



HAL
open science

DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LES SITES D'EXPLOITATION DE CALCAIRES AU SUD-EST DU TOGO

Aboudala Sidi Issah, Minkilabe Djangbedja, Koffi Djagnikpo Kpedenou, Thiou Tanzidani K. Tchamie

► To cite this version:

Aboudala Sidi Issah, Minkilabe Djangbedja, Koffi Djagnikpo Kpedenou, Thiou Tanzidani K. Tchamie. DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LES SITES D'EXPLOITATION DE CALCAIRES AU SUD-EST DU TOGO. *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes (RIGES)*, 2018, 4, pp.181-200. <hal-01832671>

HAL Id: hal-01832671

<https://hal.science/hal-01832671v1>

Submitted on 27 Jul 2018

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.



HAL Authorization

Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes



RIGES

ISSN: 2521-2125

Numéro 4

Juin 2018



Publiée par le Département de Géographie de l'Université Alassane OUATTARA de Bouaké

ADMINISTRATION DE LA REVUE

Direction

Arsène DJAKO, Professeur Titulaire à l'Université Alassane OUATTARA (UAO)

Secrétariat de rédaction

- Joseph P. ASSI-KAUDJHIS, Professeur Titulaire à l'UAO
- Konan KOUASSI, Maître-Assistant à l'UAO
- Dhédé Paul Eric KOUAME, Maître-Assistant à l'UAO
- Yao Jean-Aimé ASSUE, Maître-Assistant à l'UAO
- Zamblé Armand TRA BI, Maître-Assistant à l'UAO
- Kouakou Hermann Michel KANGA, Assistant à l'UAO

Comité scientifique

- HAUHOUOT Asseypo Antoine, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- ALOKO N'Guessan Jérôme, Directeur de Recherches, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- AKIBODÉ Koffi Ayéchoro, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- BOKO Michel, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Benin)
- ANOH Kouassi Paul, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- MOTCHO Kokou Henri, Professeur Titulaire, Université de Zinder (Niger)
- DIOP Amadou, Professeur Titulaire, Université Cheick Anta Diop (Sénégal)
- SOW Amadou Abdoul, Professeur Titulaire, Université Cheick Anta Diop (Sénégal)
- DIOP Oumar, Professeur Titulaire, Université Gaston Berger Saint-Louis (Sénégal)
- WAKPONOU Anselme, Professeur HDR, Université de N'Gaoundéré (Cameroun)
- KOBY Assa Théophile, Maître de Conférences, UFHB (Côte d'Ivoire)
- SOKEMAWU Kudzo, Maître de Conférences, UL (Togo)

EDITORIAL

La création de RIGES résulte de l'engagement scientifique du Département de Géographie de l'Université Alassane Ouattara à contribuer à la diffusion des savoirs scientifiques. Elle est une revue généraliste de Géographie dont l'objectif est de contribuer à éclairer la complexité des mutations en cours issues des désorganisations structurelles et fonctionnelles des espaces produits. La revue maintient sa ferme volonté de mutualiser des savoirs venus d'horizons divers, dans un esprit d'échange, pour mieux mettre en discussion les problèmes actuels ou émergents du monde contemporain afin d'en éclairer les enjeux cruciaux. Les questions foncières en milieu urbain, le problème d'habitat et de logement, l'implication des acteurs locaux dans le développement local, la dégradation de l'environnement urbain, l'immigration agricole, la conservation des produits agricoles, l'approvisionnement des marchés urbains produits vivriers, les risques sanitaires liés à l'accès à l'eau potable, les enjeux socio-spatiaux de la propagation de l'épidémie de la méningite, le développement touristique et culturel, ont fait l'objet d'analyse dans ce présent numéro. RIGES réaffirme sa ferme volonté d'être au service des enseignants-chercheurs, chercheurs et étudiants qui s'intéressent aux enjeux, défis et perspectives des mutations de l'espace produit, construit, façonné en tant qu'objet de recherche. A cet effet, RIGES accueillera toutes les contributions sur les thématiques liées à la pensée géographique dans cette globalisation et mondialisation des problèmes qui appellent la rencontre du travail de la pensée prospective et de la solidarité des peuples.

Secrétariat de rédaction

KOUASSI Konan

COMITE DE LECTURE

- KOFFI Brou Emile, Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- ASSI-KAUDJHIS Joseph P., Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- BECHI Grah Félix, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- MOUSSA Diakité, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- VEI Kpan Noël, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- LOUKOU Alain François, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- TOZAN Bi Zah Lazare, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)

Sommaire

Follygan HETCHELI, Iléri DANDONOUGBO, Goumpouguini DJERGOU La rente foncière et ses implications socioéconomiques à Agoènyivé, périphérie nord de Lomé (Togo)	6
KONAN Kouassi Toussaint, DJAH Armand Josué, KOFFI Brou Emile Les enjeux de la production du foncier urbain par les détenteurs de droits coutumiers dans les communes de Cocody et d'Abobo (district d'Abidjan, Côte d'Ivoire)	24
N'GUESSAN Kouablan, DOHO Bi Tchan André, KOUASSI N'GUESSAN Gilbert, ATTA KOFFI Lazare Les cités immobilières des entreprises dans trois communes périphériques de la ville d'Abidjan (Yopougon, Cocody et Abobo)	37
EVIAR Ohomon Bernard, KOUASSI Patrick Juvet, GOZE Thomas, GOGBE Téré Sociétés immobilières et aménagement d'un espace urbain : cas de la SICOGI à PK 18	51
Dègnon Jonas KOTYN, Dèdègbè Louis AHOMADIKPOHOU, Euloge OGOUWALE, Marcel Romuald Benjamin HOUINATO Contraintes et efficacité des systèmes paysans de stockage des produits agricoles en pays Agonlin (Bénin, Afrique de l'ouest)	63
Dr Moussa dit Martin TESSOUGUE, Djénébou TRAORE, Mahamadou Oumar CAMARA Approvisionnement du marché urbain de Bamako au Mali en tubercules d'igname par les commerçants grossistes	83
Frédéric Armel MEMEL, Sophie Pulchérie TAPE Acteurs territoriaux et développement local : cas de la municipalité de Jacquville en Côte d'Ivoire	104
N'GORAN Kouamé Fulgence, APHING-KOUASSI Germain, ASSI KAUDHJIS Joseph-P. Les perspectives de développement du tourisme dans le département de Korhogo	117
SORO Ferelaha Fatoumata, DIABAGATE Abou, COULIBALY Amadou, GOGBE Téré L'impact spatial des activités à la ferraille d'Abobo (Abidjan, Côte d'Ivoire)	138

