



HAL
open science

QUANTIFICATION DES CHANGEMENTS DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LA PREFECTURE DE YOTO (SUD-EST TOGO) A L'AIDE DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE LANDSAT

Koffi Djagnikpo Kpedenou, Tchaa Boukpepsi, Thiou Tanzidani K. Tchamie

► **To cite this version:**

Koffi Djagnikpo Kpedenou, Tchaa Boukpepsi, Thiou Tanzidani K. Tchamie. QUANTIFICATION DES CHANGEMENTS DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LA PREFECTURE DE YOTO (SUD-EST TOGO) A L'AIDE DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE LANDSAT. Sciences de l'Environnement, 2016, 13, pp.137-156. hal-01409418

HAL Id: hal-01409418

<https://hal.science/hal-01409418v1>

Submitted on 6 Dec 2016

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.

UNIVERSITE DE LOME
SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

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



PRESSES DE L'UL

Treizième Numéro

Lomé,

Décembre 2016

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 : Aklesso MOUZOU, Bawoubadi Edem
SABI, Ataféi PEWISSI, Wiyao POUTOULI, Amah-Edih KOUYA,
Atiyihwè AWESSO, Tchaa BOUKPESSI, Abdourazakou ALASSANE,
Minkilibé Paulin DJANGBEDJA, Paroussiè Wiyao TAKOU, Atina
BADAMELI, Faya LEMOU, Jean-Bosco VODOUNOU.

Comité Scientifique :

Firmin ADJOHOSSOU (Cotonou, Bénin); Pascal AFFATON
(Marseille , France); Abel AFOUDA (Cotonou, Bénin); Yao
AGBOSSOUMONDE (Lomé, Togo); Kodjo AKLIKOKOU (Lomé,
Togo); Koffi AKPAGANA (Lomé, Togo); Abdoul-Salam BÂ
(Bamako, Mali); Komlan BATAWILA (Lomé, Togo); Ibrahim
BOUZOU-MOUSSA (Niamey, Niger); Akpovi KOEGNINOU
(Cotonou, Bénin); Napo Pierre ALI (Lomé, Togo); Sabiba Kou'Santa
AMOUZOU (Lomé, Togo); Moctar BAWA (Lomé, Togo); Kossi S.
M. BADAMELI (Kara, Togo); Michel BOKO (Cotonou, Bénin);
Essowè BOUWESSIDJAO (Lomé, Togo); Kwami DIKENOU (Lomé,
Togo); Gbandi DJANEYE-BOUNDJOU (Lomé, Togo); Eustache
GANTHA-BOKONO (Cotonou, Bénin); Gnon BABA (Kara, Togo);
Mawuéna Y. GUMEDZOE (Lomé, Togo); Mensanvi GBEASSOR
(Lomé, Togo); Atsu Koudzo GUELLY (Lomé, Togo); Jean C.
HOUNDAGBA (Cotonou, Bénin); Chrsitophe HOUSSOU (Cotonou,
Bénin); Koffi DJONDO (Lomé, Togo); Kodjona KADANGA (Lomé,
Togo); Fodouop KENGNE (Yaoundé, Cameroun); Koffi KOKO
(Lomé, Togo); Koffi KILI (Lomé, Togo); Kouamé KOKOU (Lomé,
Togo); Honoré K. KOUMAGLO (Lomé, Togo); Kossi NAPO (Lomé,
Togo); Abou Nappou (Ouagadougou, Burkina-Faso); Komi KOSSI-
TITRIKOU (Lomé, Togo); Lalle Richard LARE (Lomé, Togo);
Euloge OGOUWALE (Cotonou, Bénin); Messan Komla NUBUKPO
(Lomé, Togo); François de Charles OUEDRAOGO (Ouagadougou,
Burkina Faso); Georges ROSSI (Bordeaux, France); Mamadou SALL
(Dakar, Sénégal); Komla SANDA (Lomé, Togo); Komlavi F.
SEDDOH (Paris, France); Komla Peter SEGBOR (Lomé, Togo);

N’Koué SIMPARA (Lomé, Togo) ; Brice SINSIN (Cotonou, Bénin) ; Nestor SOKPON (Parakou, Bénin) ; Comlan de SOUZA (Lomé, Togo) ; Thiou T. K. TCHAMIE (Lomé, Togo) ; Ben-Sikhina TOGUEBAYE (Dakar, Sénégal) ; Adjima THIOMBIANO (Burkina-Faso) ; Koffi S. TOZO (Lomé, Togo) ; Kpèrkouma WALA (Lomé, Togo) ; Urbain WENMENGA (Ouagadougou, Burkina Faso) ; Théophile ZOHOUN (Cotonou, Bénin) ; 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. «Efficacité technique et économique de la production de riz dans les aménagements hydro-agricoles de la commune de Dogbo au Bénin » par D. SOHINTO, J. AGBODJOGBE, G.BIAOU et Brice A. SINSIN..... 5
2. «Evaluation et cartographie de la dégradation des terres des sites aurifères du Liptako nigérien par l'analyse multicritère couplée au SIG » par D. AMADOU MAINGUIRE et I. BOUZOU MOUSSA..... 31
3. «Recomposition spatiale et résilience des populations de Essakane face au climat et à l'exploitation aurifère » par L. YAMEOGO..... 53
4. «Stratégies d'adaptation des maraichers aux contraintes climatiques dans la commune de Materi (Bénin, Afrique de l'Ouest) » par M. IDANI, N. A. TCHASSAMA ; I. F. OUOROU BARRE et E. OGOUWALE..... 81
5. «Caractéristiques et exploitation des forêts de l'arrondissement de Fo-Boure au Bénin » par P. J. DOSSOU..... 99
6. «Pratiques traditionnelles paysannes dans les bas-fonds agricoles à Dano au Burkina Faso » par S. PALE, B. J. KIEMDE et D. E. C. DA..... 119
7. «Quantification des changements de l'occupation du sol dans la préfecture de Yoto (Sud-Est Togo) à l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat » par K. D. KPEDENOU, T. BOUKPESSI et T. T. K. TCHAMIE 137
8. «Instabilité du régime climatique et dynamique des systèmes pastoraux dans la commune de Sinende au Nord-Bénin » par H. S. TOTIN VODOUNON, L. G. DJOHY, E. AMOUSSOU et M. BOKO..... 157
9. «Atouts et contraintes de l'implantation du parc Sarakawa dans la vie socio-économique des populations riveraines » par P. AHE, M. DJANGBEDJA, A-E. KOUYA, A. ALASSANE, T. BOUKPESSI, B. A.SINSIN, et T. T. K. TCHAMIE..... 179
10. «Développement du tourisme dans la réserve de biosphère de la Pendjari (Commune de Tanguiéta au nord-ouest du Bénin) » par A. KISSIRA..... 199
11. «Impacts des pratiques agricoles sur les composantes environnementales et stratégies endogènes de conservation de l'environnement dans la commune d'Adjohoun » par L. B. BIO BIGOU, H. A. KOMBIENI, A. KISSIRA et J. F. OUSSOU 225
12. «Influences des activités agricoles sur la fertilité des sols de la chaîne de l'Atacora au nord-ouest du Bénin » par P.D. KOMBIENOU, A. H. AZONTONDE, G. A. MENSAH et B. A. SINSIN..... 253
13. «Modélisation des niches climatiques de deux espèces d'oiseaux gibiers d'eau menacés sud du Bénin » par T. O. LOUGBÉGNON, J. T. C. CODJIA et M. R. LIBOIS 277

