



HAL
open science

SUIVI DES FEUX DE VEGETATION DANS LE PARC NATIONAL FAZAO MALFAKASSA ET SES TERROIRS RIVERRAINS PAR IMAGERIE SATELLITAIRE MODIS ET LANDSAT

Zakariyao Koumoi

► **To cite this version:**

Zakariyao Koumoi. SUIVI DES FEUX DE VEGETATION DANS LE PARC NATIONAL FAZAO MALFAKASSA ET SES TERROIRS RIVERRAINS PAR IMAGERIE SATELLITAIRE MODIS ET LANDSAT. Sciences de l'Environnement, 2019, Volume 1 (numéro 16), pp.125-142. hal-02973742

HAL Id: hal-02973742

<https://hal.science/hal-02973742>

Submitted on 21 Oct 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

UNIVERSITE DE LOME
SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

*Revue du Laboratoire de Recherches
Biogéographiques et d'Etudes Environnementales
(LaRBE)*



PRESSES DE L'UL

Volume 1

Seizième Numéro Lomé, Décembre 2019

Directeur de publication : Prof. Thiou Tanzidani Komlan TCHAMIE,
Université de Lomé, Togo.

Rédacteur en Chef : Prof. Lalle Yendoukoa LARE, Université de Lomé

Secrétariat de publication : Tchaa BOUKPESSI, Paroussiè Wiyao
TAKOU, Amah-Edih KOUYA, Minkilibè Paulin DJANGBEDJA,
Abdourazakou ALASSANE

Comité Scientifique :

Yao AGBOSSOUMONDE (Lomé, Togo); Kodjo AKLIKOKOU
(Lomé, Togo); Atiyihwè AWESSO (Lomé, Togo); Komlan
BATAWILA (Lomé, Togo); Tchaa BOUKPESSI (Lomé, Togo);
Ibrahim BOUZOU-MOUSSA (Niamey, Niger); Sabiba Kou'Santa
AMOUZOU (Lomé, Togo); Moctar BAWA (Lomé, Togo); Michel
BOKO (Cotonou, Bénin); Gbandi DJANEYE-BOUNDJOU (Lomé,
Togo); Gnon BABA (Kara, Togo); Atsu Koudzo GUELLY (Lomé,
Togo); Jean C. HOUNDAGBA (Cotonou, Bénin); Chrsitophe
HOUSSOU (Cotonou, Bénin); Koffi DJONDO (Lomé, Togo); Kodjona
KADANGA (Lomé, Togo); Koffi Koba (Lomé, Togo); Koffi KILI
(Lomé, Togo); Kouami KOKOU (Lomé, Togo); Kossi NAPO (Lomé,
Togo); Abou Nappou (Ouagadougou, Burkina-Faso); Edinam KOLA
(Lomé, Togo); Komi KOSSI-TITRIKOU (Lomé, Togo); Lalle Richard
LARE (Lomé, Togo); Euloge OGOUWALE (Cotonou, Bénin); François
de Charles OUEDRAOGO (Ouagadougou, Burkina Faso); Komla
SANDA (Lomé, Togo); Brice SINSIN (Cotonou, Bénin); Thiou T. K.
TCHAMIE (Lomé, Togo); Brice TENTE (Cotonou, Bénin); Kpèrkouma
WALA (Lomé, Togo); Tanga Pierre ZOUNGRANA (Ouagadougou,
Burkina-Faso).

Comité de lecture : les lecteurs (referees) sont des scientifiques choisis
de par le monde selon les champs thématiques des articles.

Sommaire

1. « <i>Caractéristiques biogéographiques de l'avifaune du Bénin</i> », par S. A. CHAFFRA, T. O. LOUGBEGNON & J. T. C. CODJIA.....	7
2. « <i>L'impact de l'usage de l'espace urbain sur l'émergence du risque d'inondation à Bamako</i> », par S. BALLO & M. SISSOKO.....	25
3. « <i>Forêts et bois sacrés en Afrique de l'Ouest : importance écologique, socio-économique et culturelle</i> », par P. A. OUOBA, K. OUEDRAOGO & D. Evariste Constant DA.....	43
4. « <i>Formes d'exploitation du <i>Thalia geniculata</i> et ses impacts environnementaux et socio-économiques dans la commune de Sèmè-Kpodji (site Ramsar 1018) au Sud du Bénin</i> », par T. O. LOUGBEGNON.....	65
5. « <i>Typologie et caractéristiques floristiques des formations végétales des sols cuirassés de Kabou (Centre-Togo)</i> », par T. BOUKPESSI, A. ALASSANE & A. KARABOU ...	79
6. « <i>Impact de l'expansion urbaine sur la végétation de la commune d'Atakpamé au Togo</i> », par F. FOLEGA, K. WALA & K. AKPAGANA	101
7. « <i>Suivi des feux de végétation dans le parc national Fazao Malfakassa et ses terroirs riverains par imagerie satellitaire Modis et Landsat</i> », par Z. KOUMOI.....	125
8. « <i>Gestion durable du « Lac Téro » pour l'accès à l'eau potable de la population urbaine de Djougou</i> », par M. MAKPONSE & A. AHOUANTCHEDE	143
9. « <i>Déterminants géographiques des inondations dans la sous basse vallée du Mono (Bénin) à l'exutoire de la Bouche du Roi</i> », par F. J. G. GBETYETIN, I. YABI & F. AFOUDA	161
10. « <i>La gestion des effluents de la SHB et FLUDOR Bénin et leurs impacts sur la potabilité des eaux de surface et souterraines de Bohicon et de Zogbomey au Sud-Bénin</i> », par D. J. GUEDENON, B. FANGNON, M. A. M. TONDRO1, M. GUEZO, C. M. S. DAHANDE, R. C. JOHNSON, M. GIBIGAYE, A. Y. TOHOZIN & N. AGOSSOU.	177
11. « <i>Evaluation des zones à risque d'inondation sur les berges du fleuve Niger dans le district de Bamako</i> », par H. DIAWARA, F. MAIGA, A. BALLO & K. S. MALLE..	193
12. « <i>Risque d'inondation dans la basse vallée du Zio à la périphérie nord de Lomé : résultat des conditions naturelles ou fruit d'une construction sociale ?</i> », par B. ALITI ; T. BANASSIM & T. Y. GNONGBO.....	209
13. « <i>Risques hydro-climatiques perçus et besoins en services météo-climatiques exprimés par les maraichers de la commune d'Athiémé (Sud-Bénin)</i> », par I. YABI...229	
14. « <i>Apport de la télédétection à l'étude de la dynamique de l'occupation du sol par approche orientée objet dans un sous bassin versant du Dallol Bosso (Niger)</i> », par S. TAHIROU & M. WAZIRI MATO.....	253

15. « *Contribution à l'étude de la végétation xérophile des plateaux gréseux des préfectures de Tône et de Kpendjal Ouest dans la Région des Savanes (extrême Nord-Togo)* », par M. DJANGBEDJA, A.-E. KOUYA & T. T. K. TCHAMIE275
16. « *Dynamique de l'occupation des terres et productivité des pâturages autour de la retenue d'hydraulique pastorale de Bouka au nord-est du Bénin* », par I. TOKO IMOROU.....293

SUIVI DES FEUX DE VEGETATION DANS LE PARC NATIONAL FAZAO MALFAKASSA ET SES TERROIRS RIVERRAINS PAR IMAGERIE SATELLITAIRE MODIS ET LANDSAT

Zakariyao KOUMOI

Pôle de Recherche et d'Expertise sur la dynamique des espaces et des Sociétés (PREDES), Département de Géographie, Université de Kara, Togo

zakarietg@yahoo.fr

Résumé

Au Togo, l'usage anarchique des feux de végétation est récurrent. Ces feux surtout tardifs sont également enregistrés dans les aires protégées. Face à leur occurrence élevée et à l'insuffisance de données de base, cette recherche se propose de faire un suivi spatio-temporel de leur variabilité dans le Parc National Fazo-Malfakassa (PNFM) et ses terroirs riverains par imagerie satellitaire Modis et Landsat.