<p>Suspense Averti IFO, Félix KOUBOUANA, Chris Poppel LOUYINDOULA BANGANA YIYA, Dangui Ghislain Wilfrid LOUTETE, Ges KIBOZI, Marielle YENGHO, Hollande Guenael L. NZIENDOLO, Urielle Marini Malonga, Stoffenne BINSANGOU</p> <p>Evaluation du niveau de compréhension du concept changements climatiques actuels et stratégie de sensibilisation en milieu étudiantin, république du Congo</p>	152
<p>KOUASSI Konan, SREU Eric, KANGA Kouakou Hermann Michel, BRISSY Olga Adeline, ASSI-KAUDJHIS Joseph P.</p> <p>La méningite dans le quart nord-est ivoirien : une épidémie révélatrice d'inégalité et d'isolement socio-spatial</p>	165
<p>SIDI ISSAH Aboudala, DJANGBEDJA Minkilabe, KPEDENOU Djagnikpo Koffi, TCHAMIE Tanzidani Komlan Thiou</p> <p>Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans les sites d'exploitation de calcaires au sud-est du Togo</p>	181
<p>N'GUESSAN Francis N'Guessan, KOFFI Guy Roger Yoboué, KOUASSI Konan, ASSI-KAUDJHIS Joseph P.</p> <p>De l'accès a l'eau potable aux risques sanitaires dans la sous-préfecture de Bonon (centre-ouest, cote d'ivoire)</p>	201
<p>BROU Huia Sidonie, KASSI Kadjo Jean Claude, FOFANA Lacina</p> <p>Les impacts environnementaux lies à la gestion des déchets solides ménagers à San-Pedro</p>	215
<p>DIARRASSOUBA Bazoumana, VEI Kpan Noel, KOUAKOU Kouamé Serge-Eric</p> <p>Assainissement liquide et pluvial en milieu urbain : état des lieux et perspectives à M'bahiakro (Côte d'Ivoire)</p>	229
<p>GOGBE Téré, WADJA Jean-Bérenger, KOUASSI N'guessan Gilbert, KARAMOKO Djenan Marie Angèle</p> <p>Les acteurs de développement local et le développement du département de Kounahiri (centre-ouest de la côte d'ivoire)</p>	246
<p>TUO Abou, SOUMAHORO Manlé, DJAKO Arsène</p> <p>Immigrations agricoles et développement du département de Dianra dans la région du Béré (côte d'ivoire)</p>	265
<p>MAKOU Laurentine Luce, Eleno Manka'a FUBE, NJOUONANG DJOMO Harold Gaël</p> <p>Les musées à l'épreuve de la promotion du tourisme au Cameroun : l'exemple des musées de Yaoundé</p>	278

DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LES SITES
D'EXPLOITATION DE CALCAIRES AU SUD-EST DU TOGO

SIDI ISSAH Aboudala

Doctorant

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

Département de Géographie, Université de Lomé (Togo)

E-mail : aboudalas@gmail.com

DJANGBEDJA Minkilabe

Maître-assistant

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

Département de Géographie, Université de Lomé (Togo)

E-mail : paulinminkilabe@yahoo.fr

KPEDENOU Djagnikpo Koffi

Docteur

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

Département de Géographie, Université de Lomé (Togo)

E-mail: florentk2@hotmail.fr

TCHAMIE Tanzidani Komlan Thiou

Professeur Titulaire

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

Département de Géographie, Université de Lomé (Togo)

E-mail : ttchamie@tg.refer.org

RESUME

Les sites d'exploitation du gisement de calcaires de Tabligbo au Sud-Est du Togo sont soumis à de fortes pressions anthropiques suite à l'extraction minière. Cette étude traite de l'évolution de l'occupation et de l'utilisation du sol dans cette zone et contribue à la caractérisation des principales entités spatiales entre 1958, 1986, 2002 et 2017. Les techniques cartographiques basées sur les analyses de carte topographique et d'images satellites multidates ont été utilisées et complétées par des vérifications sur le terrain. Les images ont subi une classification supervisée par la méthode du maximum de vraisemblance. Il a été observé dans les sites d'exploitation une augmentation en superficie des agglomérations et sols nus, des plans d'eau, des cultures et jachères, des agroforêts et plantations au profit des savanes et des forêts. Les cartes réalisées montrent que l'exploitation des calcaires contribue beaucoup aux différents changements d'occupation de sol observés.

Mots clés : carrières de calcaire, dynamique spatio-temporelle, occupation du sol, sud-est Togo.

ABSTRACT

The Tabligbo limestone deposit exploitation sites in southeastern Togo are subject to important anthropogenic pressures related to mining. This study deals with the evolution of land cover and land use in this region and contributes to the characterization of the main spatial entities between 1958, 1986, 2002 and 2017. Mapping technics based on topographic

map and Multi-dates satellite images analysis were used and supplemented by field verifications. The images underwent supervised classification by the maximum likelihood method. On the sites of exploitation, there was an increase in the area of agglomerations and bare soils, water bodies, crops and fallows, agroforests and plantations in favor of savannahs and forests. The maps produced show that the exploitation of the limestone contributes, a lot, to the different changes of soil occupation observed.

Key words: limestone quarries, spatio-temporal dynamics, land use, south-east Togo

INTRODUCTION

Les études sur le changement de l'occupation et de l'utilisation du sol sont d'une grande importance, car elles permettent de connaître les tendances actuelles dans les processus de déforestation, de dégradation, de désertification et de perte de la biodiversité d'une région déterminée (Lambin et al. 2001). Les facteurs naturels comme le climat et le relief interviennent dans les variations de la couverture végétale. Cependant, ces dernières décennies, les activités humaines sont le principal déclencheur de la transformation des écosystèmes (Vitousek et al. 1997).

Dans le cas du Sud-Est Togo, la perte de la couverture végétale est provoquée principalement par les activités minières. En effet, l'extraction des calcaires dans ce secteur joue un rôle important dans les projets de développement économique du pays. Malgré sa contribution à l'économie nationale, elle a des impacts considérables sur l'environnement.

L'extraction du calcaire se fait, à ciel ouvert. L'exploitation de ce gisement a d'abord commencé par la société Cimao (Ciment de l'Afrique de l'Ouest) en 1979. A partir de 1984, Cimao, pour des raisons énergétiques va fermer. L'exploitation sera confiée en 1997 à la société Wacem (West African Cement) qui continue l'exploitation jusqu'à ce jour. Elle est également effectuée depuis 2014 par la société Scantogo.