QUANTIFICATION DES CHANGEMENTS DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LA PREFECTURE DE YOTO (SUD-EST TOGO) A L'AIDE DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE LANDSAT

Koffi Djangnikpo KPEDENOU, Tchaa BOUKPESSI et Thiou T. K.
TCHAMIE

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

Département de Géographie (Université de Lomé, Togo)

Résumé

Le présent travail a pour objectif l'étude de la dynamique de l'occupation du sol à partir de données satellitaires multitudes dans la préfecture de Yoto. La classification supervisée avec le maximum de vraisemblance et la méthode de comparaison diachronique ont été utilisées. Les résultats obtenus, ont permis d'identifier et de caractériser l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la préfecture sur une période de vingt-neuf ans (1986 à 2015). Ils révèlent que les taux moyens de régression annuels pour les forêts sont de -5,50 % et respectivement de -0,13 % et 1,38 % pour les savanes et les plantations. Par contre, il a été observé une progression des classes des agglomérations et sols nus (4,52 %), des plans d'eau (2,91 %), et des cultures et jachères (0,89 %). En somme, l'étude montre que le paysage naturel de la préfecture de Yoto est marqué par une anthropisation conduisant ainsi à la dégradation des ressources naturelles.

Mots clés : détection des changements, paysage naturel, dégradation, Landsat, préfecture de Yoto.

Abstract

This work aims at studying the dynamics of land use from multi-temporal satellite data Yoto district. Supervised classification with the maximum likelihood and diachronic comparison method were used. The results have helped identify and characterize the spatial and temporal evolution of land use in the district over a period of twenty-nine years (1986 to 2015). They reveal that annual average rates of decline for the forests are -5.50 % and respectively -0.13 % and 1.38 % for savannas and plantations. However, it was observed an increase in bare soil and settlements classes (4.52 %), bodies of water (2.91 %), crops and fallow (0.89 %). In nutsum, the study shows that the natural landscapes of the

Yoto district are marked by human impacts leading to the degradation of natural resources.

Keywords : change detection, natural landscape, degradation, Landsat, Yoto district.

Introduction

L'étude de la dynamique de l'occupation du sol s'avère de plus en plus indispensable, à la fois pour la connaissance d'un territoire et pour son aménagement. Elle aide à avoir une meilleure compréhension des différentes tendances dans les processus de transformation spatiale (Lambin et *al*, 2001).

Le développement des techniques de la télédétection et du système d'information géographique (SIG) permet une approche de plus en plus précise sur la dynamique de l'occupation du sol (Lu et *al*, 2003 ; Lunetta et *al*, 2006 ; Käyhkö et *al*, 2011). La télédétection et le SIG, qui non seulement sont de plus en plus utilisés pour l'étude des phénomènes se déroulant à la surface de la terre, forment des outils essentiels dans les systèmes interactifs d'aide à la décision. L'approche méthodologique basée sur ces deux outils est retenue dans le cadre de la présente étude pour observer l'évolution du milieu naturel dans la préfecture de Yoto au Togo.

Bien qu'il existe des facteurs naturels favorisant la dynamique des milieux comme les variations du couvert végétal (Thompson et *al*, 1999), l'homme à travers ses différentes activités en est depuis un certain moment, le principal déclencheur de la transformation dont font actuellement objet les écosystèmes (Gnongbo, 2003 ; Scouvert & Lambin, 2006). Les ressources naturelles subissent des pressions anthropiques croissantes qui entraînent des dysfonctionnements des écosystèmes terrestres et des pertes de biodiversité (Bouko et *al*, 2007). Ces changements, qui sont amplifiés par des pressions démographiques ainsi que des modes et systèmes inappropriés d'exploitation des ressources disponibles, ont des répercussions directes sur l'occupation du sol et sur la configuration du paysage (Bamba et *al*, 2008 ; Bamba et *al*, 2010). L'évolution de l'occupation du sol se définit ainsi donc comme un processus dynamique assez complexe, qui est fonction à la fois de facteurs physiques et socio-économiques (Lambin et *al*, 2001 ;

Lecerf, 2008).

La préfecture de Yoto est une partie du territoire de la République du Togo. Elle appartient à la région du Sud-est Togo, un des trois espaces à fortes densités humaines du territoire national depuis la période coloniale (Othily, 1974) jusqu'à nos jours (INSEED, 2010). C'est une région qui subit des pressions humaines liées aux activités socioéconomiques entraînant la modification du paysage naturel (Djangbedja, 2000 et 2011).

On peut dès lors s'interroger sur la traduction spatiale de cette dégradation des paysages. Quelle est son ampleur ? S'inscrit-elle dans le temps ou est-elle soudaine ? Afin de répondre à ces différentes interrogations, il est nécessaire d'effectuer un suivi spatio-temporel de l'occupation du sol à l'échelle préfectorale. C'est l'objectif poursuivi par le présent travail, qui examine la dynamique spatiale entre 1986 et 2015, des différents types d'occupation du sol, à partir des images satellitaires Landsat, afin de mieux interpréter les phénomènes liés à la modification du milieu naturel.

