ligneuse des espaces sylvo-pastoraux villageois mis en défens dans le Sud du Bassin arachidier au Sénégal. *Bois et forêts des tropiques*, 319 (1) :43-52

Barima Y.S. S., Barbier N., Bamba I., Traore D., Lejoly J., Bogaert J., 2009. Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne. *Bois et forêts des tropiques*, 299 (1) : 15-25.

Binard M., Collette B., 1993. Traitement contextuel en post-classification pour l'élaboration d'une spatio-carte destinée à la gestion et à l'aménagement du territoire. *Télédétection appliquée à la cartographie thématique et topographique*: 285-295.

Brou T., 2010. Variabilité climatique, déforestation et dynamique agrodémographique en Côte d'Ivoire. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 21(4): 327-329.

Caloz R., Blaser T., Willemin G., 1993. Création d'une ortho-image à l'aide d'un modèle numérique d'altitude: influences des modes de ré-échantillonnage radiométrique. *aupelf-uref. Les Presses de l'université du Québec*: 17-30.

Caloz R., Collet C., 2001. Précis de Télédétection, Traitements numériques d'images de télédétection, vol. 3. Presses de l'Université de Québec, Agence Universitaire de la Francophonie. 398 Pages

- Dimobe K., Wala K., Dourma M., Kiki M., Woegan Y., Folega F., Batawila K., Akpagana K., 2014. Disturbance and Population Structure of Plant Communities in the Wildlife Reserve of Oti-Mandouri in Togo (West Africa). *Ann. Rev. Res. Biol.*, 4(15): 2501-2516.
- Dourma M., Batawila K., Wala K., Kokou K., Guelly K. A., Bellefontaine R., de Foucault B., Akpagana K., 2009. Régénération naturelle des peuplements à *Isobertia spp.* en zone soudanienne au Togo. *Acta Bot. Gal.*, 156(3): 415-425.
- Dourma M., Guelly A. K., Kokou K., Batawila K., Wala K., Bellefontaine R., Akpagana K., 2006. Multiplication par drageonnage d'*Isobertia doka* et *I. tomentosa* au sein des formations arborées du Nord-Togo. *Bois et forêts des tropiques*, 289(3): 49 - 57.
- Ducrot D., 2005. Méthodes d'analyse et d'interprétation d'images de télédétection multi-sources. *Extraction de caractéristiques du paysage. Mémoire de recherche. INP, Toulouse, France*, 210 pages.
- FAO, 2010. Evaluation des ressources forestières mondiales 2010, 341 p.
- Folega F., Woegan Y. A., Marra D., Wala K., Batawila K., Seburanga J. L., Zhang C.-y., Peng -l., Zhao X.-h., Akpagana K., 2015. Long term evaluation of green vegetation cover dynamic in the Atacora Mountain chain (Togo) and its relation to carbon sequestration in West Africa. *Journal of Mountain Science*, 12(4): 921-934.
- Folega F., Zhang C. Y., Zhao X. H., Wala K., Batawila K., Huang H. G., Dourma M., Akpagana K., 2014. Satellite monitoring of land-use and land-cover changes in northern Togo protected areas. *Journal of Forestry Research*, 25(2): 385-392.
- Gnon-Samya K., 1981. Les religions. In *Atlas du Togo*. éd. Jeune Afrique, Paris, 52-59.
- Husch, B.; Beers T.W. & Kershaw J.A., 2003. *Forest Mensuration*. 4th Ed. John Wiley and Sons, Inc., New York. 443 p.
- Koné M., Kouadio K., Kouadio Y. L., Neuba D. F. R., Malan D. F., 2014. Dégradation de la forêt dense humide tropicale, cas de la région de l'indénie-Djuablin à l'est de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol.21(3: 3324-3338): 1-15.
- Mama A., Bamba I., Sinsin B., Bogaert J., De Cannière C., 2014. Déforestation, savanisation et développement agricole des paysages de savanes-forêts dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. *Bois et forêts des tropiques*, 322 (4): 1-11.
- Mensah K., 2016. *Dynamique spatio-temporelle en de la forêt communautaire d'edouwossi-cope (préfecture d'amou)*. Diplôme de Technicien Supérieur en Foresterie, INFA de Tove, 35 p.
- MERF, 2002. *Monographie nationale sur la diversité biologique*. MERF-Togo, 170 p.
- Polo-Akpisso A., Folega F., Souleman O., Atakpama W., Coulibaly M., Wala K., Röder A., Akpagana K., Tano Y., 2018. Habitat biophysical and spatial patterns assessment within Oti-Keran-Mandouri protected area network in Togo. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 10(5): 214-229.
- Puech C., 1993. *Détermination des états de surface par télédétection pour caractériser les écoulements des petits bassins versants. Application à des bassins en zone méditerranéenne et en zone tropicale sèche*. Thèse de doctorat, Université Joseph-Fourier (Grenoble 1), Grenoble, 213 p.
- Rondeux J., 1999. *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. 2^e éd. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgique 522 p.
- Tankoano B., Hien M., Dibi N., Sanon Z., Akpa Y., Sokeng V. J., Somda I., 2016. *Cartographie de la dynamique du couvert*