Pour y parvenir, l'approche méthodologique adoptée a reposé sur le traitement cartographique des points de feux de végétations et la détermination des surfaces brûlées par la classification non supervisée des images satellitaires Landsat de 2013, 2016 et 2018.

La distribution annuelle des points de feux de végétation montre une forte activité de feux dans le parc. De 2013 à 2018, une moyenne annuelle de 5800 feux actifs, dont 10 % de feux tardifs, a été détectée dans le secteur d'étude. Dans le PNFM, ces feux tardifs ont évolué de 142 à 753 d'où la vulnérabilité du parc à ces feux. Les surfaces brûlées dans le secteur ont évolué de 122224 à 189605 ha de 2013 à 2018. En moyenne 38 % de la surface du parc et ses alentours a été affecté par les feux tardifs. Ces surfaces brûlées ont été plus importantes dans le parc en 2016 et 2018. La télédétection apparait donc comme un outil de suivi spatio-temporel des feux de végétation.

Mots clés : feux de végétation, surfaces brûlées, Image Modis et Landsat, Parc Fazo-Malfakassa

Abstract

In Togo, the anarchic use of wildfires is recurrent. These mostly late fires are also recorded in protected areas. Faced with their high occurrence and insufficient basic data, this research proposes to follow up on their variability in the Fazo-Malfakassa National Park (PNFM) and its riparian terroirs by satellite imagery Modis and Landsat.

To achieve this, the methodological approach was based on the mapping of the fire points and the determination of the surfaces burned by the unsupervised classification of Landsat satellite images of 2013, 2016 and 2018.

The annual distribution of wildfire points shows a high level of fire activity in the park. From 2013 to 2018, an annual average of 5,800 active fires, 10% of which were late fires, were detected in the study area. In the MFN, these late fires evolved from 142 to 753, hence the park's vulnerability to these fires. The burnt areas in the area evolved from 122224 to 189605 ha from 2013 to 2018. On average, 38% of the park's area and surrounding area was affected by late fires. These burned areas were higher in the park in 2016 and 2018. Remote sensing thus appears as a space-time monitoring tool for wildfires.

Keywords: wildfires, burnt area, Image Modis and Landsat, Fazo-Malfakassa Park

Introduction

La plupart des formations végétales en Afrique sont, chaque année, parcourues par des feux au bénéfice des activités agropastorales. C. E. Kana et J. E. Touna (2006, p. 2) déclarent que l'Afrique est souvent considérée comme le « continent de feu » en raison de la grande fréquence des feux de végétation qui l'affectent sur de grandes superficies. Ces feux jouent un rôle important de maintien en l'état ou de modification de la morphologie et de la composition spécifique du couvert végétal. Mais, au-delà de certaines normes de brûlages et de maîtrise des feux, l'aspect utilitaire des feux est supplanté par ses effets négatifs sur le couvert végétal et sur l'équilibre des écosystèmes (J. L. Devineau *et al.*, 2010 ; cité par C. D. Gueguim *et al.*, 2018, p. 729).

Les feux de végétation, surtout tardifs n'épargnent pas les aires protégées d'Afrique subsaharienne. Selon J. M. Grégoire et D. Simonetti (2008, p.

9), 59 % des aires protégées d'Afrique sub-saharienne présentent une probabilité élevée à très élevée de présence de feux en saison sèche et 17 % présentent une probabilité faible à très faible. Au Bénin par exemple, ces feux sont souvent observés, selon J. Oloukoi (2012, p. 18), dans le parc W et celui de Pendjari.

Au Togo plus spécifiquement, les feux incontrôlés et tardifs sont aussi enregistrés dans les aires protégées. Le Parc Nationale Fazao-Malfakassa (PNFM) qui fait partie intégrante du secteur d'étude a été classé sur le plan national, par l'UICN/PACO en 2008, comme 3^e parc le plus menacé après Oti-Kéran et Oti-Mandouri (P. Ahè, 2017 p. 14). La dégradation des ressources naturelles se poursuit intensément dans ce parc suite à l'extension des fronts agricoles pâturables. En effet, dans le secteur d'étude, comme dans les autres régions du Togo, les feux de végétation constituent le principal mode de préparation des sols pour la mise en culture. Ils constituent un outil très associé aux défrichements, à l'élevage et à la chasse. Les responsables de cette pratique sont le plus souvent des chasseurs, des paysans ou des peulhs nomades (T. T. K. Tchamiè et L. Y. Laré, 2014, p. 69 ; Z. Koumoi, 2016, p. 136).

Depuis longtemps, le gouvernement togolais a encouragé la pratique des feux précoces à travers des campagnes d'information, de sensibilisation et de formation du public afin de prévenir les incendies des forêts. Il a mis en place depuis 2010, à travers le Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières (MERF), une stratégie nationale de gestion des feux de végétation. Cette stratégie a été élaborée dans le cadre du Programme de Renforcement de Capacités pour la Gestion de l'Environnement (PRCGE). Son objectif est de développer entre autres une prise de conscience, de renforcer les capacités humaines, technique, institutionnelle et organisationnelle du pays dans le domaine de la gestion des feux de végétation.

Malgré tout le dispositif mis en place pour la prévention et la lutte contre les feux de végétation surtout tardifs au Togo, force est de constater que ce phénomène reste toujours récurrent et préoccupant dans les aires protégées en général et dans le Parc National Fazao Malfakassa (PNFM) en particulier (B. Afelu, 2016, p. 4 et P. Ahè, 2017, p. 190). Pour mieux appréhender ce facteur dans le parc et ses alentours, espérer anticiper et minimiser son ampleur, une cartographie des feux et l'estimation des