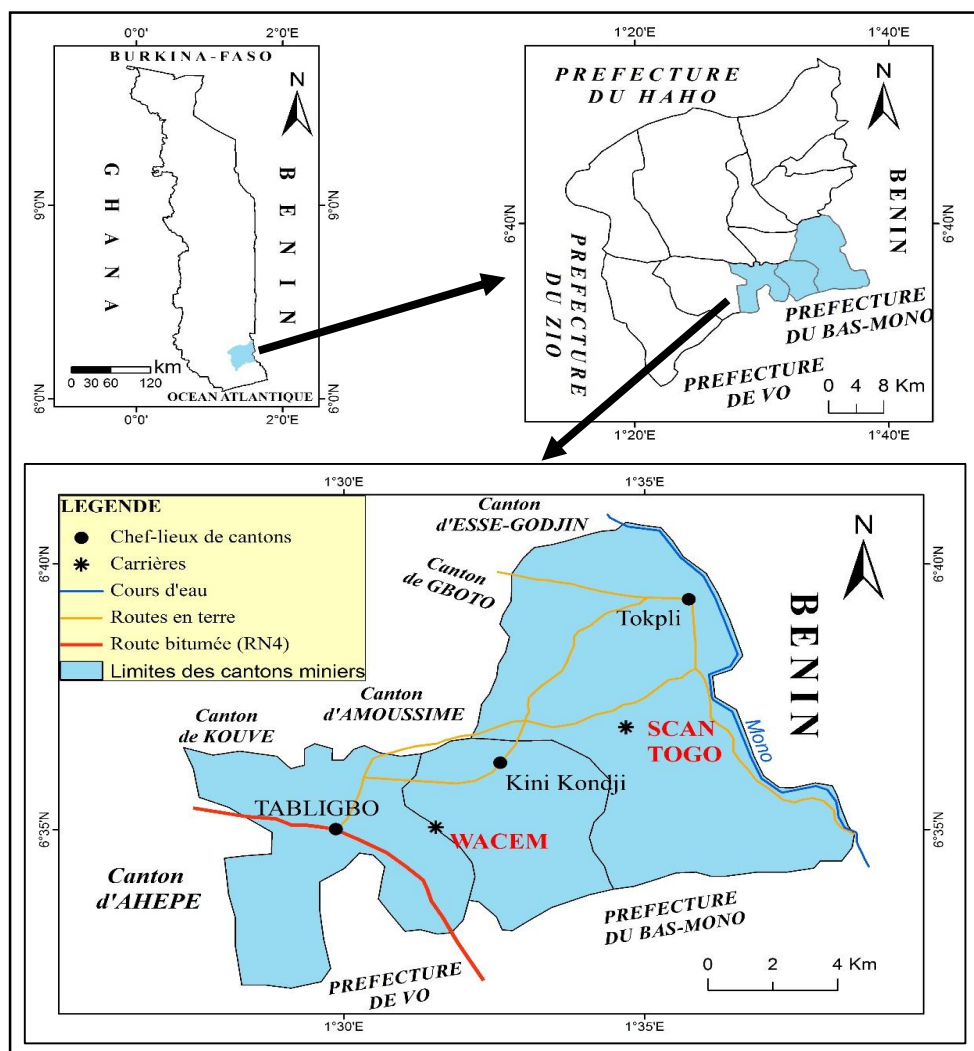
Le processus d'exploitation comprend, entre autres, l'occupation des terrains nécessaires à l'extraction, la dénudation des sols par l'abattage de la végétation, le terrassement des stériles et leur dépôt en arrière du front d'exploitation. La modification du paysage est la manifestation la plus visible des conséquences de la plupart des activités minières (Djangbedja, 2011).

Le présent travail se propose d'étudier la dynamique de l'occupation du sol et de l'utilisation des terres dans cette région minière du Togo afin de connaître les tendances actuelles dans le processus de recolonisation des carrières. Cet article est structuré en trois parties à savoir (1) la présentation du secteur d'étude ; (2) la démarche méthodologique ; (3) les résultats et la discussion.

1. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

Le secteur d'étude est localisé dans la préfecture de Yoto, au sud-est du Togo. Il couvre trois cantons et est situé entre 6°24 et 6°41 de latitude nord et entre 1°28 et 1°35 de longitude est (figure 1).

Figure 1: Localisation du secteur d'étude



Source : Carte topographique au 1 :200 000 de Lomé NB-31-XIV-XIII

Il est limité au nord par les cantons d'Essè-Godjin, de Gboto, d'Amoussimé et de Kouvé, au sud par les préfetures de Vo et du Bas-Mono, à l'est par la république du Bénin et à l'ouest par le canton d'Ahépe.

Il est entièrement situé dans le bassin sédimentaire côtier du Togo. Ce dernier repose en discordance fondamentale sur le substratum métamorphisé, d'âge panafricain (Affaton, et al., 1980). Le gisement en exploitation est nommé Calcaires de Tabligbo et appartient au groupe de formations géologiques de Tabligbo. Le relief du secteur est caractérisé par le plateau de Kouvé (Motorolla, 1977). Le climat est de type guinéen marqué par quatre saisons avec une moyenne pluviométrique annuelle comprise entre 800 mm et 1200 mm. Le maximum des températures moyennes se situe en février avec 29,7 °C et la température minimale la plus faible enregistrée en saison pluvieuse tourne autour de 25 °C (Addra, et al., 1994). Deux types de sols caractérisent le secteur d'étude. Il s'agit des sols ferrallitiques et des sols hydromorphes (Lamouroux, 1969). La végétation, quant à elle, est formée de savanes arbustives, de reliques de forêts-galeries et des fourrés (Kokou, 1998). C'est une région qui

connait une forte croissance de la population avec un taux d'accroissement annuel moyen de 3,3 % (DGSCN, 2011).

L'exploitation se fait dans un milieu avec une population constituée de 84,3 % de ruraux (DGSCN, 2011). La population du secteur d'étude est en majorité agricole. Elle pratique également l'élevage des caprins, des ovins, des volailles et des porcins. La production artisanale comprend essentiellement la vannerie, la poterie, la transformation de produits agricoles (huile de palme, le savon traditionnel, le panier, la claie, etc.).

2. Démarche méthodologique

2.1. Données utilisées

2.1.1. Cartes topographiques

L'étude a eu recours à des cartes topographiques éditées en 1958 produites à l'échelle de 1:50 000 grâce à l'interprétation de photographies aériennes prises entre 1951 et 1952 par l'Institut Géographique National (IGN-France) ; il s'agit des cartes topographiques Lomé NB-31-XIV-3b et Lomé NB-31-XIV-4a

2.1.2. Images satellites

Trois images satellites Landsat de dates différentes ont été utilisées dans le cadre de ces travaux,. Le tableau 1 donne les caractéristiques de ces images.

Tableau 1 : Les différentes images satellites utilisées

Satellite	Capteur	Date	Résolution	Path/Row	Nombre de bandes
LANDSAT 5	TM	13 janvier 1986	30 m x 30 m	192 /55	07
LANDSAT 7	ETM+	13 décembre 2002	30 m x 30 m	192 /55	08
LANDSAT 8	OLI-TIRS	10 janvier 2017	30 m x 30 m	192 /55	11

Source: U.S. Geological Survey, 2017

2.1.3. Base de vérité terrain

L'étape de vérité terrain est indispensable dans tout travail de télédétection. Elle a permis de collecter des données nécessaires à la compréhension du milieu, parfois invisibles sur l'image satellite. Cette vérité terrain a permis aussi de valider la classification finale des images. Ces données sont constituées de relevés GPS agrémentés de photographies de l'environnement proche. Ainsi, des missions sur le terrain ont permis de collecter des points GPS (480 points au total) et des photographies.

2.2. Méthode de traitement des données

2.2.1. Traitement des cartes topographiques

Les cartes topographiques au 1/50 000 qui couvrent le secteur d'étude ont permis l'évaluation des états de surfaces de l'année 1958. La technique a consisté à scanner ces cartes, à les géoréférencer puis à les numériser, afin d'en produire une carte d'occupation du

sol. Le géoréférencement est une opération qui consiste à utiliser des coordonnées cartographiques pour affecter un emplacement spatial à des entités cartographiques. Tous les éléments d'une couche de carte ont alors une position et une étendue géographique spécifique qui leur permettent d'être repérés sur la surface de la terre, ou près de celle-ci (Poidevin, 1999 ; Noiset et *al.*, 2003). Des points géodésiques remarquables dont les coordonnées sont connues, ont été choisis sur les cartes topographiques, toutes en format papier, et ont servi, lors de leur géoréférencement par rapport à l'ellipsoïde WGS 84 et le fuseau 31 Nord. Ensuite, la numérisation qui traduit le passage de la forme analogique à la forme numérique a été réalisée. Elle s'est faite, dans le cadre de la présente étude, à l'ordinateur à l'aide du logiciel de SIG, QGIS 2.18.