I. Zone d'étude

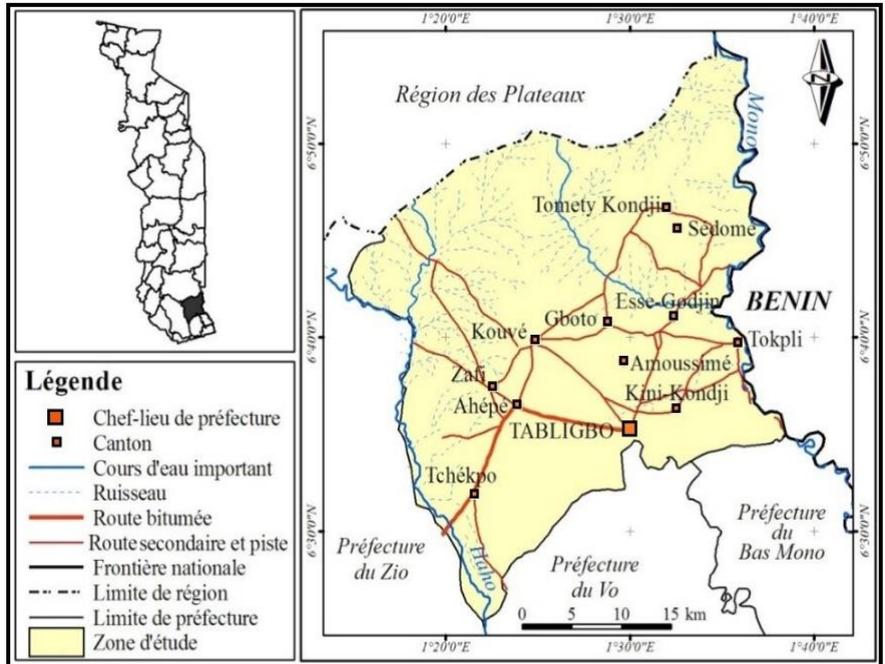
La préfecture de Yoto, est située au nord-est de la Région Maritime entre 6°30' et 6°60' de latitude nord et entre 1°20' et 1°35' de longitude est (Figure 1). Elle est limitée au nord par la préfecture de Haho (Région des Plateaux), au sud par les préfectures de Bas-Mono et de Vo, à l'est par la République du Bénin et à l'ouest par la préfecture de Zio. Elle a une superficie de 1200 km² (soit 19,67 % de l'étendue totale de la région). Sa population, est estimée à 165400 habitants en 2010 (INSEED, 2010) avec une densité de 138 habitants par Km².

Le relief de la préfecture est dominé par le plateau du continental terminal dénommé le plateau de Kouvé ou plateau de Tabligbo allant de la zone de Kouvé et s'étendant sur le nord-ouest de Sikpé Afidégnon, et compris entre le fleuve Mono à l'est, la rivière Haho à l'ouest et la dépression de la Lama au sud. La partie nord de la préfecture est occupée par la pénéplaine (Gnongbo, 1996).

La préfecture jouit d'un climat subéquatorial de type guinéen avec deux saisons sèches (juillet-septembre et novembre-mars) alternées par deux

saisons (mars-juillet et septembre-novembre) pluvieuses (Deneau, 1956). Les totaux pluviométriques annuels varient entre 800 mm et 1200 mm / an et s'étalent sur 60 jours à 100 jours.

Les formations géologiques de la préfecture sont constituées des formations sablo-argileuse, de Gneiss migmatite de la pénélaine, d'argile au sud-est de Tabligbo et des dépôts récents fluviaux se retrouvant le long des cours d'eaux Haho et Mono.



Source : Carte topographique au 1 :200 000 de Lomé NB-31-XIV-XIII et INSEED, 2010

Figure 1 : Localisation de la préfecture de Yoto

La préfecture est caractérisée par des sols ferrallitiques de la terre de barre, des sols ferrugineux, et des sols hydromorphes occupant les vallées et plaines d'inondations (Lamouroux, 1969). La végétation est constituée de savanes arbustives, des reliques de forêts galeries et des fourrés (Batawila, 1996 ; Kokou, 1998).

II. Démarche méthodologique

2.1. Données utilisées

Des images de type Landsat (192/055) TM (Thematic Mapper) du 13/01/1986 avec sept bandes et 30 m de résolution et OLI-TIRS (Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor) du 13/01/2015 comprenant onze bandes avec une résolution générale de 28,5 m, ont servi à la réalisation des cartes d'occupation du sol.

La feuille topographique NB-31-XIV-XIII de Lomé au 1/200 000 de 1980 produite par l'Institut Géographique National de France a permis de digitaliser les limites administratives, le réseau hydrographique ainsi que les voies de communication.

Deux jeux de relevés GPS de 310 points chacun (620 au total) collectés sur le terrain, et représentatifs de chaque classe d'occupation du sol, ont servi tant pour la classification que pour la validation des résultats issus de la classification. Dans le premier cas, ces points ont été utilisés dans la sélection des parcelles d'entraînement (ROI) ; pour la validation, ces points ont également servi comme points de validation dans l'évaluation de la qualité de la classification à travers le calcul d'une matrice de transition.

2.2. Méthodes de traitement et d'analyse des données

2.2.1. Cartographie de l'occupation du sol

2.2.1.1. Prétraitement des images satellitaires

Avant de procéder à la classification thématique des images satellitaires, une série d'opérations de prétraitement a été effectuée afin de faciliter leur exploitation. Il s'agit de :

- **la combinaison des bandes** dans le but d'obtenir une seule image multispectrale. Les images Landsat sont conçues sous formes de bandes individuelles en niveau de gris sous format Geotif., toutes les bandes furent combinées sous le logiciel ENVI à l'aide du module « *Layer Stacking* ».
- **le rééchantillonnage des pixels**. Afin de rendre les superpositions et les comparaisons possibles, les pixels des deux images doivent avoir la

même résolution (Billen & Cornélis, 2000 ; Escadafal, 2007 ; Mama et al, 2013). Les pixels TM (30 m de résolution) furent ainsi ramenés à la résolution des pixels OLI (28,5 m) par la méthode du rééchantillonnage cubique, qui améliore de façon significative la netteté des images sans trop altérer leur radiométrie (Caloz et al, 1993).

- **le rehaussement des images** afin d'améliorer leur apparence et faciliter l'interprétation et l'analyse visuelle des scènes. Le contraste entre les différents éléments des images fut amélioré en jouant sur la dynamique des valeurs radiométriques au niveau de l'histogramme de fréquences (Donnay, 2000).

- **l'extraction du secteur** d'étude à partir des images multispectrales obtenues, suivant les limites administratives de la préfecture par l'outil « *Resize data* » dans *Basic Tools* sous ENVI.

Les améliorations géométriques n'ont pas été nécessaires car les images obtenues ont déjà fait l'objet des corrections géométriques sur la base de la projection UTM WGS84 zone 31. Cependant, les autres données cartographiques complémentaires (limites administratives, données de GPS, données hydrographiques, voies de communication) ont toutes été reprojctées UTM WGS84 zone 31.

2.2.1.2. Classification numérique des images

Sous le logiciel de traitement d'image ENVI 5.1, le processus de classification numérique des images s'est déroulé à travers le choix des compositions colorées, la définition de la légende ou le renseignement du ROI (Regions Of Interest) ; la sélection des échantillons de parcelles d'entraînement ; la description et renseignement des différentes classes et le choix de l'algorithme de classification.

Des compositions colorées, ayant pour objectif de permettre une bonne discrimination des unités d'occupations du sol, ont été obtenues à l'issue des affectations, dans l'ordre, aux trois couleurs primaires (rouge, vert et bleu) les bandes du proche infrarouge (0,76-0,90 μm), du rouge (0,63-0,69 μm) et du vert (0,52-0,60 μm). L'interprétation visuelle des images après la composition colorée a permis d'identifier des types d'occupation et donc de délimiter les zones d'entraînement. La délimitation de ces zones d'entraînement fut renforcée par le réseau des données de GPS collectés sur le terrain.