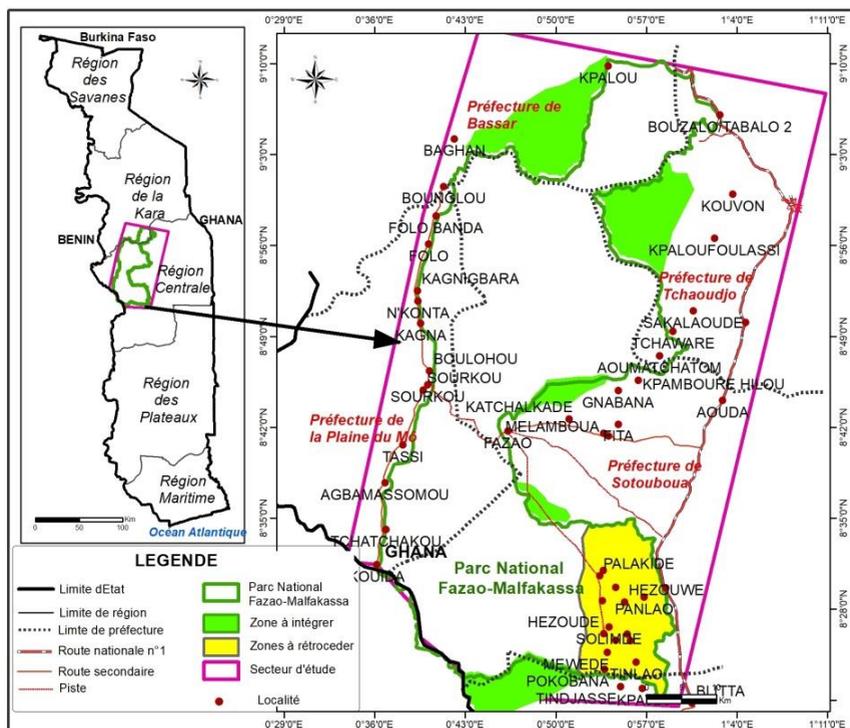
surfaces brûlées selon H. D. Eva et *al.*, (2003, p.16) et R. Diébré (2004, p. 1) est incontournable. Cette cartographie permet de faire ressortir les occurrences de feux et les superficies brûlées. L'accent sera beaucoup plus mis sur les feux de végétation tardifs dans le parc et ses alentours. En effet, selon la loi N° 2008-009 du 19 juin 2008 portant code forestier, les feux précoces doivent être allumés de préférence entre décembre et février (les dates précises sont fonction du contexte climatique et écologique). Au-delà, tout feu allumé est considéré comme tardif et sera sanctionné. *Comment faire le suivi des feux de végétation dans le Parc National Fazo-Malfakassa et ses terroirs riverains par imagerie satellitaire Modis et Landsat ?*

La réponse à cette question permettra de produire des informations exploitables dans le domaine de gestion des aires protégées. Les zones à risques à travers l'utilisation des méthodes de télédétection et des Systèmes d'Information Géographique (SIG) seront connues.

1. Cadre Géographique

La présente recherche est menée dans le Parc Nationale Fazo Malfakassa et ses terroirs environnants. La zone d'étude se situe entre 8° 20' et 9° 10' de latitude nord et entre 0° 36' et 1° 11' de longitude est. Elle s'étend sur les préfectures de Tchaoudjo et de Sotouboua à l'est, la préfecture de la plaine du Mô à l'ouest et celle de Bassar au nord-ouest. Le secteur d'étude couvre une superficie d'environ 431596 ha (figure 1). Les principales formations végétales sont constituées des écosystèmes forestiers et savanicoles selon la carte topographique IGN (1986) et les différents travaux issus de traitements des images satellitaires Landsat de Z. Koumoi (2016, p. 116), P. Ahè (2017, p. 171). Aussi, l'emprise de l'homme sur le parc est à l'origine de la présence des parcs agroforestiers, des cultures et des jachères. Les différentes formations végétales sont influencées par la topographie du milieu. Il existe à cet effet, des forêts galeries le long des cours d'eau, des forêts claires sur les flancs de collines, les savanes boisées et arborées sur les piémonts et dans les vallées, les savanes arbustives sur le sommet des collines et dans les champs et jachères des plaines accessibles.

Figure 1 : Localisation du secteur d'étude



Source : Fond de carte topographique, IGN, 1986 ; PRAT, 2014

Aujourd'hui, le PNFM n'a pas de limites réelles sur le terrain. En effet, depuis les troubles socio-politiques des années 1990 qu'a connus le pays, la partie orientale du parc a été occupée et mise en valeur par des immigrés Kabyè, Losso et Lamba déplacés de la Région des Plateaux (Partie méridionale du Togo). Ceux-ci vivaient dans cette zone suite à des migrations forcées et/ou volontaires de l'époque coloniale allemande (1884-1918) et française (1919-1960). C'est au cours de leur mouvement de retour dans leur région d'origine (Région de la Kara, nord-Togo) que les autorités administratives et politiques d'alors ont décidé de trouver une terre d'accueil à ces populations meurtries en les installant dans la partie orientale du Parc National de Fazao-Malfakassa (T. T. K. Tchamiè et L. Y. Laré 2014, p. 55). Dans l'ensemble, les limites du parc sont floues à cause du manque d'un système de bornage. Selon P. Ahè (2018, p. 95),

le PNFM a bénéficié depuis 2012 du Projet de Renforcement du Rôle de Conservation du Système National d'Aires Protégées du Togo (PRAPT) qui a permis de borner une partie du parc. Ce projet a identifié des zones à rétrocéder à la population et des zones à intégrer au parc (Figure 1). Mais, ce projet fut suspendu à cause des troubles survenus les 05 et 06 novembre 2015. Jusqu'alors, les populations riveraines méconnaissent les limites réelles du parc et la partie où ont été installées les populations n'a pas été déclassée à ce jour.

Pour bien mener ce travail, une approche méthodologique a été définie. Elle comprend les matériels et méthode.

2. Matériels et méthode

2.1. Matériels

Les matériels utilisés sont les points de feux actifs des images MODIS et les images satellitaires Landsat.

2.1.1. Point de feux actifs des images MODIS

Les feux dits « actifs » sont des feux qui sont en activité au moment du passage du satellite. Ils sont détectés par les systèmes d'observation TERRA et AQUA (<http://terra.nasa.gov>). Ces deux satellites orbitaux sont équipés, entre autres, de l'instrument MODIS qui est particulièrement bien adapté à la détection des feux actifs (C. D. Gueguim *et al*, 2018, p.730). Les données sont fournies en format vecteur (.shp) dans le cadre du projet FIRMS de l'Université de Maryland (USA). Ces points de feux ont une résolution de 1000 m.

2.1.2. Images satellitaires Landsat utilisées

Les images Landsat de 2013, 2016 et 2018 ont été utilisées. Leurs caractéristiques sont présentées dans le tableau 1. Ces images sont obtenues à partir du site internet de « Global Land Cover Facility » (GLCF) de l'Université de Maryland aux Etats-Unis.

Tableau 1 : Caractéristiques des images utilisées

Année	2013	2016	2018
Type	Landsat 8/OLI	Landsat 8/ OLI	Landsat 8/ OLI
Date d'acquisition	30/11/2013	27/03/2016	14/11/2018
Path/Row	193/054	193/054	193/054
Nombre de Bandes	11		
Résolution	30 m		
Projection	WGS 84, UTM 31N		

Source : d'après les données des images Landsat/OLI

2.2. Méthode

Elle repose sur le traitement des points de feux de végétations tardifs et la détermination des surfaces brûlées.

2.2.1 Le traitement des points de feux de végétation tardifs

Les points de feux actifs des images Modis de 2013 à 2018 couvrant la zone d'étude ont été obtenus en format vecteur. Ces Hotspots ont été projetés dans le système de travail (WGS 84, UTM 31N) afin de pouvoir les superposer à d'autres couches d'information dans un SIG (Secteur d'étude, limite du parc, réseau routier, localité, etc.)

Dans un premier temps, ces points de feux ont été sélectionnés en fonction de la zone d'étude en utilisant les outils « *select by attributs* » et « *Data - Export data* » du logiciel SIG ArcGIS 10.5. Ensuite, les points de feux tardifs (détectés entre février et novembre) ont été traités et spatialisés. Ces points de feux sont enfin convertis en Excel par l'outil « *conversion tools - excel to table* » d'ArcGIS afin de pouvoir réaliser les graphiques.