2.2.2. Traitement des images Landsat

2.2.2.1. Prétraitements des images

Les traitements préliminaires ou prétraitements des images satellites sont un ensemble d'opérations qui ont pour but d'augmenter la lisibilité des données, de faciliter leur interprétation et surtout de faire une meilleure extraction de l'information utile (Billen et *al.*, 2000 ; Caloz et *al.*, 1993).

- *Extraction de la fenêtre du secteur d'étude* : cette opération à consister à extraire de la scène entière une portion d'image correspondant au rectangle circonscrit à la zone d'étude. C'est ainsi qu'une portion d'image inscrite dans le rectangle, dont les coordonnées des sommets, sont 1°27' et 1°38' longitude Est, 6°15' et 6°41' latitude Nord ont été extraites.
- *Compositions colorées* : chaque image issue d'un canal est en niveau de gris. La composition colorée permet de produire une image couleur à partir de la combinaison de trois bandes spectrales. Cette combinaison repose sur le principe d'affectation des bandes spectrales, choisies en fonction des objectifs de l'étude, aux trois couleurs primaires rouge, vert et bleu. L'objectif de cette opération est d'avoir une synthèse d'information en vue de faire une bonne discrimination des unités d'occupation du sol. Dans le cadre de la présente étude, les compositions colorées ont été obtenues suite à l'affectation 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). Elles ont permis :
 - la sélection des sites à visiter sur le terrain ;
 - le choix des parcelles d'entraînement pour la réalisation des classifications dirigées ;
 - le choix des parcelles de contrôle pour l'évaluation des classifications.

2.2.2.2. Classification numérique des images

La mise en œuvre d'une classification requiert plusieurs étapes, dont la définition des classes, la sélection de zones d'entraînement bien distinctes et le choix de l'algorithme de classification (Collet et *al.*, 1992).

- *Définition des classes thématiques* : elle constitue une étape préalable à la phase de classification dirigée. Cette définition est faite sur la base des classes obtenues après

regroupement des pixels par classification non dirigée. Les classes sont définies de sorte à être, à la fois, bien discriminées entre elles et communes aux trois images. Les différentes occupations du sol présentes sur les images sont regroupées en six classes thématiques à savoir :

- savanes ;
- sols nus et agglomérations ;
- agroforêts et plantations ;
- forêts ;
- plans d'eau ;
- champs (cultures) et jachères.

- *Sélection des parcelles d'entraînement et de contrôle* : le choix des parcelles d'entraînement et de contrôle s'est basé sur les travaux de terrain et sur l'interprétation des compositions colorées. Elles ont été obtenues en sélectionnant des zones polygonales de pixels sur l'image. Pour chacune des images, deux groupes de zones sont sélectionnés :
- le premier pour la mise en œuvre de la classification supervisée (parcelles d'entraînement) ;
 - et le deuxième pour son évaluation (parcelles de contrôle).

Ces parcelles sont choisies de sorte à être représentatives de l'ensemble de la zone d'étude, et de chacun des types d'occupation du sol.

- *Choix de l'algorithme de classification* : la connaissance du secteur d'étude a guidé le choix en faveur de la classification dirigée. Elle consiste à affecter tous les pixels de l'image du périmètre à une classe d'occupation du sol identifiée à priori. La méthode de classification utilisée est celle par maximum de vraisemblance. Cet algorithme de classification calcule, selon une fonction de probabilité multidimensionnelle, qui permet de déterminer la probabilité de chaque pixel d'appartenir à l'une des catégories correspondant aux signatures spectrales (Caloz & Collet , 2001).

2.2.2.3. Traitements post-classification

Les traitements post-classification ont essentiellement consisté à :

- *l'évaluation des classifications* : la pertinence et la précision des classifications sont évaluées à l'aide des matrices de confusion entre les données de vérité-terrain et celles des traitements des images satellitaires, par le calcul d'un certain nombre d'indices à partir de la matrice de confusion (Skupinski et al, 2009). Cette dernière est une matrice carrée de taille égale au nombre de classes. Dans le cadre de ces travaux, les différents indices qui ont servi à évaluer les classifications sont :
- la précision globale : qui correspond au nombre de pixels correctement classifiés par rapport au nombre total de pixels d'entraînement ;

- l'indice de *Kappa* : qui est le rapport entre les pixels bien classés et le total des pixels sondés.
- *L'amélioration des images classifiées* : un filtre post-classification est appliqué pour améliorer les résultats en effectuant une homogénéisation des thèmes après la classification (Foody, 2002). Il s'agit d'un filtre de convolution médian de dimension 3×3 permettant d'éliminer les pixels isolés sur les images.
- *La vectorisation et l'extraction de la zone d'étude suivant les limites du secteur d'étude* : les images classifiées et filtrées, au format raster, sont vectorisées dans le logiciel ENVI puis exportées dans le logiciel QGIS 2.18 pour la rédaction cartographique.

Tous les traitements sont faits, jusque-là, sur les fenêtres des images satellites correspondantes au quadrilatère circonscrit au secteur d'étude. Il s'avère donc nécessaire d'extraire le secteur concerné par l'étude, afin de la circonscrire à ses limites, en utilisant la couche numérique du contour des trois cantons. Ce qui va permettre d'éliminer tous les éléments en dehors de ce polygone, dans le but de travailler uniquement sur la zone contenue à l'intérieur des limites des trois cantons.

2.2.2.4. Élaboration des cartes d'occupation du sol

Pour apprécier la dynamique de l'occupation du sol, des cartes sont élaborées. Ces cartes sont réalisées avec le logiciel QGIS 2.18, à partir des résultats de la digitalisation des cartes topographiques et des classifications des images satellites.

L'exploitation de ces deux types de données, afin d'évaluer la dynamique de l'occupation du sol, exige que les légendes soient homogénéisées afin de rendre plus explicite la compréhension des cartes. L'homogénéisation s'avère indispensable, car elle permet également de compenser les inégalités entre les classes des légendes en regroupant certaines classes (Bamba, et al., 2008).

Les objets numérisés ainsi que les résultats issus des classifications des images sont exportés vers le logiciel SIG, QGIS 2.18, et sont mises en forme selon les signes conventionnels et les règles de la cartographie. Les cartes d'occupation du sol de 1958, 1986, 2002 et 2017 ont été produites.

2.2.2.5. Analyse de la dynamique de l'occupation du sol

La méthode de comparaison des cartes d'occupation du sol (Lu, et al., 2003) a été choisie pour détecter les changements paysagers dans le secteur d'étude. Le principe est basé sur la comparaison des classifications des images de la même scène acquises à au moins deux dates différentes. Ainsi, les cartes topographiques digitalisées de même que les trois images classifiées ont constitué la base de détermination et de calcul des changements paysagers entre les années 1958 et 2017 en passant par les années 1986 et 2002. L'évaluation de ces changements s'est faite à deux niveaux :

Dans un premier temps, les changements à l'échelle globale ont été déterminés en ressortant les superficies des différentes unités d'occupation du sol pour chaque année. Les changements ont été déterminés par période (1958-1986, 1986-2002, 2002-2017, 1986-2017 et 1958-2017), en effectuant pour chaque période le rapport entre les superficies finales et les

superficies initiales, dans l'objectif de calculer les taux d'évolution (de changement). Ces taux ont été calculés à par des formules proposées par la FAO (1990), pour le calcul du taux global d'évolution et par Bernier (1992) pour le calcul du taux d'évolution moyen annuel. Ces formules sont les suivantes :

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

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 ;
 Tg le taux global d'évolution et Tc le taux moyen annuel d'évolution.