La connaissance du secteur d'étude a guidé le choix en faveur de la classification supervisée qui consiste à appliquer le même traitement à chaque pixel, indépendamment des pixels voisins. L'algorithme Maximum de Vraisemblance (*Maximum Likelihood*) a été choisi pour la classification des images. C'est une méthode qui calcule la probabilité d'appartenance d'un pixel à une classe donnée plutôt qu'à une autre. Les pixels seront affectés à la classe pour laquelle la probabilité est la plus forte.

Après l'identification et la reconnaissance spectrale des classes d'occupation du sol à partir de l'image de 2015, la classification de l'image de 1986 fut faite par correspondance spectrale.

2.2.1.3. Traitement post-classification et validation des résultats

Une fois la classification terminée, des traitements ont été effectués pour affiner, évaluer la précision et valider les résultats

Le premier traitement a consisté à faire passer l'image classée dans un filtre majoritaire 3x3 (les pixels isolés sont transformés en pixels voisins majoritaires dans un carré de 3 pixels sur 3 autour du pixel considéré. La classification est simplifiée et débarrassée des pixels isolés.

Enfin, la précision des classifications a été évaluée à travers l'utilisation d'une matrice de confusion (Foody, 2002). A cet effet, les résultats des classifications ont été confrontés à un ensemble de 310 relevés de GPS collectés sur le terrain. Deux indices de validation de classification que sont la précision globale (proportion de pixels bien classés, calculé en pourcentage) et l'indice de Kappa (rapport entre les pixels bien classés et le total des pixels sondés) (Skupinski et al, 2009), sont alors déterminés.

2.2.2. Détection du changement

2.2.2.1. Evolution de l'occupation du sol

L'évolution spatio-temporelle de chaque classe d'occupation du sol a été évaluée à travers une série de transformations ensemblistes (Noyola-Medrano et al, 2009). La relation entre la même classe à deux dates différentes, a permis d'extraire les zones « stables », de « régression » et de « progression » de ladite classe. On considère que S1 représente la

superficie occupée par les classes d'occupation du sol à la date 1 et que S_2 est la surface de ces mêmes classes pour la date 2.

2.2.2.2. Quantification du changement

Afin de quantifier les changements au niveau des classes d'occupation du sol, plusieurs indicateurs statistiques ont été calculés ; il s'agit des taux de changement et de la matrice de transition.

- **Calcul des taux de changement** : les taux de changement (taux d'évolution annuel et taux de changement global) des superficies des classes d'occupation du sol entre les années 1986 et 2015 furent déterminés respectivement à travers l'équation proposée par la FAO (1996) (1) et celle de Bernier (1992) (2) couramment employée pour mesurer la croissance des agrégats macroéconomiques entre deux périodes données (Mama & Oloukoi, 2003 ; Oloukoi et al, 2006 ; Soro, 2014).

$$(1) \quad Tg = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \times 100$$

Avec S_1 la surface d'une classe d'unité de surface à la date t_1 ; S_2 la superficie de la même classe d'unité de surface à la date t_2

$$(2) \quad Tc = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) \times \ln e} \times 100$$

Avec S_1 la surface d'une classe d'unité de surface à la date t_1 ; S_2 la superficie de la même classe d'unité de surface à la date t_2 ; \ln le logarithme népérien ; e la base des logarithmes népériens ($e = 2,71828$)

Les valeurs positives représentent une progression de la superficie de la classe pendant la période analysée tandis que les valeurs négatives indiquent la perte de surface d'une classe entre les deux dates. Quant aux valeurs proches de zéro, elles expriment une relative stabilité de la classe les deux périodes.

- **Matrice de transition** : elle permet de mettre en évidence de façon condensée (Schlaepfer, 2002) les différentes formes de conversion subites par les unités d'occupation des terres entre deux dates t_1 et t_2 , et décrire les changements intervenus. Elle est obtenue par le croisement des cartes d'occupation du sol de 1986 et 2015, rendu possible par l'algorithme « *Intersect polygons* » de l'extension Geoprocessing sous ArcGIS 10.0.

III. Résultats

3.1. Evaluation de la précision des classifications et résultat cartographique

3.1.1. Evaluation de la précision des classifications

L'évaluation des résultats de la précision des classifications à partir des matrices de confusion (99,48 % pour l'image de 1986 et 97,59 % pour celle de 2015) et des coefficients de Kappa (0,99 et 0,91 respectivement pour 1986 et 2015) (Tableau I), indiquent que les classifications sont de bonne qualité (Pontius, 2000).

Tableaux I : Matrices de confusion des classifications des images Landsat 1986 et 2015

1986	FO	SV	PLA	CJ	AGSN	PE
FO	98,88	0	0	0	0	0
SV	1,03	97,98	1,17	0,45	0	0
PLA	0,07	2,02	98,83	0	0	0
CJ	0,02	0	0	99,55	0,06	0
AGSN	0	0	0	0	99,94	0
PE	0	0	0	0	0	100
Total	100	100	100	100	100	100

Matrice de confusion : 99,48 %, Coefficient de Kappa : 0,99

2015	FO	SV	PLA	CJ	AGSN	PE
FO	96,82	20,92	0,00	0,00	0	0
SV	1,37	73,57	1,92	9,30	0,07	0
PLA	0,28	0,00	98,08	0,05	0	0
CJ	1,4	5,24	0	88,56	0	0,06
AGSN	0,13	0,27	0	2,09	99,93	0,88
PE	0	0	0	0	0	99,06
Total	100	100	100	100	100	100

Matrice de confusion : 97,59 %, Coefficient de Kappa : 0,91

FO : forêts ; SV : savanes ; PLA : plantations et agroforêts ;

CJ : cultures et jachères ; AGSN : agglomération et sols nus ; PE : Plan d'eau

3.1.1. Cartographie

La figure 2 représente les cartes obtenues après les classifications supervisées des images Landsat de 1986 et de 2015. Au total, six classes

d'occupation du sol ont été cartographiées. Ces classes sont entre autre : les forêts (forêts galeries, îlots forestiers, autres types de formations forestières), les savanes (tout type de savanes et autres formations basses), les plantations et agroforêts, les cultures et jachères, les agglomérations et sols nus et les plans d'eau.