2.2.2. Détermination des surfaces brûlées

La détermination des surfaces brûlées a été faite par classification non supervisée, à l'aide du logiciel ENVI 5.3, des images satellitaires Landsat. Le processus a consisté à appliquer à ces images une classification non supervisée après une composition colorée 7-5-6. Cette composition consiste à appliquer aux couleurs Rouge, Vert et Bleu les deux bandes Infrarouge de courte longueur d'onde (2,08-2,35 μm ; 1,55-1,75 μm) et

Infrarouge thermique (10,4-12,5 μm). Cette méthode a été utilisée par C. E. Kana, J. Etouna, (2006, p. 8) et K. D. Kpedenou, (2017, p. 118). La figure 2 montre les aspects présentés par les zones brûlées en fonction de la composition colorée.

Figure 2 : Composition colorée en 7-5-6 sur l'image



Source : Image Landsat/OLI

La composition colorée en 7-5-6 laisse apparaître des surfaces brûlées en couleur mauve et les surfaces non brûlées en vert

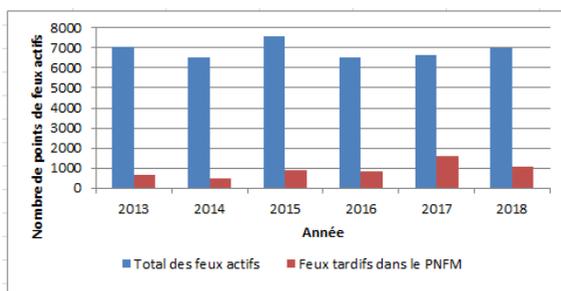
Les surfaces brûlées extraites des images satellitaires Landsat par classification non supervisée ont été converties en format vecteur (.shp). Elles ont été importées par la suite dans le logiciel ArcGIS 10.5 pour la réalisation des cartes. Les superficies ont été calculées à des fins d'analyse.

3. Résultats

3.1. Evolution spatio-temporelle des points des feux actifs de 2013 à 2018

L'analyse des données sur les points de feux actifs montre une distribution annuelle des feux. De 2013 à 2018, le nombre annuel de points de feux actifs détectés dans le parc et ses environs oscille entre 6000 et 8000 (figure 3).

Figure 3 : Distribution annuelle des feux de végétation de 2013 à 2018

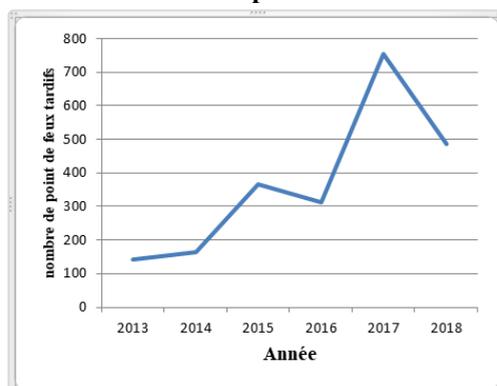


Source : Source : D'après les données de l'image Modis

C'est en 2015 que le nombre a atteint le pic (7500). La part des points de feux tardifs détectés entre mars et novembre de chaque année n'est pas négligeable. De 2013 à 2018, les points de feux tardifs annuels ont évolué en dents de scie. Ils varient entre 450 et 1600 points de feux. C'est l'année 2017 qui a enregistré un nombre important de feux tardifs (1600). En 2017 et 2018, le nombre de feux tardifs tournaient autour de 1000. Ces derniers sont allumés aussi bien aux alentours du parc que dans le parc lui-même.

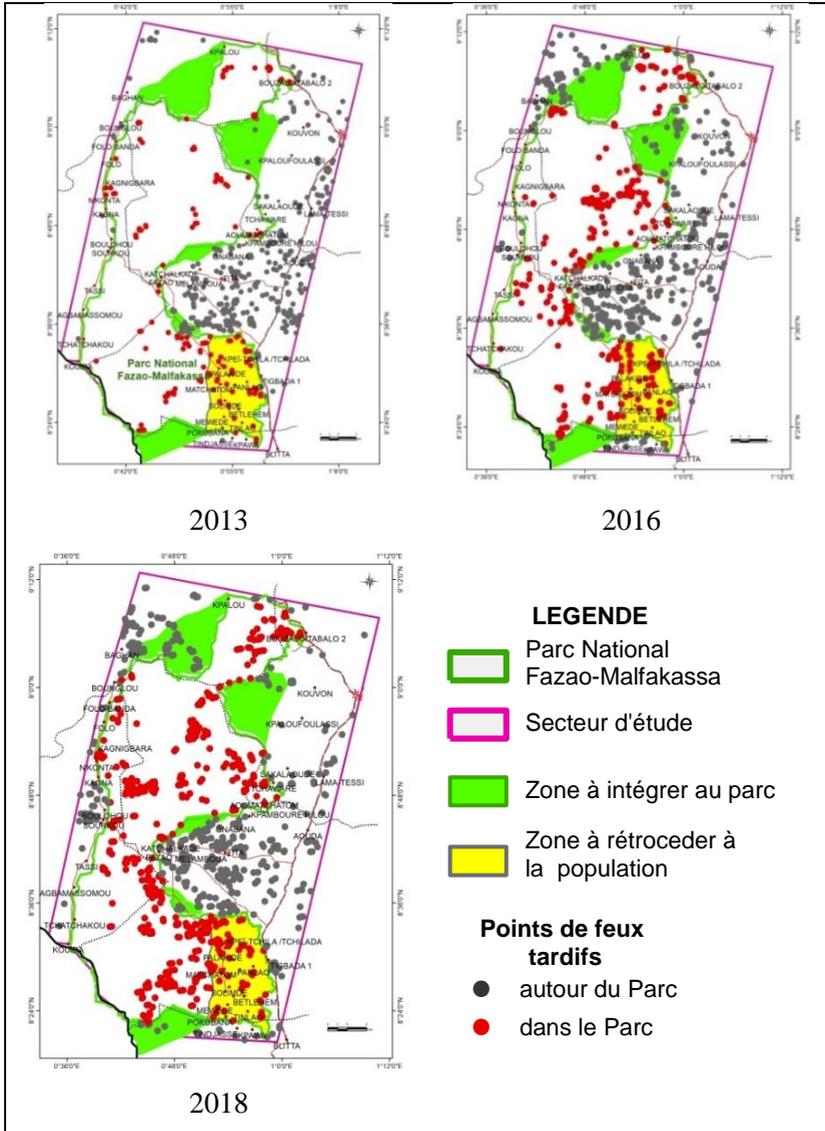
Au sein du PNFM, la distribution annuelle et spatiale des points de feux tardifs de 2013 à 2018 montre aussi qu'il est le théâtre des feux tardifs (figure 4 et 5).

Figure 4 : Evolution du nombre de points de feux tardifs dans le PNFM



Source : Point de feux de végétation tardifs de l'image MODIS

Figure 5 : Distribution spatiale des points de feux tardifs en 2013, 2016 et 2018



Source : Point de feux de végétation tardifs de l'image MODIS

De 2013 à 2018, le nombre de points de feux tardifs détectés dans le parc a augmenté. De 142 points de feux tardifs en 2013, il a été enregistré un pic de 753 points de feux tardifs en 2017.