végétal du Parc National des Deux Balé à l'Ouest du Burkina Faso/[Mapping land cover dynamics of Deux Balé National Park, Western Burkina Faso]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 16(4): 837.

Tran-Hoang A. Faurichon V., Maître HF., 1991. Dispositif d'étude de la forêt dense centrafricaine suivant différentes modalités d'intervention sylvicole. Nogent-sur-Marne, France, CIRAD-CTFT, 63 p.

Wala K., Woegan A. Y., Borozi W., Dourma M., Atato A., Batawila K., Akpagana K., 2012. Assessment of vegetation structure and human impacts in the protected area of Alédjo (Togo). *African J. Ecol.*, 50(3): 355-366.

Weaver P.L, 2013. Long-term changes in structure and composition following hurricanes in a primary lower montane rain forest in Puerto Rico. *Bois et forêts des tropiques*, 317(3): 7-20.

Tableau 1 : Superficies et taux d'évolution de l'occupation du sol de la FCA de 1987, 2000 et 2016

Tableau 2 : Synthèse des régénérations dans les unités d'occupation du sol de la FCA

Figure 1 : Localisation du site d'étude au Togo.

Figure 2 : Classification hiérarchique ascendante des relevés sur la base de leur similarité floristique.

Figure 3 : Paramètre structuraux : diamètre moyen, hauteur moyenne, densité et surface terrière des unités d'occupation du sol (FCA).

Figure 4 : Variation des superficies des unités d'occupation de 1987 à 2016 (FCA).

Figure 5 : Taux d'évolution des superficies des unités d'occupation de 1987 à 2016 (FCA).

Figure 6: Distribution des unités d'occupation du sol de 1987, 2000 et 2016 de la FCA.

Figure 7 : Structure en diamètre des formations végétales boisées (FCA)

Figure 8 : Structure en hauteur des formations végétales boisées (FCA)

Photo 1 : Aperçu des habitations en bordure de la FCA

Photo 2 : Vestige de la végétation originelle en lisière d'un champ de maïs dans la FCA

Photo 3 : Jachères et champs sur les flancs découverts de la FCA

Photo 4 : Vieilles plantations de tecks de la FCA

Tableau 1

Unité d'occupation du sol	Superficies						Taux d'évaluation (%)		
	1987		2000		2016				
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	1987- 2000	2000- 2016	1987- 2016
Formations denses	349,13	76,90	60,47	13,32	38,98	8,59	-82,68	-35,53	-88,83
Mosaïques Champs- jachères	91,38	20,13	379,65	83,62	378,27	83,31	75,93	-0,36	75,84
Agglomérations et sols nus	13,52	2,98	14,84	3,27	40,97	9,02	8,92	63,78	67,01

Tableau 2

Paramètres	Champs/jachères de haut-versant	Plantations forestières	Champs/jachères demi-versant	p
Taux de régénération	95,72 ± 17	91,53 ± 13	89,63 ± 18	
Rejets de souches	46 ± 21	181 ± 23	180 ± 21	0,026
Drageons	0 ± 0	12 ± 4	21 ± 3	0,026
Semis	111 ± 26	67 ± 9	15 ± 3	0,026

Figure 1: Localisation of the study area. The figure consists of three maps. The top-left map shows the location of the study area within Togo, with major cities like Lomé, Sokodé, and Cinkassé marked. A red arrow points from the study area to the bottom-left map. The bottom-left map is a detailed view of the study area, showing the FCA boundary and major towns like Dapaou, Djamé, and Kpame. A red arrow points from the study area to the main map on the right. The main map on the right is a detailed view of the study area, showing the FCA boundary, major towns like Dapaou, Djamé, and Kpame, and the location of the study area within the FCA. The map includes a legend, a scale bar, and a north arrow.