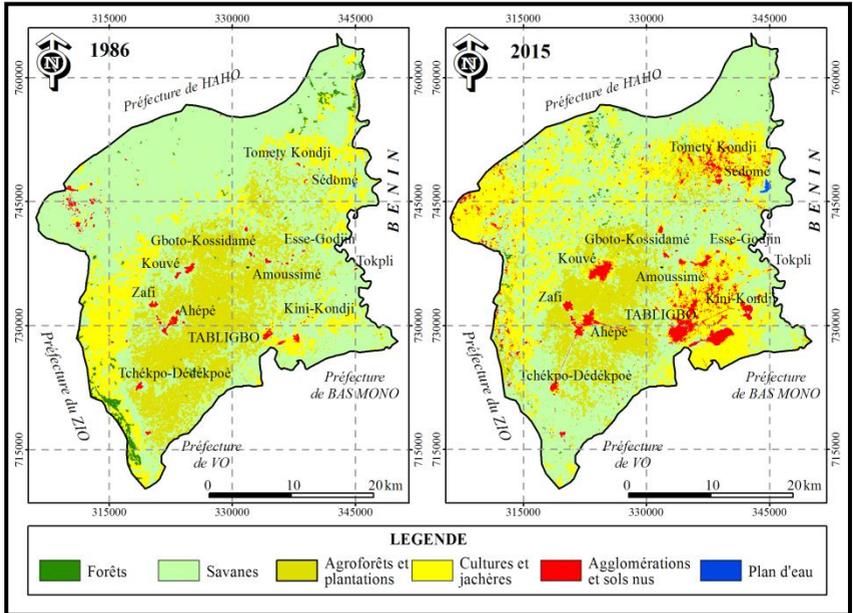


Figure 2 : Cartes d'occupation du sol des années 1986 et 2015

3.2. Dynamique de l'occupation du sol

3.2.1. Analyse des états de l'occupation du sol de 1986 et 2015

Les états d'occupation du sol des années 1986 et 2015 sont synthétisés dans le tableau II ci-dessous.

Tableau II : Superficiés en hectares et en pourcentage des classes d'occupation du sol

Classes d'occupation du sol	Superficie 1986		Superficie 2015	
	ha	%	ha	%
Forêts	4183,2	3,3	848,1	0,7
Savanes	61197,8	48,6	58973,6	46,9
Plantations et Agroforêts	26108,3	20,8	17488,2	13,9
Cultures te jachères	32593,7	25,9	42184,6	33,4
Agglomération et sols nus	1631,1	1,3	6041,7	4,8
Plan d'eau	133,9	0,1	311,8	0,3
Total	125848	100	125848	100

L'analyse du tableau II montre qu'en 1986, le paysage était dominé par les formations savaniques (48,6 %) localisées plus au nord et à l'est de la préfecture ; les zones de cultures (25,9 %) sont plus localisées vers l'ouest, le sud-est et un peu plus au nord-est de la préfecture. Les agroforêts et plantations (20,8 %) sont un peu plus concentrés au centre. Les forêts presque inexistantes (3,3 %) sont représentées par les galeries forestières le long de la rivière Haho et les lambeaux de forêts claires qui se trouvent dans la réserve de Togodo Sud à l'extrême nord de la préfecture.

En 2015, la domination du paysage par les savanes n'a pas tellement changé puisqu'elles occupent 46,9 % de l'espace et se développent un peu plus au sud de la préfecture. Les surfaces cultivées se sont intensifiées (33,4 %) et occupent pratiquement tout le nord-ouest de la préfecture tandis qu'au même moment, les agglomérations et sols nus (4,8 %) se sont densifiés. Les formations forestières se sont réduites et occuperent seulement 0,7 % de l'espace.

3.2.2. Evaluation de l'évolution de l'occupation du sol

L'évolution de l'occupation du sol dans la préfecture de Yoto entre 1986 et 2015 est présentée dans le tableau III qui résume les différentes classes d'occupation des terres, leur superficie ainsi que leurs taux de variation.

Tableau III : Superficies et taux de variation des classes d'occupation entre 186 et 2015

Classes d'occupation du sol	Superficie (ha)		Tc (%)	Tg (%)
	1986	2015		
Forêts	4183,2	848,1	-5,50	-79,7
Savanes	61197,8	58973,6	-0,13	-3,7
Agroforêts et Plantations	26108,3	17488,2	-1,38	-33
Cultures et jachères	32593,7	42184,6	0,89	29,4
Agglomérations et sols nus	1631,1	6041,7	4,52	270,4
Plan d'eau	133,9	311,8	2,91	132,9

Tc : *taux moyen annuel d'expansion spatiale* ; Tg : *taux de changement global*

L'analyse du tableau III révèle que sur les six (6) classes d'occupation du sol identifiées dans la préfecture, trois (03) ont connu une régression relativement importante. Ces classes représentent les forêts, les savanes et les agroforêts et plantations qui ont enregistré durant cette période, une diminution respectivement de 79,7, 3,7 et 33 %.

Par ailleurs, les trois (3) autres classes d'occupation du sol, à savoir les sols nus et agglomérations, les champs et jachères ainsi que les plans d'eau, ont quant à elles, connu d'importante progression. La progression la plus spectaculaire est celle de la classe des sols nus et agglomérations avec un taux qui dépasse les 200 % (Figure 4).

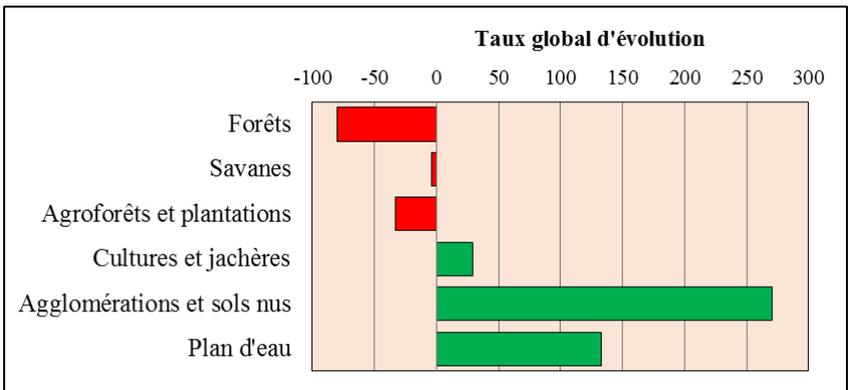


Figure 4 : Bilan des changements opérés au niveau des différentes unités d'occupation entre 1986 et 2015

Les changements des classes d'occupation du sol durant les deux années

sont révélés par la matrice de transition que présente le tableau IV ci-dessous.

Tableau IV : Matrice de transition de l'occupation du sol de 1986 et de 2015 (en pourcentage)

		2015					
1986	FO	SV	PLA	CJ	AGSN	PE	Total
FO	0,1	1,9	0,5	0,8	0	0	3,3
SV	0,1	22,7	5,1	19,1	1,4	0,2	48,6
PLA	0,2	10,1	7,2	2,9	0,4	0	20,8
CJ	0,3	12	0,9	10,3	2,4	0	25,9
AGSN	0	0,2	0,2	0,3	0,6	0	1,3
PE	0	0	0	0	0	0,1	0,1
Total	0,7	46,9	13,9	33,4	4,8	0,3	100

Il ressort de l'examen du tableau IV que de 1986 à 2015, les savanes ont subi une dégradation de 25,9 %, car sur les 48,6 % de la surface occupée par les formations savaniques en 1986, 22,7 % sont restées inchangés ; 19,1 % se sont transformés en cultures et jachères et 5,1 % convertis plantations et agroforêts. La proportion des forêts, quant à elle, est passée de 3,3 à 0,7 %, soit une diminution de 2,6 %. Cette diminution est également perceptible au niveau des plantations et agroforêts avec 13,6 % de ses superficies transformées en savanes (10,1 %), en cultures et jachères (2,9 %) et agglomération et sols nus (0,4 %).