L'analyse de la distribution spatiale montre des zones régulièrement parcourues par les feux tardifs (sud-est, centre-est et le nord-est), des zones plus ou moins exemptes des feux (centre et centre-ouest) et des espaces exempts de feux (sud-ouest et quelques poches au centre-ouest). L'occurrence des feux dans le sud-est s'explique par l'occupation des immigrés qui ont quitté le Sud du Togo lors des troubles socio-politiques des années 1990. Cette zone occupée n'a pas été déclassée par l'Etat togolais mais les occupants pratiquent des activités agropastorales. Il convient d'accorder une attention particulière quant à l'occurrence des feux surtout tardifs dans cette zone.

Quant à la partie centre-est du parc, les localités comme Fazao, Gnabana et Kpambouré sont situées à la lisière du parc. Mais les distances entre elles et les points de feu tardifs les plus proches dans le parc est d'environ 2 Km. Ces feux tardifs sont soit dus au pâturage, à la chasse ou bien sont d'origine criminels. Plus au nord de Kpambouré, il y a aussi les localités d'Aou Matchatom, de Tchawaré, etc, qui sont aussi dans le parc. D'où l'occurrence des feux dans cette zone aussi.

Dans la partie nord du parc, les feux tardifs sont moins importants que les deux zones précédentes. Les localités les plus proches du parc dans ce secteur sont Tabalo (à l'est du parc) et Kpalou (à l'ouest du parc). La distance minimale entre Tabalo et le point de feu le plus proche est d'environ 5 Km alors que cette distance est moins de 2 Km entre Kpalou et le point de feu le plus proche. Ces feux seraient la conséquence de la chasse, du pâturage ou des feux d'origines criminels aussi. Le tableau 2 montre les périodes de brûlis (feux tardifs) dans le secteur d'étude.

Tableau 2 : Suivi mensuel des points de feux tardifs de 2013-2018

Année	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.
2013	23	7	1					5	442
2014	92	22	1	3		1	2	1	276
2015	177	29	1	1	1	1		4	564
2016	51	8	1	1				4	678
2017	145	16	1	1				28	1249
2018	47	7	1	1	3	1		5	845

Source : D'après les données Modis

Il ressort que les feux tardifs ont lieu en mars, avril et novembre de chaque année. Leur détermination dans le cadre de ce travail est fonction du code forestier national du Togo de 2008. Ce code stipule que « *les feux précoces doivent être allumés de préférence entre décembre et février. Au-delà, tout feu est considéré comme tardif et est sanctionné* ».

Ainsi, de 2013 à 2018, le premier pic d'activité de feux tardifs apparaît plus ou moins au cours de la même période (novembre) dans le parc et ses alentours. Ce mois précède la période des feux précoces. Ensuite, un second pic d'activité de feux est observé en mars (mois suivant la période des feux précoces). Ce mois est un mois de stress hydrique où la chaleur est intense et où le combustible est disponible. La présence des points de feux tardifs dans le parc est un signe de l'existence de faille dans la gestion du parc qu'il doit falloir remédier. Il ressort que les populations ne respectent pas les périodes de mise à feu de végétation précoces définies par les autorités du pays. Les feux sont beaucoup plus allumés un mois avant et un mois après la période des feux précoces. Au regard de cette analyse, il est important de déterminer les surfaces brûlées entre ces périodes dans le secteur d'étude.

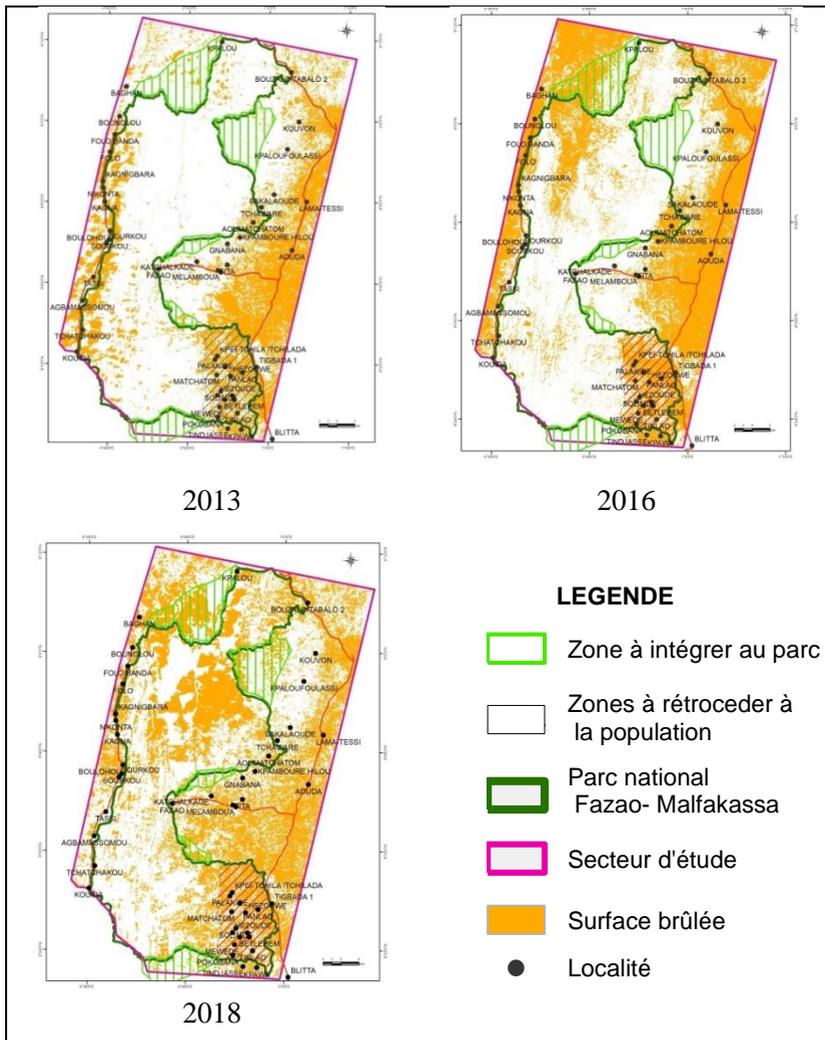
3.2. Evolution spatio-temporelle des superficies brûlées de 2013, 2016 et 2018

L'analyse de la répartition des surfaces brûlées montre une recrudescence des feux de végétation. La figure 6 montre l'évolution spatio-temporelle des surfaces brûlées du secteur d'étude de 2013 à 2018. Ces surfaces

Suivi des feux de végétation dans le parc national Fazao Malfakassa et ses terroirs riverains par imagerie satellitaire Modis et Landsat

brulées sont issues des images satellitaires de mois de mars et de novembre. Ce sont donc les surfaces brûlées par les feux tardifs.

Figure 6 : Evolution spatio-temporelle des surfaces brûlées de 2013-2018



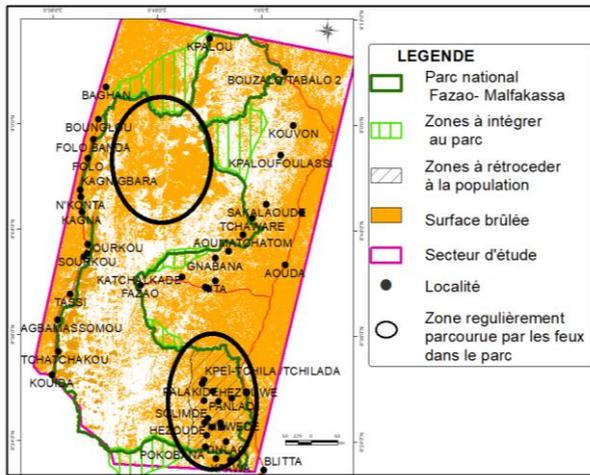
Source : Données issues du traitement des images satellitaire Landsat

De 2013 à 2018, les surfaces brûlées ont évolué de 122224 à 189605 ha, soit 38 % en moyenne de la superficie du parc et ses alentours qui sont parcouru par les feux tardifs.