Phylogenetic tree showing relationships among 120 taxa, grouped into three main categories: G1, G2, and G3. The tree is rooted on the left, with a scale from 3.93 to 0. The taxa are numbered 16 through 115, with some numbers repeated (e.g., 16, 25, 30, 29, 40, 41, 47, 96, 37, 39, 23, 124, 106, 107, 24, 97, 75, 104, 105, 114, 116, 31, 46, 60, 65, 66, 84, 115, 50, 95, 51, 85, 49, 58).

Figure 3

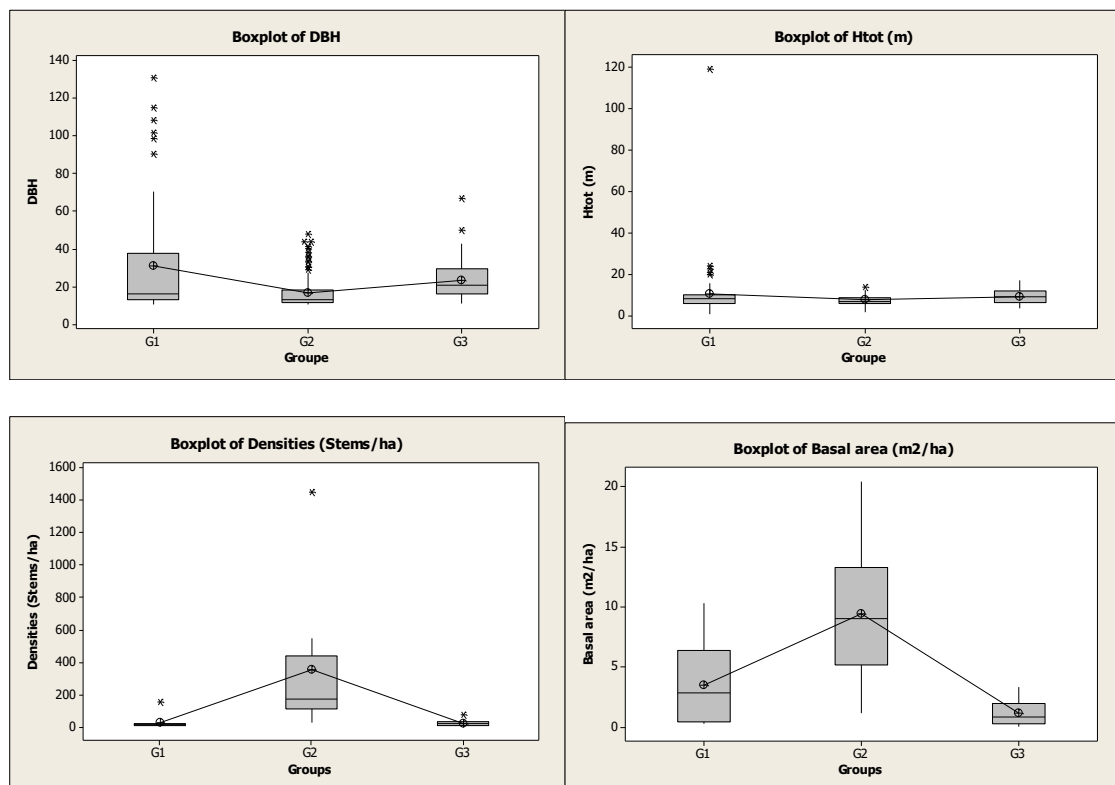


Figure 4