La dynamique paysagère révèle que 41 % de l'espace sont restés stables et n'ont pas évolué vers d'autres classes, tandis que 23,8 % des superficies ont évolué vers des classes supérieures dont 0,6 % en termes de reconstitution végétale. Cependant, 35,2 % du paysage ont subi une dégradation.

IV. Discussion

Les résultats issus des traitements démontrent que les extractions faites sur les images satellites Landsat, à partir de classifications supervisées sont de qualité suffisante (précision globale 99,20 % pour l'image TM de 1986 et 97,00 % pour l'image OLI de 2015) pour pouvoir établir que les changements observés sur les images correspondent effectivement à des variations de l'occupation du sol dans la préfecture de Yoto. La

classification supervisée semble être, parmi les méthodes relatives à l'étude de l'évolution de l'occupation du sol par télédétection (Andrieu & Mering, 2008), la plus représentative car elle implique le recours aux zones témoins (Masoud & Koike, 2005 ; Nagendra et al, 2006). La qualité de la classification est d'ailleurs confirmée par les valeurs de l'indice de Kappa qui sont de 0,99 % (1986) et 0,91 (2015). On peut conclure que les résultats de cette analyse sont statistiquement acceptables car selon Pointus (2000), les résultats d'une analyse d'image dont la valeur de Kappa est supérieure à 0,50 sont bons et exploitables.

Certaines classes d'occupation sont classifiées avec plus de précision que d'autres. Aussi, les classes de la matrice de confusion de l'image de 1986 sont mieux classifiées que celles de l'image de 2015. Toutes les classes d'occupation retenues sur l'image de 1986, ont une précision supérieure à 97 %. La classe des plans d'eau est la mieux classée parmi les autres avec une précision de 100 %. S'en suivent respectivement dans l'ordre les classes Agglomération et sols nus (99,94 %), Cultures et jachères (99,55 %), Forêts (98,88 %). La plus faible précision a été observée au niveau de la classe Savanes. Quant à l'image de 2015, l'analyse la matrice de confusion indique que la précision est de l'ordre des plus de 70 % pour toutes les classes. Il est noté une confusion assez importante entre les classes savanes et forêts (20 %), et également entre les classes cultures-jachères et savanes. A cela s'ajoutent de légères confusions observées entre les plantations-agroforêts et les savanes, de même entre les forêts et les savanes. La difficulté à discriminer visuellement ces classes est due à la similarité des signatures spectrales. Ceci justifie la confusion remarquée entre les savanes et les jachères. Malgré ces confusions, aucune erreur n'excède 20 % en dehors de celle entre les forêts et les savanes au niveau de l'image de 2015. On peut en conclure que ces erreurs sont acceptables du moment où toutes les erreurs sont largement en dessous de la valeur limite établie à 70 % (Mama & Oloukoi, 2003).

L'analyse des résultats montre que la dynamique du milieu naturel dans la préfecture de Yoto est régressive entre les deux dates. En observant les cartes d'occupation de sol, il apparait que cette dégradation semble générale et touche presque toute l'espace préfectorale. Les taux d'évolution moyens annuels révèlent des régressions pour les classes de forêts, savanes, plantations et agroforêts. Les formations naturelles

(forêts, savanes) sont de plus en plus remplacées par les classes d'occupation anthropiques (champs et jachères, plantations et agroforêts, agglomération et sols nus). Le même constat est fait par Mama (2013) sur le territoire béninois. Cette situation de dégradation du paysage dans la préfecture de Yoto est également observée à d'autres endroits au Togo. Koumoui et al (2013) de même que Takou et al (2012) sont parvenus au même constat dans le centre du Togo et dans la région des plateaux.

La dégradation du milieu traduite par la régression des formations naturelles est essentiellement liée au développement des activités socio-économiques (culture sur brulis, exploitation du bois d'œuvre et de chauffage, exploitation minière etc.) dans un contexte de pression démographique (Pale, 2000). Plusieurs auteurs (Sounon et al, 2007 ; Atta et al, 2010) ont mis en cause la croissance démographique et certains modes d'exploitation comme étant responsables de dégradation des terres ayant pour conséquence la perturbation des équilibres écologiques. C'est un phénomène particulièrement remarquable en Afrique subsaharienne où les fortes densités démographiques et la crise d'espace agricole conduisent les populations à la recherche de nouvelles terres (Drabo, 2000 ; Abotchi, 2002).

Conclusion

L'étude diachronique des changements constitue une démarche efficace permettant une évaluation rapide à travers une cartographie mettant en relief la dynamique de l'occupation des sols et ses répercussions sur le milieu naturel. Les outils de la télédétection (images satellitaires) combinés à ceux des systèmes d'information géographique ont été d'une grande utilité dans cette étude. L'évaluation des cartes d'occupation du sol issues des classifications supervisées des deux images Landsat (TM et OLI-TIRS) a permis de mettre en relief les enjeux et les menaces qui pèsent sur l'équilibre écologique dans la préfecture de Yoto pendant ces dernières 29 années.

L'imagerie satellitaire Landsat se révèle donc comme étant un système de génération de l'information spatio-temporelle, et aussi comme outils d'aide à la décision pour les besoins d'aménagement. Elle permet avec les SIG, la mise en place de bases de connaissances pour le suivi des

milieux naturels.

Références bibliographiques

- Abotchi T., 2002 : Colonisation agricole et dynamique de l'espace rural au Togo : cas de la plaine septentrionale du Mono. *Revue du C.A.M.E.S. Sciences Sociales et Humaines*. Série B. Vol. 4, 97-108.
- Atta S., Achard F. & Ould Mohamedou S. O. M., 2010 : Evolution récente de la population, de l'occupation des sols et de la diversité floristique sur un terroir agricole du Sud-Ouest du Niger. *Science & Nature*, 7(2) : 119-129.
- Aubreville A., 1949 : Climats, forêts désertification de l'Afrique tropicale, Sociétés d'Editions de Géographie Maritime et coloniale, Paris, 523 pages.
- Bamba I., Barima Y. S. S. & Bogaert J., 2010 : Influence de la densité de la population sur la structure spatiale d'un paysage forestier dans le bassin du Congo en R. D. Congo. *Tropical Conservation Science*, 3(1) : 31-44.
- Bamba I., Mama A., Neuba D. F. R., Koffi K. J., D. Traore, Visser M., Sinsin A. B., Lejoly J. & Bogaert J. 2008 : Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (R.D. Congo). *Sciences & Nature*, 5(1) : 49-60.
- Batawila K., 1997 : Recherches botaniques sur les formations dégradées et jachères de la plaine côtière du sud Togo. Mémoire de DEA de Biologie de Développement. Option : Biologie appliquée. Université du Bénin (Togo) 65 pages.
- Billen R. & Cornelis B., 2000 : Géométrie de la spatio-carte : correction et validation. *Bulletin de la Société Géographique de Liège, Belgique*, 38 : 25-42.
- Bouko B. S., Sinsin B. & Soule B. G., 2007 : Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin. *TROPICULTURA*, 25(4) : 221-227.
- Brabant P., Darraco S., Egue, K. & Simonneaux V., 1996 : Togo. État