En novembre 2013, le parc a enregistré moins de feux tardifs. Les surfaces brûlées dans le secteur ont atteint 122224 ha, soit 28 % de la surface totale. Ces feux ont lieu surtout le long de la nationale N°1 entre Blitta et Sokodé. Par contre, en mars 2016, l'activité des feux tardifs s'est accrue dans le secteur. En moyenne 174559 ha ont été brûlé soit 40 % de la surface totale. A l'intérieur du parc, c'est la partie sud-est et nord qui a été beaucoup affecté par ces feux. En novembre 2018, ces feux ont atteint 189605 ha dans le secteur soit 44 % de la surface totale. Cette fois-ci, c'est l'ensemble du parc qui est affecté avec des poches de concentration de feu dans le sud-est et le centre-est.

La superposition des zones brûlées de 2013, 2016 et 2018 montrent les grandes zones fréquemment parcourues par les feux tardifs (figure 7). Aux alentours du parc, il y a l'axe Blitta- Sokodé à l'Est et toute la partie Ouest. A l'intérieur du parc, c'est la zone du sud-est et du nord qui sont fréquemment parcourues par les feux tardifs.

Figure 7 : Zone fréquemment parcourues par les feux tardifs entre 2013 et 2018



Source : Données issues du traitement des images satellitaire Landsat

4. Discussion

Les points de feux de végétation extraites des images MODIS ont permis d'identifier et d'analyser les périodes de feux dans le PNFM et ses environs. En effet, pour valider l'effectivité et la précision de ces données, Elles ont été combinées aux images Landsat. Cette superposition a indiqué que ces points de feux sont utilisables dans le secteur d'étude car ils correspondent dans la plus grande partie aux réalités de terrain. Cette méthode de validation a été utilisé par J. Oloukoi (2012, p. 255) et Y. T. Kolani (2017, p. 35). Dans le secteur d'étude, la pratique des feux de végétation surtout tardifs est récurrente. Le PNFM est régulièrement parcourue par ces feux de végétation tardifs. Ils ont lieux en novembre et en mars. Or les périodes de feux de végétation précoces au pays se situent entre décembre et janvier. Ceci laisserait penser qu'il n'y pas une gestion rigoureuse des feux dans le parc. J. M. Grégoire et D. Simonetti (2008, p. 9) sont arrivés à la même conclusion en montrant que plusieurs aires protégées d'Afrique sub-saharienne montrent une activité élevée à très élevée de présence de feux en saison sèche. Ces feux tardifs constituent un élément destructeur de la biodiversité du parc car ils se produisent donc au cours de la saison sèche, période pendant laquelle la biomasse combustible est disponible.

Les surfaces brûlées extraite des images satellitaires Landsat de 2013, 2016 et 2018 ont montré l'effectivité des feux dans le secteur d'étude. Ces surfaces brûlées sont issues des feux de végétation tardifs. La fréquence élevée de ces feux dans le parc est due aux travaux de défrichement des champs dans le secteur d'étude où l'agriculture itinérante sur brûlis reste la pratique la plus répandue. Parfois, ces feux échappent à leur contrôle, et peuvent embraser le parc. Le même constat est fait par Y. T. Kolani (2017, p.76) dans la préfecture de l'Oti au Nord-Togo où se trouve le parc Oti-Kéran. L'autre facteur de l'activité de ces feux tardifs est que la PNFM constitue de véritables réservoirs de gibiers qui attirent les chasseurs surtout pendant la saison sèche. Ces derniers utilisent le feu comme pratique de chasse. J. Oloukoi (2012, p. 256) a fait le même constat dans les forêts de Bassila, de Mont Koufé et dans une partie de la forêt de Wari-marou.

Au regard de ces analyses, les feux de végétations méritent une attention particulière compte tenue de la grande proportion des feux tardifs et de

leurs effets néfastes sur le couvert végétal. La problématique du feu dans le secteur d'étude et surtout dans la PNFM doit être au cœur de toute analyse visant à mieux comprendre son fonctionnement et à en améliorer la gestion. La télédétection apparaît aujourd'hui comme un outil précieux et peu onéreux d'observation des écosystèmes terrestres. Elle peut être utilisée, au Togo pour le suivi des feux de végétation afin d'aider les décideurs à la prise de décision environnementale

Conclusion

La répartition temporelle des feux de végétation montre que la période de mis à feu de végétation tardif dans le secteur d'étude s'étend de mars à novembre avec deux pics (mars et novembre). De 2013 à 2018, la réparation annuelle des feux a montré une évolution en dents de scie. Les feux tardifs ne demeurent pas moins nombreux et sont néfastes pour la végétation étant donné qu'ils surviennent à une période de stress hydrique. L'analyse spatiale des surfaces brûlées a montré une grande activité des feux dans le secteur d'étude de 2013 à 2018. Cette étude a permis de spatialiser et d'estimer les foyers de feux et les zones brûlées. Ces informations sont indispensables pour une bonne planification stratégique et opérationnelle tant au niveau local que national.

Références bibliographiques

- AFELU Barerema, FONTODJI Kokou Jérémie, KOKOU Kouami, 2016, Impact des feux sur la biomasse dans les savanes guinéo-soudanienne du Togo, *Vertigo*, Vol 16, n°1, 52 p. ; consulté sur le site web// www.journals.openedition.org le 18 août 2019
- AHE Pèhèzounam, 2017, *Problématique d'aménagement et d'intégration des aires protégées dans la vie socio-économique des populations riveraines au Togo : cas des parcs nationaux Oti-Kéran et Fazao-Malfakassa*, Thèse de Doctorat Unique de Géographie, Université de Lomé, 278 p.
- DIEBRE Régis, 2004, *Cartographie des feux de brousse au Burkina Faso de l'année 2002 à l'aide de l'image AVHRR de NOAA LAC*, 2^e programme national de la gestion des territoires, Rapport final, 80 p.
- EVA Hugh, GREGOIRE Jean-Marie, MAYAUX Philippe et CHEVALLIER Damien, 2003, *Suivi des feux de végétation dans*

Suivi des feux de végétation dans le parc national Fazao Malfakassa et ses terroirs riverains par imagerie satellitaire Modis et Landsat

les aires protégées d'Afrique sub-saharienne. Apport des techniques spatiales et des données satellitaires pour le suivi des feux en Afrique sub-saharienne, Rapport technique, 73 p.

GREGOIRE Jean-Marie et SIMONETTI Dario, 2008, *Dynamique des brûlis dans les aires protégées du réseau SUN [Bénin, Burkina Faso, Niger et Sénégal], Saison sèche 2007-2008 : octobre 2007 – mars 2008*, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Document de travail, 45 p.