Dans un second temps, une analyse approfondie est faite au niveau de chaque unité d'occupation du sol prise isolément. Pour cela, chaque thème a d'abord été constitué en couche indépendante. Les unités dérivées d'une unité d'occupation donnée représentent les transformations de cette unité en d'autres, dans la période de temps considérée. Elles sont obtenues en effectuant le croisement numérique des couches des quatre cartes obtenues, deux à deux. Ceci a permis d'obtenir les superficies des zones restées inchangées, et celles des zones transformées. Les changements intervenus sont représentés sous forme de graphiques, et sous forme cartographique.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Evaluation de la précision de la classification des images Landsat

L'exactitude et la fiabilité des résultats de la classification des images satellites Landsat ont été vérifiées à partir d'une matrice appelée matrice de confusion. Cette dernière est basée sur une comparaison entre les zones d'entraînement classées par l'utilisateur grâce à sa connaissance du terrain (visite de terrain et collecte de données à partir d'un GPS et d'un appareil photographique) et ces mêmes zones reclassées par le logiciel. Les résultats de ces comparaisons sont exprimés en pourcentage.

Dans le cadre des présents travaux, le pourcentage de la précision globale et les indices de *Kappa* pour les trois classifications (tableaux 2, 3 et 4) sont toutes supérieurs à 50 % et permettent de déduire que ces classifications sont fiables et exploitables (Pontius, 2000).

Tableau 2 : Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat de 1986

Classes	ASN	AP	CJ	F	S	PE
ASN	92,73	1,17	0,06	0,02	5,74	0,26
AP	3,06	75,08	6,56	1,12	13,90	0,10
CJ	3,88	8,47	82,98	0,00	4,66	0,00
F	0,08	0,04	0,00	98,02	2,20	0,00
S	0,00	15,24	10,40	0,84	73,50	0,00
PE	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	99,64
Total	100	100	100	100	100	100

Indice de Kappa : 82,84 % ; Précision globale : 84,99 %

ASN : Agglomérations et Sols Nus ; AP : Agroforêts et Plantations ; CJ : Cultures et Jachères ; F : Forêts ; S : Savanes ; PE : Plans d'eau

Source : Travaux de laboratoire, 2017

Tableau 3 : Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat de 2002

Classes	ASN	AP	CJ	F	S	PE
ASN	91,36	0,12	2,90	0,08	3,40	1,12
AP	0,57	97,45	0,56	0,00	7,04	1,99
CJ	7,18	0,06	73,44	0,00	6,85	0,57
F	0,00	0,00	0,00	94,64	1,96	0,36
S	0,89	2,37	23,10	5,28	80,72	0,44
PE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	95,52
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Indice de Kappa : 84,23 % ; Précision globale : 88,14 %

ASN : Agglomérations et Sols Nus ; AP : Agroforêts et Plantations ; CJ : Cultures et Jachères ; F : Forêts ; S : Savanes ; PE : Plans d'Eau

Source : Travaux de laboratoire, 2017

Tableau 4 : Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat de 2017

Classes	ASN	AP	CJ	F	S	PE
ASN	97,68	2,41	0,06	1,67	3,84	0,00
AP	0,40	83,52	1,56	1,02	5,99	0,00
CJ	0,29	1,33	81,23	4,94	0,75	0,17
F	0,28	0,41	4,81	91,47	0,46	0,00
S	1,35	11,30	12,34	0,90	88,54	0,25
PE	0,00	1,03	0,00	0,00	0,42	99,58
Total	100	100	100	100	100	100

Indice de Kappa : 87,97 % ; Précision globale : 90,44 %

ASN : Agglomérations et Sols Nus ; AP : Agroforêts et Plantations ; CJ : Cultures et Jachères ; F : Forêts ; S : Savanes ; PE : Plans d'eau

Source : Travaux de laboratoire, 2017

3.2. Etats de l'occupation du sol en 1958, 1986, 2002 et 2017 dans le secteur d'étude

La figure 2 présente les états d'occupation du sol du secteur d'étude en 1958, 1986, 2002 et 2017. Elle permet de percevoir, à travers ces différentes cartes, les différents états d'occupation du sol des années retenues dans le cadre de ces travaux.

3.2.1. Etats d'occupation du sol en 1958 et 1986

Le tableau 5 présente les états d'occupation du sol en 1958 et 1986. Il montre qu'en 1958 les différentes classes identifiées ont les proportions suivantes : 1,79 % d'Agglomérations et Sols Nus, 14,49 % de Cultures (Champs) et Jachères, 13,18 % de Forêts, 68,92 % de Savanes et 1,62 % de Plans d'eau. Il faut noter l'absence de la classe des Agroforêts et Plantations. En 1986, il est observé, par contre, la présence de cette classe avec une proportion de 32,90 %. Les autres classes avaient, en 1986, les proportions de 4,76 %, 19,61 %, 3,68 %, 35,11 % et 3,94 % respectivement d'Agglomérations et Sols Nus, de Cultures et Jachères, de Forêts, de Savanes et de Plans d'eau. Il est remarqué, pour les deux années, que les Savanes constituent la classe dominante des états d'occupation avec 68,92 % en 1958 et 35,11 % en 1986.