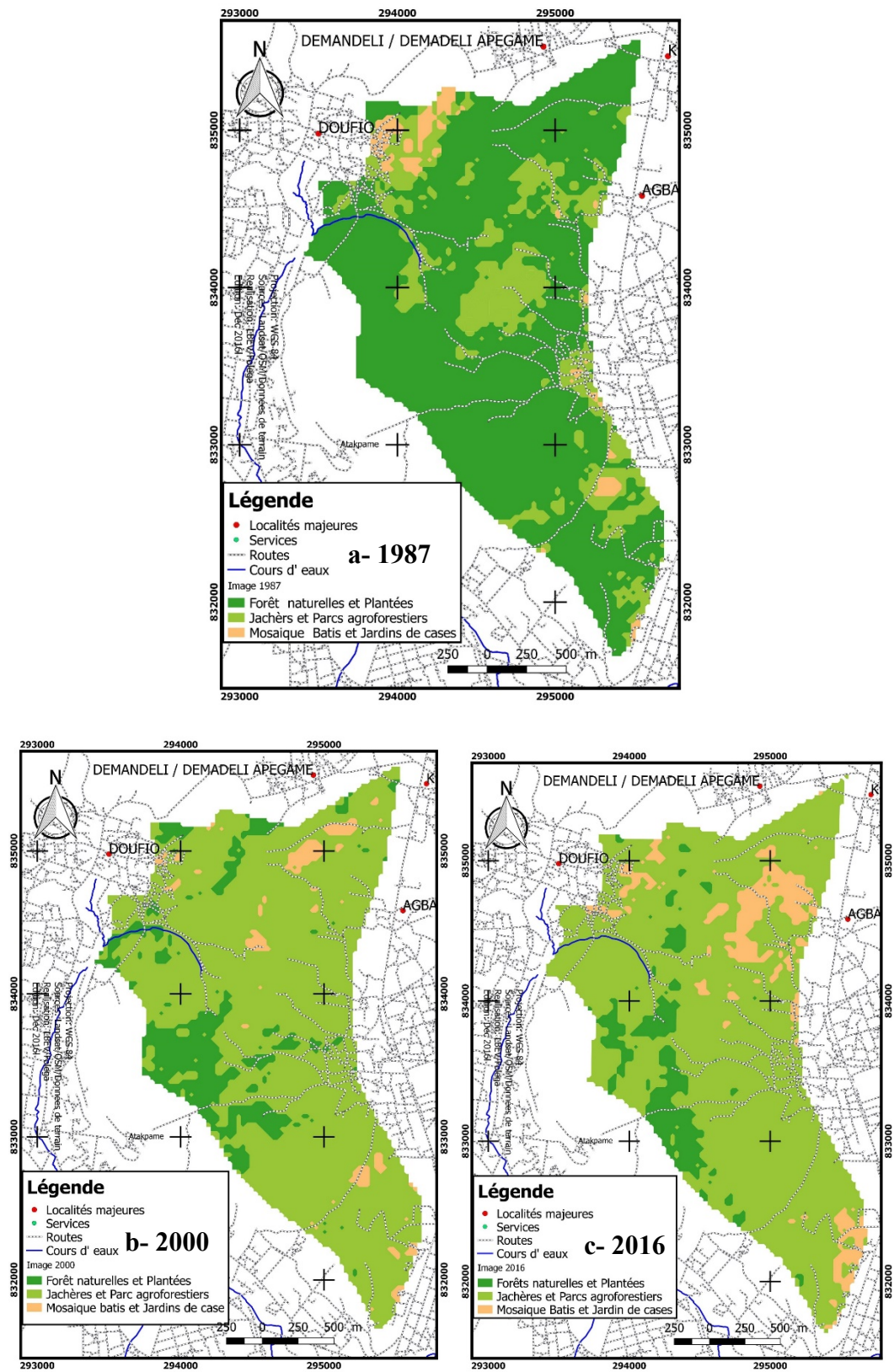


Figure 5

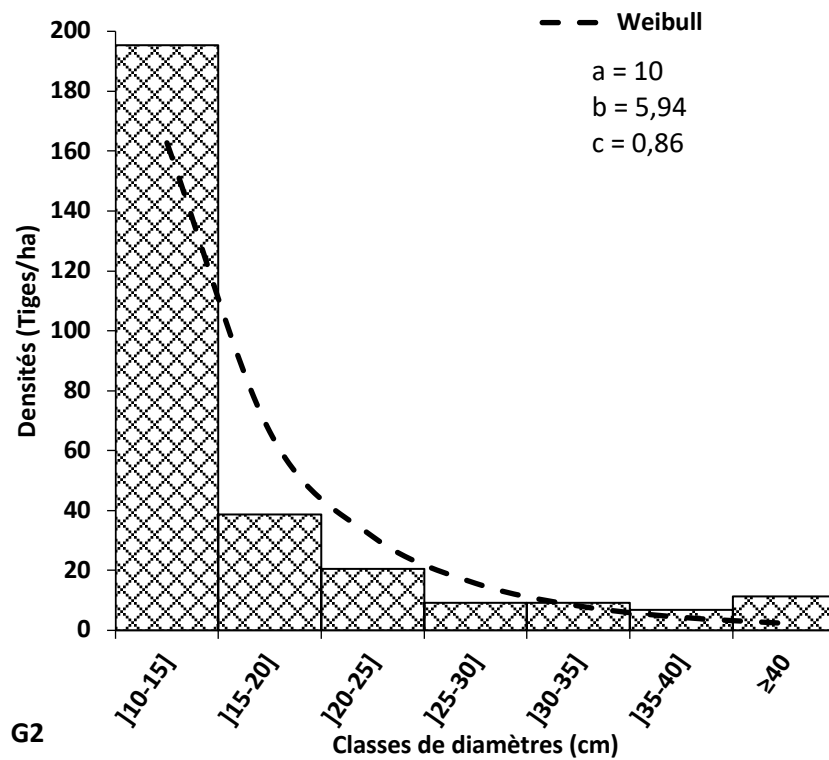
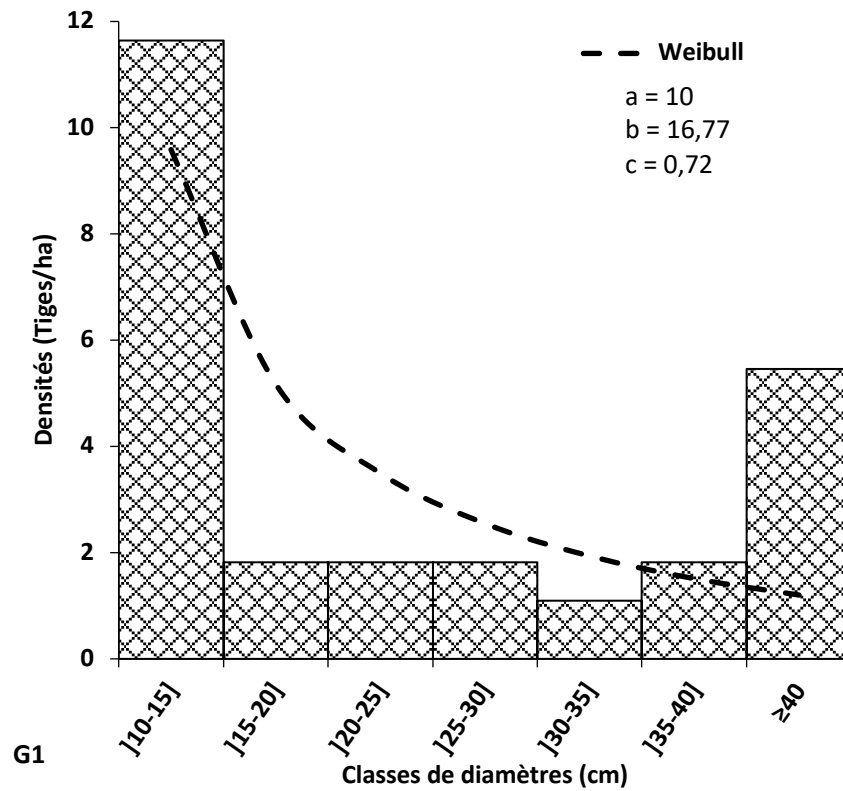
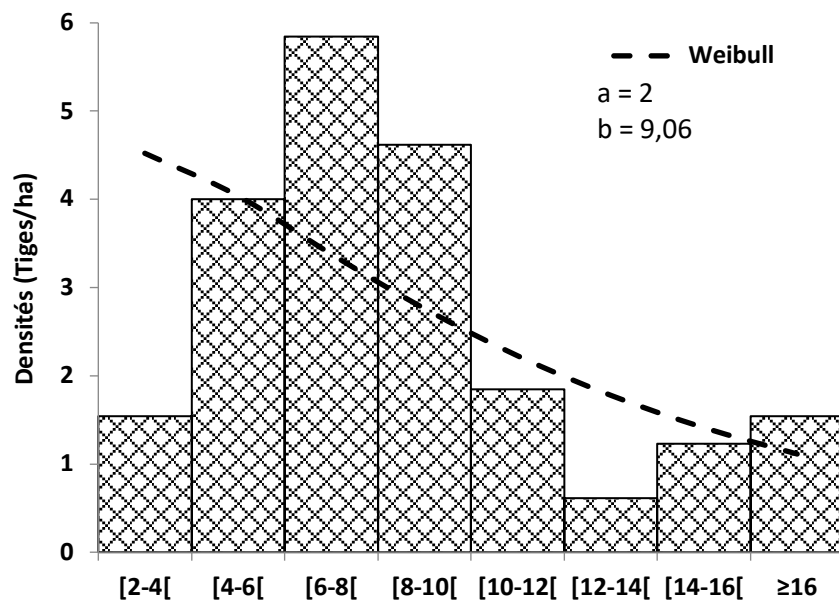
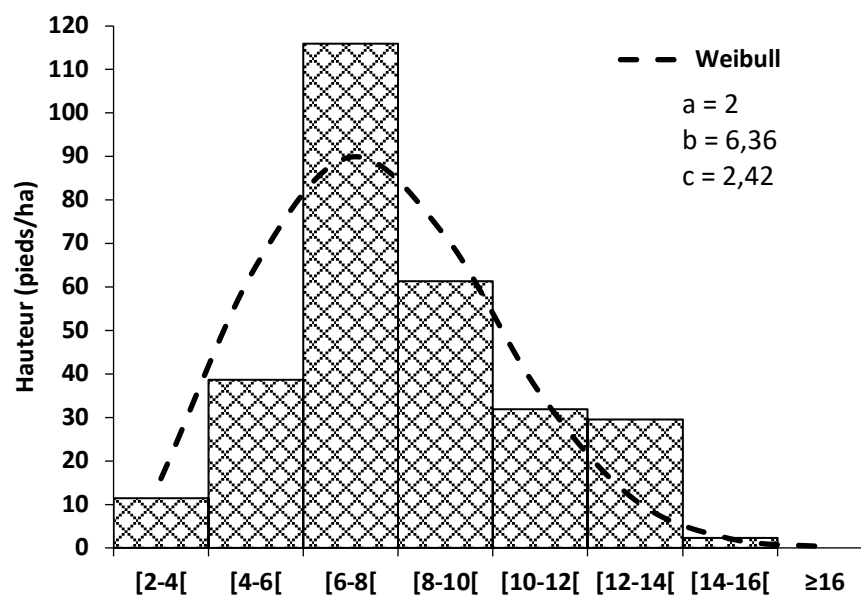