GUEGUIM Christelle Dadem, TCHAMBA Martin et FOTSO Corneille Roger, 2018, Dynamique spatio-temporelle des feux de brousse dans le Parc National du Mbam et Djerem (Cameroun), *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(2), pp. 728-748,

IGN 1986, *Carte topographique au 1/20000*, IGN France

KANA Collins Etienne, ETOUNA Joachim, 2006, Apport de trois méthodes de détection des surfaces brûlées par imagerie Landsat ETM+ : application au contact forêt- savane du Cameroun, *Revue européenne de géographie (Cybergeo)*, n° 357, 16 p. Disponible sur le site web <http://www.cybergeo.presse.fr>

KOLANI Yandja Tiébipo, 2017, *Suivi spatio-temporel des feux de brousse dans les préfectures de l'Oti et l'Oti Sud au Nord Togo entre 2005-2015*, Mémoire de Master professionnel en Télédétection et Système d'Information Géographique, Institut Panafricain pour le Développement, Université des Sciences appliquées du Développement, Ouagadougou, 108p.

KOUMOI Zakariyao, 2016, *Gestion et planification des territoires ruraux dans le centre-Togo : approche par la télédétection et les Systèmes d'Information Géographiques (SIG)*, Thèse de Doctorat Unique de Géographie, Université de Lomé, Togo, 235 p.

KPEDENOU Koffi Djagnikpo, 2017, *Dégradation des terres sous pressions anthropiques dans le Sud-Est Togo : dynamique spatiale, perceptions locales et incidences socio-économique sur les populations rurales*, Thèse de Doctorat Unique de Géographie, Université de Lomé, Togo, 257 p.

- MERF, 2010, *Renforcement de capacité pour la gestion de l'environnement (PRCGE)*, Document de travail disponible sur le site web : www.tg.Undp.org/content, consulté le 15 aout 2019 a 10h.
- OLOUKOI Joseph, 2012, *Utilité de la télédétection et des systèmes d'information Géographiques dans l'étude de la dynamique spatiale de l'occupation des terres au Centre du Bénin*, Thèse de Doctorat Unique de Géographie ; Université d'Abomey Calavi, Bénin, 306 p.
- TCHAMIE Thiou Tanzidani Komla et LARE Lalle Yendoukoa., 2014, *Troubles sociopolitiques et ses conséquences dans le façonnement des écosystèmes naturels de la partie orientale du parc national de Fazao-Malfakassa (Région Centrale au Togo)*, *Rev. Sc. Env. Univ. Lomé (Togo)*, n°11 (*spécial*), pp. 43-80.

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

1. Conditions de publication

La Revue Sciences de l'Environnement en abrégé *Rev. Sc. Env.* est une revue thématique du Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (LaRBE) de l'Université de Lomé (Togo). C'est une revue ouverte à toutes les spécialités s'intéressant à la thématique de l'environnement. Elle publie des articles originaux, rédigés en français ou en anglais, non publiés auparavant et non soumis pour publication dans une autre revue. Elle paraît annuellement et, au besoin, en hors-série et en édition spéciale.

2. Le manuscrit

Tout manuscrit soumis à examen, doit comporter les éléments suivants :

- un titre (en majuscule, centré par rapport au texte) ;
- une signature comportant le prénom (en minuscule avec l'initial en majuscule) suivi du nom (en majuscule) de ou des auteur (s) ;
- le nom et l'adresse complète de l'institution d'attache ;
- le courriel ;
- un résumé en français et en anglais (de 250 mots au maximum présentant la problématique, l'approche méthodologique, les résultats et les perspectives) ;
- des mots clés (un minimum de trois et un maximum de cinq).

Ce texte doit respecter les formes habituelles de présentation :

- introduction ;
- cadre géographique ;
- approche méthodologique (ou matériels et méthodes) ;
- résultats ;
- discussion ;
- conclusion ;
- les références bibliographiques.

Ce schéma classique peut être adapté selon le type de recherche.

Le volume et la typographie :

- le volume d'un article est de 15 pages au maximum, y compris les références bibliographiques pour les contributions théoriques et 20 pages pour les autres ;
- Interligne simple ; police : Times New Roman ; taille 11 ;
- le format : A5 ; les marges de haut et de bas : 1,9 cm ; de gauche et de droite : 1,75 cm ;
- Les espacements avant et après les paragraphes et titres sont de 6. Le texte doit être saisi « au kilomètre », c'est-à-dire sans application d'une feuille de style quelconque.

Les articulations du développement du texte, les titres et sous-titres sont à présenter ainsi :

Les articulations d'un article, à l'exception de l'introduction, de la conclusion, des références bibliographiques, doivent être titrées, et numérotées par des chiffres (exemples : 1. ; 1.1. ; 1.1.1. ; 2. ; 2.2. ; 2.2.1 ; etc.).

1. Premier niveau (Times 12 gras)

1.1. Deuxième niveau (Times 12 gras italique)

1.1.1. Troisième niveau (Times 12 italique sans le gras).

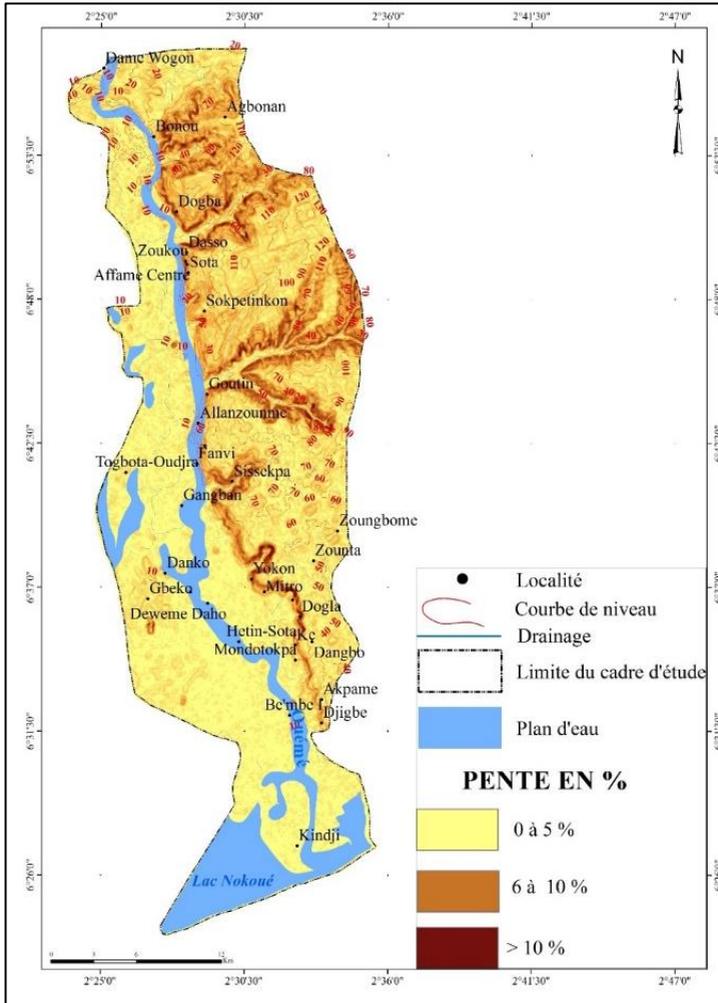
Les noms scientifiques doivent être écrits en entier, avec le nom du descripteur ou de l'auteur, à la première apparition (ex. : *Tectona grandis* L.). On peut donner uniquement le nom du genre suivi du nom de l'espèce à la deuxième apparition (ex. : *Tectona grandis*). Dans le cas où il s'agit d'une série de mêmes genres qui se suivent, le nom du premier genre sera écrit en entier et en abrégé les autres, suivis des noms des espèces (ex. : *Terminalia laxiflora* Engl., *T. ivorensis* A. Chev., *T. superba* Engl. & Diels).