Tableau 5 : Etats d'occupation du sol en 1958 et 1986

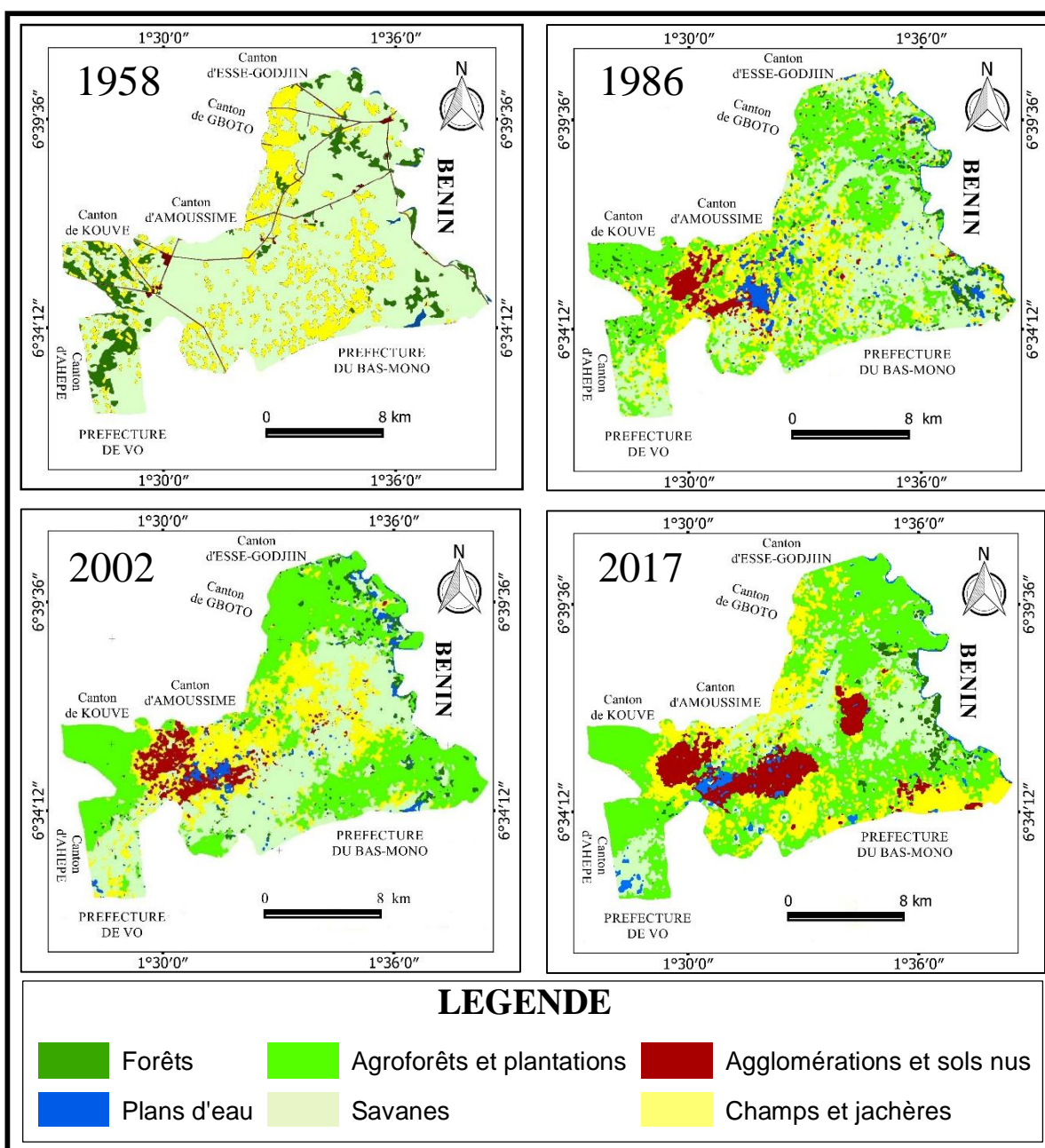
CLASSES	SUPERFICIE EN 1958		SUPERFICIE EN 1986	
	en ha	en %	en ha	en %
Agglomérations et Sols Nus	264	1,79	703	703
Agroforêts et Plantations	-	0,00	4856	4856
Champs et Jachères	5139	14,49	2894	2894
Forets	1946	13,18	543	543
Savanes	7172	68,92	5182	5182
Plans d'eau	239	1,62	582	582
Total	14760	100	14760	100

Source : Travaux de laboratoire, 2017

3.2.2. Etats d'occupation du sol en 2002 et 2017

Les proportions des classes d'occupation du sol du secteur d'étude en 2002 et en 2017 sont consignées dans le tableau 6. Ce dernier montre qu'en 2002 les Agroforêts et Plantations occupent la majorité des superficies du secteur d'étude avec une proportion de 38,36 %. Les Savanes occupent la deuxième classe dominante avec une proportion de 32,36 %. Les autres classes occupent les proportions suivantes : 5,05% d'Agglomérations et Sols Nus, 18,75 % de Cultures et Jachères, 2,86 % de Forêts et 2,62 % de Plans d'eau (figure 2).

Figure 2 : Etats d'occupation du sol en 1958, 1986, 2002 et 2017



Source : Travaux de terrain et de laboratoire, 2017

Réalisation : Auteurs, 2017

Il est observé, en 2017, que la classe des Agroforêts et Plantations est dominante avec une proportion 44,99 %, suivie de la classe des Cultures et Jachères avec une proportion de 21,77 %. Les autres classes avaient, en 2017, les proportions de 10,06 %, 2,13 %, 18,38 % et 2,67 % respectivement d'Agglomérations et Sols Nus, de Forêts, de Savanes et de Plans d'eau. Il est remarqué, pour les deux années, que les Savanes constituent la classe dominante des états d'occupation avec 68,92 % en 1958 et 35,11 % en 1986.

Tableau 6 : Etats d'occupation du sol en 2002 et 2017

CLASSES	SUPERFICIE EN 2002		SUPERFICIE EN 2017	
	en ha	en %	en ha	en %
Agglomérations et Sols Nus	745	5,05	1485	10,06
Agroforêts et Plantations	5661	38,36	6640	44,99
Champs et Jachères	2768	18,75	3213	21,77
Forêts	422	2,86	315	2,13
Savanes	4777	32,36	2713	18,38
Plans d'eau	387	2,62	394	2,67
Total	14760	100	14760	100

Source : Travaux de laboratoire, 2017

3.3. Dynamique spatiale de l'occupation du sol entre 1958 et 1986

Le tableau 7 présente la dynamique de l'occupation du sol dans le secteur d'étude entre 1958 et 1986.

Tableau 7 : Taux d'évolution et superficies des classes d'occupation du sol entre 1958 et 1986

CLASSES	SUPERFICIE (en ha)		Tg	Tc
	1958	1986		
Agglomérations et sols nus	264	703	166,15	3,50
Agroforêts et Plantations	-	4856	-	-
Champs et jachères	5139	2894	-43,68	-2,05
Forêts	1946	543	-72,08	-4,56
Savanes	7172	5182	-27,75	-1,16
Plans d'eau	239	582	143,66	3,18

Tg : taux global d'évolution spatiale ; Tc : taux moyen annuel d'évolution spatiale

(-) : régression ; (+) progression

Source : Travaux de laboratoire, 2017

L'analyse du tableau 7 montre que trois classes d'occupation du sol ont connu une régression. Il s'agit des Champs et Jachères, des Forêts et des Savanes. Par contre, deux classes d'occupation du sol ont connu une progression. Il s'agit des Agglomérations et Sols Nus et des Plans d'eau. Ces progressions sont, plus observées, dans la zone d'exploitation de calcaires et dans la ville de Tabligbo. Il s'agit alors de l'exploitation des calcaires, effectuée par la société Cimaio entre 1979 et 1984. Au cours de cette période, il y eu la construction des cités (logements du personnel de la société), la construction de l'usine et l'ouverture de la carrière dans la périphérie de la ville de Tabligbo. La classe d'occupation du sol des Agroforêts et Plantations n'a pas été mis en exergue à partir de la carte topographique de 1958, ce qui explique l'absence de données d'évolution de l'occupation du sol de cette classe pour cette période.

3.4. Dynamique spatiale de l'occupation du sol entre 1986 et 2002

La dynamique d'occupation du sol dans le secteur d'étude entre 1986 et 2002 est présentée dans le tableau 8. Ce dernier montre que les classes d'occupation du sol des Champs et Jachères, des forêts, des Savanes et des Plans d'eau ont connu une régression. Par contre, celles des Agglomérations et Sols Nus et des Agroforêts et Plantations ont connu une progression.

Tableau 8 : Taux de d'évolution et superficies des classes d'occupation du sol entre 1986 et 2002

CLASSES	SUPERFICIE (en ha)		Tg	Tc
	1986	2002		
Agglomérations et Sols Nus	703	745	6,09	0,37
Agroforêts et Plantations	4856	5661	16,58	0,96
Champs et Jachères	2894	2768	-4,37	-0,28
Forets	543	422	-22,38	-1,58
Savanes	5182	4777	-7,81	-0,51
Plans d'eau	582	387	-33,53	-2,55

Tg : taux global d'évolution spatiale ; Tc : taux moyen annuel d'évolution spatiale

(-) : régression ; (+) progression

Source : Travaux de laboratoire, 2017

La progression des Agglomérations et Sols Nus est, plus observée, dans la zone d'exploitation des calcaires et dans la ville de Tabligbo qui continue de s'agrandir (figure 2). Il faut noter qu'au cours de cette période, l'exploitation des calcaires est effectuée par la société Wacem entre 1997 et 2002, après onze années environ, de fermeture des usines et carrière de la société Cima. La société Wacem a pris naissance à partir des vestiges de la société Cima. C'est ce qui explique la dynamique des Agglomérations et Sols Nus autour de la ville de Tabligbo. La carrière a ensuite évolué vers le canton de Kini-Kondji.