Figure 6



G1



G2

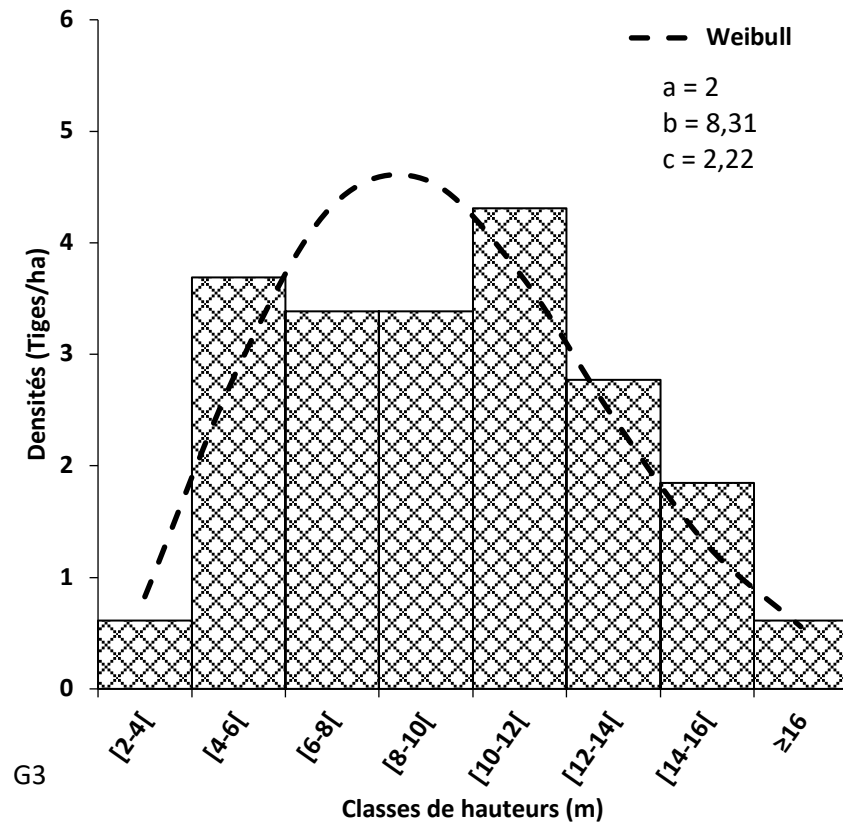


Photo 1



Photo 2



Photo 3



Photo 4