- de dégradation des terres résultant des activités humaines. Notice explicative de la carte des indices de dégradation. Coll. Notice explicative. 112. ORSTOM, Paris, 57 pages + Carte 1/500 000.
- Caloz R., Blazer T. J. & Willemin G., 1993 : Création d'une ortho-image à l'aide d'un modèle numérique d'altitude : influences des modes de rééchantillonnage radiométrique. *Téledétection et cartographie*. Edition AUPELF-UREF. Les Presses de l'Université du Québec : 17-30.
- Deneau V., 1956 : Singularités climatiques du Bas-Togo. Mémoire de la Météorologie Nationale, Paris.
- Djangbedja M., 2000 : Conséquences de l'extraction du minerai de phosphates à Hahotoé sur l'environnement naturel et humain (Sud-Est Togo). Mém. Maîtrise, Géographie physique, UB, 99 pages.
- Djangbedja M., 2011 : Dynamiques végétales et stratégies de restauration dans les carrières abandonnées de phosphate et de calcaire au sud du Togo. Thèse de Doctorat en Géographie, UL (Togo), 198 pages.
- Donnay J. P., 2000 : Les spartiocartes en composition colorée. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, Belgique : 43-61.
- Drabo I., 2000 : Migration agricole et insécurité foncière en pays bwa du Burkina Faso. *Espace, populations, sociétés*, **1** : 43-55
- Escadafal R., 2007 : Les bases de la surveillance de la désertification par satellites. *Sécheresse*, **18** : 263-270.
- FAO, 1990 : Forest resources assessment. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Forestry Paper, 130, Roma, 152 pages.
- Foody G. M., 2002 : Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, **80** : 185-201.
- Gnongbo T. Y., 1996 : Le Togo méridional : étude de géographie physique. Thèse de Doctorat de l'Université Bordeaux III. Option géographie tropicale. Institut de Géographie Louis Papy, Bordeaux, France, 306 pages.

- Gnongbo T. Y., 2003 : Mise en valeur agricole et évolution du milieu naturel dans la zone forestière du Litimé (Togo). *Les Cahiers d'Outre-Mer*, **224** : 443-460.
- INSEED, 2010 : Quatrième recensement général de la population et de l'habitat. Volume spécial. Lomé, 238 pages.
- Käyhkö N., Fagerholm N., Asseid B. S. & Mzee A. J., 2011: Dynamic land use and land cover changes and their effect on forest resources in a coastal village of Matemwe, Zanzibar, Tanzania. *Land Use Policy*, **28**(1) : 26-37.
- Kokou K., 1998 : Les mosaïques forestières au sud du Togo : biodiversité, dynamique et activités humaines. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France, 140 pages.
- Koumoi Z. Alassane A., Djangbedja M., BoukpeSSI T. & Kouya A-E., 2013 : Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le Centre-Togo. *Revue de Géographie Ahoho*, **10**, (7^e année) : 163-172.
- Lambin E. F., Turner B. L., Geist H., Agbola S. B., Angelsen A., Bruce J. W., Coomes O., Dirzo R., Fischer G., Folke C., George P. S., Homewood K., Imbernon J., Leemans R., Li X., Moran E. F., Mortimore M., Ramakrishnan P. S., Richards J. F., Skanes H., Stefan W., Stone G. D., Svedin U., Velkamp T., Vogel C. & Xu J., 2001 : The causes of land-use land cover change : moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, **11**(4) : 261-169.
- Lamouroux M., 1969 : Carte pédologique du Togo au 1/1.000.000. Notice explicative n°34, ORSTOM. Paris, 99 pages.
- Lecerf R., 2008 : Suivi des changements d'occupation et d'utilisation des sols d'origine anthropique et climatique à l'échelle régionale par télédétection moyenne résolution (Application à la Bretagne). Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes 2 (France). 326 pages.
- Lu D., Mausel P., Brondizio E. & Moran E., 2003 : Change detection techniques. *International Journal of remote sensing*, **25**(12): 2365-2407.
- Lunetta R. S., Knight J. F., Ediriwickrema J., Lyon J. G. & Worthy L. D., 2006: Land-cover change detection using multi-temporal

- MODIS NDVI data. *Remote Sensing of Environment*, **105** (2) : 142-154.
- Mama A., Sinsin B., De Canniere C. & Bogaert J., 2013 : Anthropisation et dynamisation des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. *TROPICULTURA*, **31**(1) : 78-88.
- Mama V. J. & Oloukoi J., 2003 : Evaluation de la précision des traitements analogiques des images satellitaires dans l'étude de la dynamique de l'occupation du sol. *Téledétection*, **3** (5) : 429-441.
- Masoud A. A. & Koike K., 2006: Arid land salinization detected by remotely-sensed land covers changes: A case study in the Siwa region, NW Egypt. *Journal of Arid Environments*, **1**: 151-167
- Nagendra H., Pareeth S. & Ghate R., 2006: People within parks-forest villages, land-cover change and landscape fragmentation in the Tadoba Andhari Tiger Reserve, *India Applied Geography*, **26**: 96-112
- Noyola-Medrano C., Mering C. & Rojas Beltran M. A., 2009 : Evaluation du changement de l'occupation du sol à l'aide des images Landsat et Spot : Champ volcanique de la Sierra Chichinautzin (Mexique). 24th Internacional Cartography Conference: The World's Geo-Spatial Solutions (ICC, 2009). 12 pages.
- Oloukoi J., Mama V. J. & Agbo F. B., 2006 : Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin. *Téledétection*, **6**(4) : 305-323.
- Othily A., 1974 : Contribution à la connaissance régionale du sud-est du Togo. Espace, histoire, société. Notes sur le peuplement. ORSTOM, Lomé, 72 pages.
- Palé F. O. K. 2000 : Le rôle de l'action anthropique dans la dégradation des ressources naturelles à Niaogho-Beguedo. *Berichte des Sonderforschungsbereichs*, **268**(14), Frankfurt : 521-533.
- Pontius Jr. R. G., 2000 : Quantification error versus location error in compararison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and remote Sensing*, **66**(8) : 1011-1016.
- Schlaepfer R., 2002 : Analyse de la dynamique du paysage. Fiche