3.5. Dynamique spatiale de l'occupation du sol entre 2002 et 2017

L'analyse du tableau 9 montre que deux classes d'occupation du sol ont connu une régression. Il s'agit des Forêts et des Savanes. Les autres classes d'occupation du sol ont connu, par contre, une progression. Il est observé la progression de la surface de la carrière de Wacem au cours de cette période. Une nouvelle société naît et commence son exploitation en 2014 dans le canton de Tokpli, précisément à Sika-Kondji. Il s'agit de la société Scantogo. Cette dernière a construit une usine de production du clinker, une cité pour ses employés, un centre de formation et a ouvert une carrière. Il est observé, dans le canton de Tokpli, une progression importante des Agglomérations et Sols Nus due aux activités de cette société.

Tableau 9 : Taux d'évolution et superficies des classes d'occupation du sol entre 2002 et 2017

CLASSES	SUPERFICIE (en ha)		Tg	Tc
	2002	2017		
Agglomération et sols nus	745	1485	99,24	4,60
Agroforêts et Plantations	5661	6640	17,28	1,06
Champs et Jachères	2768	3213	16,09	0,99
Forets	422	315	-25,37	-1,95
Savanes	4777	2713	-43,21	-3,77
Plans d'eau	387	394	1,84	0,12

Tg : taux global d'évolution spatiale ; Tc : taux moyen annuel d'évolution spatiale

(-) : régression ; (+) progression

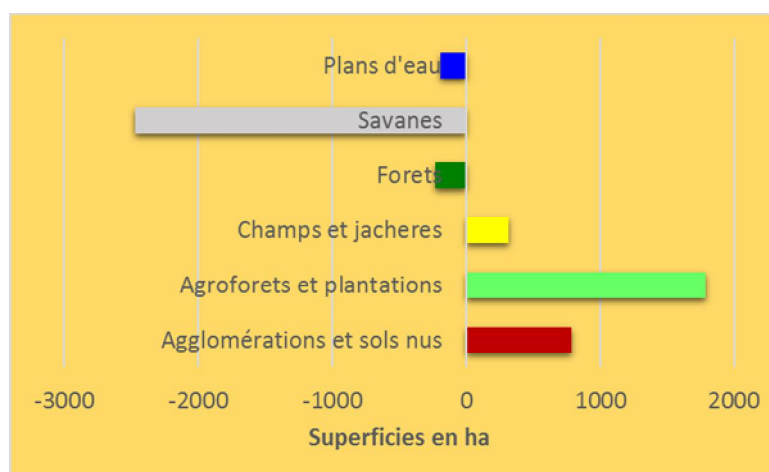
Source : Travaux de laboratoire, 2017

3.6. Bilan de la dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans le secteur d'étude

3.6.1. Bilan de la dynamique d'occupation du sol dans le secteur d'étude entre 1986 et 2017

Le bilan de la dynamique d'occupation du sol entre 1986 et 2017 signale une augmentation des superficies de Champs et Jachères, des Agroforêts et Plantations et des Agglomérations et Sols Nus (figure 3). Par contre, les Savanes, les Forêts et les Plans d'eau ont connu une régression. Il est constaté d'importants changements d'occupation du sol dans les zones d'exploitation des calcaires.

Figure 3 : Bilan de la dynamique spatiale d'occupation du sol entre 1986 et 2017



Source : Travaux de laboratoire, 2017

Le tableau 10 indique que, sur les 35,11 % des formations savaniques observées en 1986, seuls 12,47 % sont restées inchangés, 17,55 % se sont transformées en Agroforêts et Plantations, 2,56 % en Cultures et Jachères et 2,05 % en Agglomérations et Sols Nus. Ces formations ont ainsi subi une forte dégradation (22,64 %). L'analyse de ce tableau montre

également que sur les 32,9 % des Agroforêts et Plantations, seuls 11,48 % sont restés inchangés.

Tableau 10 : Matrice de transition de l'occupation du sol de 1986 et 2017 du secteur d'étude

		2017						Total
		ASN	AP	CJ	F	S	PE	
1986	ASN	3,48	0,69	0,34	0,05	0,2	0	4,76
	AP	3,18	11,48	14,17	0,57	3,5	0	32,9
	CJ	1,09	12,69	4,1	0,86	0,87	0	19,61
	F	0,26	2,38	0,3	0,26	0,47	0,01	3,68
	S	2,05	17,55	2,56	0,39	12,47	0,09	35,11
	PE	0	0,2	0,3	0	0,87	2,57	3,94
	Total	10,06	44,99	21,77	2,13	18,38	2,67	100

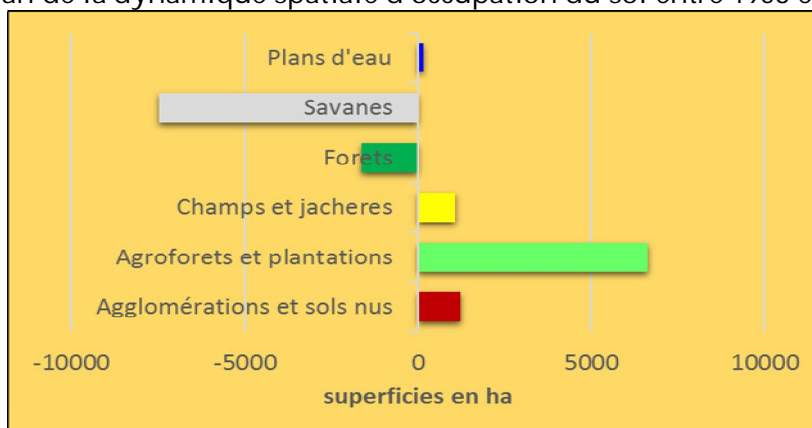
Source : Travaux de laboratoire, 2017

Il faut noter que les Agroforêts et Plantations ont connu une forte progression. La classe des Cultures et Jachères est passée de 19,61 % à 21,77 %. Celle des Agglomérations et Sols Nus est passée de 4,76 % à 10,06 % (une augmentation de plus du double de l'initial) tandis que celles des Forêts et des Plans d'eau sont passées respectivement de 3,68 % à 2,13 % et de 3,94 % à 2,57 %. Globalement, entre 1986 et 2017, 34,56 % des superficies du secteur d'étude sont restées inchangées tandis que 64,44 % des superficies ont évolué vers d'autres classes ou ont subi une dégradation.

3.6.2. Bilan de la dynamique d'occupation du sol dans le secteur d'étude entre 1958 et 2017

Le bilan de la dynamique d'occupation du sol entre 1958 et 2017 indique une augmentation des superficies des Champs et Jachères, des Agroforêts et Plantations, des Agglomérations et Sols Nus et des Plans d'eau (figure 4). Par contre, les Savanes et les Forêts ont connu une importante régression. Il est constaté d'importants changements dans les zones d'exploitation des calcaires.