3. Les illustrations

- Les figures et photos doivent être de bonne qualité visuelle avec une très bonne résolution en format ***png** (plus conseillé) ou ***jpeg** ;
- les graphiques et autres schémas réalisés en Ms Word, Excel ou tout autre logiciel devraient être convertis strictement aux formats images indiqués ci-dessus (***png**, ***jpeg**). Au cours de la conversion, il faudrait veiller à choisir la résolution maximale, nécessaire à un bon rendu visuel à l'impression ;
- un fichier Word contenant toutes les illustrations (tableaux, figures, photos) doit accompagner l'article. Dans ce fichier, les tableaux, graphiques et autres figures réalisées en MS Word ou Excel seront conservés dans leur format d'origine sans conversion ;
- les figures doivent montrer à la lecture visuelle, suffisamment d'informations compréhensibles sans recours au texte ;
- les tableaux, les cartes, les figures, les graphiques, les schémas et les photos doivent être numérotés (numérotation continue) en chiffres arabes selon l'ordre de leur apparition dans le texte ;
- ils doivent comporter un titre concis, placé au-dessus de l'élément d'illustration (centré, taille 10 gras) ;
- la source est indiquée (centrée) au-dessous de l'élément (Taille 10, normal) ;
- il est important que ces éléments d'illustration soient d'abord annoncés, ensuite insérés, et enfin commentés dans le corps du texte ;
- les illustrations doivent être référencées avec précision dans le texte. Exemple : Tableau 1 ou Figure 1, lorsque l'illustration est appelée ; (Tableau 1), (Figure 1) lorsque la référence de l'illustration est placée à la fin d'une phrase. Les illustrations sont numérotées et commentées dans un ordre chronologique.

Exemples d'illustrations

Figure 1 : Différents types de pentes dans le bassin inférieur de l'Ouémé



Source : Image SRTM, 2013 et Fond topographique, IGN 1999

Tableau 5 : Vitesse de sapement des fondations et calcul des pertes de terres dans le secteur de recherche

Commune	Vitesse de sapement moyenne en km/heure	Volume des terres perdues par les ravinelements en moyenne en m³
Bonou	5,5	7
Adjohoun	6	5
Dangbo	4,7	3
Aguégués	3,33	2

Source : Résultats de recherche, mai 2017

Photo 1 : Sapements de berges participant à la recharge sédimentaire des rivières



Prise de vue : Agbomahènan, Décembre 2017

4. Normes bibliographiques

✓ Comment citer les auteurs ?

Les références de citation sont intégrées au texte citant, selon les cas, de la façon suivante : Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms et du Nom de l'Auteur, année de publication, pages citées.

Les passages cités sont présentés en italique ou entre guillemets. Lorsque la citation dépasse trois lignes, il faut aller à la ligne, pour la présenter (interligne 1) en retrait, en diminuant la taille de police d'un point (taille 10).

Lorsque l'auteur est appelé

Exemples :

- selon T. T. K. Tchamiè (2012, p. 12) ; quand il s'agit d'un document d'un auteur ;
- selon T. T. K. Tchamiè et L. Y. Laré (2012, p. 19) ; quand il s'agit d'un document de deux auteurs ;
- selon W. Takou & *al.*, (2012 ; p. 10) ; quand il s'agit d'un document de plus de deux auteurs ;
- si plusieurs références se suivent, elles doivent être séparées chacune par une virgule et classer par ordre chronologique de publication. Exemple : Selon Y. Dakissaga (2006, p. 22), Z. Nassa (2009, p. 31) et T. Polorigni (2012, p.80).

Lorsque la référence est placée à la fin d'une phrase

Exemples :

- (T. T. K. Tchamiè, 2012, p. 12) ; quand il s'agit d'un document d'un auteur ;
- (T. T. K. Tchamiè et L. Y. Laré, 2012, p. 19) ; quand il s'agit d'un document de deux auteurs ;
- (W. Takou & *al.*, 2012, p. 10) ; quand il s'agit d'un document de plus de deux auteurs.

- Si plusieurs références se suivent, elles doivent être séparées chacune par un point-virgule et classer par ordre chronologique de publications. Exemple : (Y. Dakissaga, 2006, p. 22 ; Z. Nassa, 2009, p. 31 et T. Polorigni, 2012, p.80).

✓ **Références bibliographiques**

Seules figurent dans la bibliographie, les références citées dans le texte. Inversement, tout auteur cité doit figurer dans la bibliographie. L'ordre retenu pour les **références bibliographiques** est alphabétique. Elles se présentent de la manière suivante :

NOM et Prénom (s) de l'auteur, Année de publication, Zone titre, Lieu de publication, Zone Editeur, les pages (p.) des articles pour une revue.

Dans la zone titre, le titre d'un article est présenté en Time New Roman (sans italique) et entre guillemets, celui d'un ouvrage, d'un mémoire ou d'une thèse, d'un rapport, d'une revue ou d'un journal est présenté en italique. Dans la zone Editeur, on indique la Maison d'édition (pour un ouvrage), le Nom et le numéro/volume de la revue (pour un article). Au cas où un ouvrage est une traduction et/ou une réédition, il faut préciser après le titre le nom du traducteur et/ou l'édition (ex : 2^{nde} éd.).

Exemples :

✚ **Cas de la littérature grise et ouvrage simple**

- AMIN Samir, 1996, *Les défis de la mondialisation*, Paris, L'Harmattan.
- AUDARD Catherine, 2009, *Qu'est-ce que le libéralisme ? Ethique, politique, société*, Paris, Gallimard.
- BERGER Gaston, 1967, *L'homme moderne et son éducation*, Paris, PUF.
- DI MEO Guy, 2000, *Géographie sociale et territoires*, Paris, Nathan.

Article d'une revue

- DIAGNE Souleymane Bachir, 2003, « Islam et philosophie. Leçons d'une rencontre », *Diogène*, 202, p. 145-151.

Ouvrage collectif

- BARROS (De) Phillipe et KUEVI Dovi André, 1989, « Prospection archéologique au Togo », in *Togo-Dialogue*, n°45, Lomé, p. 40-42.

5. Soumissions et évaluation des articles

Les textes doivent être **exclusivement envoyés** à l'adresse revuelarbe@gmail.com

- Tout manuscrit qui ne respecte pas les normes su-énumérées sera purement et simplement rejeté.
- Les projets d'articles sont attendus entre le **1^{er} janvier** et le **30 juin de chaque année**, délai de rigueur. Un délai de deux (2) mois est nécessaire pour instruire les articles. Les articles sont évalués par des scientifiques choisis de par le monde selon leurs champs thématiques.
- Les projets d'articles corrigés par les auteurs doivent parvenir à la direction de la publication de la revue, au plus tard le 30 septembre. Le mois d'octobre est consacré au traitement des articles par le comité scientifique et le secrétariat de publication de la revue, avant d'être renvoyés au besoin, aux auteurs pour les ultimes corrections. A l'issue de cette étape, la liste définitive des articles à publier sera retenue. Les articles publiés sont attendus au plus tard le 15 décembre de chaque année.
- Les articles sont évalués par des scientifiques de par le monde en fonction des spécialités.
- Les frais d'évaluation de l'article sont envoyés au moment de la soumission de l'article. Ils s'élèvent à **20 000 f CFA**
- Les frais de publication, sont versés après acceptation de l'article. Ils s'élèvent à **30 000 f CFA**.