- d'enseignement 4.2, Laboratoire de Gestion des Ecosystèmes, Ecole Polytechnique de Lausanne, Suisse, 10 pages.
- Scouvar M. & Lambin E. F. (2006). Approche systémique des causes de la déforestation en Amazonie brésilienne : syndromes, synergies et rétroactions. *L'Espace Géographique*, **3**: 241-254.
- Skupinski G., Binhtran D., Weber C., 2009 : Les images satellites Spot multi-dates et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain : le cas de la basse vallée de la Bruche (Bas-Rhin, France). *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 439, mis en ligne le 12 mars 2009, consulté le 28 juin 2016. <http://cybergeo.revues.org/21995> ; DOI : 10.4000/cybergeo.21995
- Soro G., Ahoussi E. K., Kouadio E. K., Soro T. D., Oulare S., Saley M. B., Soro N. & Biemi J., 2014 : Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire). *Afrique SCIENCE*, **10**(3) : 146-160.
- Sounon B. B., Sinsin B., & Goura S. B., 2007 : Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes du Bénin. *Tropicultura*, **25**(4) : 221-227.
- Takou P. W., BoukpeSSI T., Djangbedja M. & Mama A., 2012 : Apports de la télédétection et des systèmes d'information géographiques dans l'étude de la dynamique des paysages végétaux de l'ouest de la Région des Plateaux au Togo. *Rev. Sc. Env. Univ. Lomé (Togo)*, **009** : 29-48.
- Thompson R. S., Anderson K. H. & Bartlein P. J., 1999: Atlas of Relations between Climatic Parameters and Distributions of Important Trees and Shrubs in North America., U.S. Geological Survey, Professional Paper 1650, part A 269 pages and part B, 423 pages.

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

1. Conditions de publication

La Revue Sciences de l'Environnement en abrégé *Rev. Sc. Env.* est une revue de géographie logée au 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, approche méthodologique ou matériels et méthodes, résultats, discussion, conclusion et 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 20 pages au maximum. Interligne simple ; police : Times New Roman ; taille 11 ; le format : A5 ; les marges de haut et de bas : 1,9 cm, de gauche : 2,5 cm et de droite : 1 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 :

I. Premier niveau, premier titre (Times New Roman, taille 11, gras)

1.1. Deuxième niveau (Times New Roman, taille 11, gras)

1.2.1. Troisième niveau (Times New Roman, taille 11, gras) et ainsi de suite.

Les noms scientifiques doivent être écrits en entier, avec le nom du descripteur ou de l'auteur dans le texte ou dans le résumé ou dans l'introduction, 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 illustrations (figures, tableaux, photos) doivent être prêtes pour la publication et doivent parvenir 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. Au cours de la conversion, il faudrait veiller à choisir la résolution maximale, nécessaire à un bon rendu visuel à l'impression ;
- toute illustration floue ou illisible sera rejetée ;
- les figures doivent montrer à la lecture visuelle, suffisamment d'informations compréhensibles sans recours au texte ;
- chaque illustration doit avoir un titre et une source (**Times New Roman, taille 10, gras**) ;
- les illustrations doivent être référencées avec précision dans le texte. Exemple : Tableau I ou Figure 1, lorsque l'illustration est appelée ; (Tableau I), (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 ;

- les tableaux sont numérotés en chiffre romain (Exemple : **Tableau I : Variation des aires favorables à *Porphyrio Porphyrio***). Leurs titres sont placés en haut. Les figures (cartes, schémas, etc.) et photos sont numérotés en chiffres arabes (Exemple : **Figure 1 : Zone d'étude**). Leurs titres sont placés en bas ;
- en ce qui concerne les figures et les photos, leur source est placée au dessus du titre ;
- les illustrations, leurs titres et leurs sources sont centrés.

4. Normes bibliographiques

✓ Comment citer les auteurs ?

Seuls les noms des auteurs sont référencés dans le texte, suivi de l'année de publication. Ni l'initial du prénom, ni le prénom lui-même ne doivent faire partie intégrante de la référence citée.

Lorsque l'auteur est appelé

Exemples :

- Selon Tchamiè (2012) ; quand il s'agit d'un document d'un auteur ;
- Selon Tchamiè & Laré (2012) ; quand il s'agit d'un document de deux auteurs ;
- Selon Takou & *al.*, (2012) ; 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 publications. Exemple : Selon Dakissaga (2006), Nassa (2009) et Polorigni (2012)...

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

Exemples :

- (Tchamiè, 2012) ; quand il s'agit d'un document d'un auteur ;
- (Tchamiè & Laré, 2012) ; quand il s'agit d'un document de deux auteurs ;

- (Takou & *al.*, 2012) ; 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 : (Dakissaga, 2006 ; Nassa, 2009 ; Polorigni, 2012).

✓ **Références bibliographiques**

Seules figurent les références citées dans le texte. Inversement, tout auteur cité doit figurer dans la bibliographie. L'ordre retenu pour les **références bibliographiques** est alphabétique. Les références sont classées en fin d'article dans l'ordre alphabétique. Elle se présente de la manière suivante :

- Pour les articles de revues

Nom (en majuscule) des auteurs suivis des initiales de leurs prénoms, année de publication : Titre de l'article (dans la langue d'origine). Nom de la revue en italiques, numéros de tomes, de volumes et de série en gras (mettre les ponctuations), première et dernière pages de l'article ou le nombre de pages.

Ex. Robequain C. 1939 : La végétation forestière de l'AOF et du Togo. *Ann. Géo.*, **48 (272)** : 163-170.

Tchamiè T.T.K., 2000 : Evolution de la flore et de la végétation des bois sacrés des massifs kabyè et des régions environnantes (Togo). *LEJEUNA*, nouvelle série, N° 164, 36 p

- Pour les ouvrages collectifs ou une contribution

Nyassogbo G. K., 1998, qu'est-ce qu'une capitale ? Essai de définition. In *Le centenaire de Lomé, capitale du Togo (1897-1997)* (Nyassogbo G. K., Marguerat Y., Gayibor N.). Collection «Patrimoines» n° 7 Presses de l'UB Lomé, pp 11-32.

- Pour les livres et littérature grise

Même présentation des auteurs. Titre du livre en italiques, ville ; nom de l'éditeur, année de publication, nombre de pages.

Ex. : Braque, R. 1988 : *Biogéographie des continents*. Paris Barcelone Milan Mexico, Masson, 470 pages.

5. Soumissions

Les textes doivent être exclusivement envoyés à l'adresse revuelarbe@gmail.com . L'auteur devrait s'aquitter à la soumission de son article, des frais d'évaluation qui s'élèvent à **10 000 Francs CFA (15 Euros)**.

Tout manuscrit qui ne respecte pas les normes sus-énumérées sera purement et simplement rejeté.

Les projets d'articles sont attendus jusqu'au **30 septembre de chaque année**, délai de rigueur. Les frais de publication, sont versés après publication de l'article. Ils s'élèvent à **40 000 Francs CFA (60 Euros)**.

6. Evaluation des articles

Les articles sont évalués par des scientifiques choisis de par le monde selon les champs thématiques des articles.