Figure 4 : Bilan de la dynamique spatiale d'occupation du sol entre 1958 et 2017



Source : Travaux de laboratoire, 2017

3.7. Discussion

La dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans les sites (cantons) d'exploitations des calcaires au sud-est du Togo a été étudiée à partir des données multi-sources (carte topographique et images satellites). L'absence d'images satellites de bonne qualité, du secteur d'étude, à la date antérieure au début de cette exploitation minière (année 1979) a conduit à l'utilisation de la carte topographique de 1958. Ceci a permis de faire un état des lieux avant l'exploitation et de montrer la dynamique d'occupation du sol du secteur d'étude, en lien avec ladite exploitation. L'utilisation de données multi-sources n'est pas totalement appréciée par certains auteurs (Hoarau et al., 2013). D'autres pensent, par contre, que l'utilisation de cette approche ne pose pas de problème et l'ont utilisée pour effectuer diverses études de la dynamique de l'occupation du sol (Gautam et al., 2002 ; Shweta P., 2011 ; Minakshi et al., 2016). Mesmin et al. (2015) ont aussi utilisé la même approche et sont parvenus aux résultats similaires. Pour ces derniers, l'exploitation artisanale de l'or contribue, en grande partie, à la dégradation des écosystèmes forestiers du département de Lom et Djérem au Cameroun.

Les classifications des images satellites Landsat de 1986, 2002 et 2017 ont donné des précisions générales respectives de 84,99 %, 88,14 % et 90,44 % et des indices de *Kappa* respectifs de 82,84 %, 84,23 %, 87,97 %. Or, les résultats de la classification d'une image satellite sont considérés comme bons et exploitables, si l'indice de *Kappa* de cette classification est supérieur à 50 % (Pontius, 2000). Les classifications effectuées dans le cadre des présents travaux ont des indices de *Kappa* supérieurs à 50 % et sont donc de bonne qualité. Ces classifications permettent de faire un état des lieux de l'occupation du sol des différentes années et ainsi de percevoir les différents changements. Les résultats de ces traitements montrent que certaines classes d'occupation du sol sont classifiées avec plus de précision que d'autres. La difficulté à discriminer visuellement certaines classes peut être due à des signatures spectrales similaires. C'est le cas des classes Savanes, Agroforêts et Plantations et Cultures et Jachères qui ont montré quelques erreurs de confusion qui sont, globalement, faibles. L'erreur maximale de ces classifications est de 23,10 % et a été enregistrée entre les classes Savanes et Cultures et Jachères. En dehors de cette valeur enregistrée, toutes les erreurs sont inférieures à 20 %. Or, les erreurs de la classification d'une image satellite sont acceptables, si elles sont inférieures à la valeur limite qui est égale à 70 % (Mama & Oloukoi, 2003). Ainsi, les erreurs de classifications obtenues dans le cadre des présents travaux sont acceptables, étant donné qu'elles sont largement en-dessous de la valeur limite. Les résultats de la classification de l'image satellite de 1986 ont révélé que toutes les classes d'occupation du sol ont une précision supérieure à 75 %. Il en est de même que ceux des images de 2002 et 2017 qui ont des précisions respectivement de 70 % et 80 %.

L'analyse des résultats des classifications effectuées montre qu'entre 1958 et 1986, les formations naturelles (savanes et forêts) ont connu une régression avec des taux annuels moyens d'évolution respectifs des classes correspondantes de -1,16 % et -4,56 %. Au cours de cette période, il y a eu l'exploitation des calcaires par la société Cimao (entre 1979 et 1984). L'observation des cartes d'occupation du sol de ces deux dates montre un important changement dans la zone d'exploitation et celle des agglomérations (où sont construits cités ou logements pour les mineurs). Le même constat, de dégradation des formations naturelles,

est effectué, en examinant la dynamique d'occupation du sol entre 1986 et 2002, entre 2002 et 2017 et entre 1958 et 2017. Entre 1986 et 2002, il y eut la reprise de l'exploitation des calcaires par la société Wacem à partir de 1997. En dehors de la société Wacem, qui continue son exploitation, au cours de la période 2002-2017, une nouvelle société, Scantogo, démarre ses activités en 2014. De ce qui précède, on déduit que, l'exploitation minière est une cause importante, sans être unique ou la seule, de la dynamique de l'occupation du sol dans le secteur d'étude. Les formations végétales naturelles tendent ainsi, globalement à être remplacées par les agglomérations, les sols nus, les champs, les jachères, les agroforêts et les plantations.

C'est le même constat qui est fait, au Ghana par Basommi et *al.* (2015), en Côte d'Ivoire par Kouassi (2007) et au Togo par (Djangbedja, 2011). Il faut noter que d'autres facteurs naturels comme la variabilité climatique et/ou anthropiques (création de nouvelles plantations, feux de brousse, cultures sur brulis, exploitation abusive du bois, etc.) peuvent également contribuer à cette dynamique spatio-temporelle.

CONCLUSION

La présente étude a permis d'évaluer la dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans le secteur d'étude. Elle a été effectuée à partir de données multi-sources (carte topographique de 1958 et images satellites de 1986, 2002 et 2017). Six classes d'occupation du sol ont été discriminées. Il s'agit des classes des Agglomérations et Sols Nus, des Agroforêts et Plantations, des Champs (Cultures) et Jachères, des Forêts, des Savanes et des Plans d'eau. Les précisions globales des classifications effectuées des images satellites de 1986, 2002 et 2017 sont respectivement de 84,99 %, 88,14 % et 90,44 %. Les cartes d'occupations du sol des différentes années retenues pour l'étude ont été réalisées et les taux d'évolution des différentes classes d'occupation du sol ont été calculés. Entre 1958 et 2017, les taux moyens annuels d'évolution, montre qu'il y a eu une progression des classes Agglomérations et Sols Nus, Cultures et Jachères, Agroforêts et Plantations et Plans d'eau. Par contre, il a été observé une régression des classes d'occupation du sol des formations naturelles (savanes et forêts) avec des taux moyens annuels d'évolution respectifs de -2,24 % et -3,09 %. L'analyse des cartes d'occupation du sol a permis de constater que plusieurs changements ont été opérés autour des zones d'exploitation des calcaires dans le secteur d'étude. L'exploitation des calcaires au sud-est du Togo serait donc un facteur de la dynamique spatio-temporelle des sites d'accueil. Mais elle ne constitue pas le seul facteur à prendre en compte dans la compréhension de la dynamique de ce milieu. Il faudra également prendre en compte les facteurs naturels et anthropiques.

L'utilisation de données multi-sources, constitue la principale limite de cette étude, car elle pourrait introduire de légères erreurs dans les résultats. La disponibilité d'une image satellite, de bonne qualité, à une date antérieure au début de l'exploitation, aurait été un atout pour cette étude, dans la mesure où elle aurait plusieurs caractéristiques communes aux autres images utilisées dans le cadre de cette étude. Il faudra, toutefois, faire un suivi régulier des changements d'utilisation des terres dans le secteur d'étude en vue d'une exploitation durable de cette ressource.

BIBLIOGRAPHIE

ADDRA T. C., FAHEM A. K. et DE JONG T., (1994), Atlas du développement régional du Togo, PNUD/DTCD/DGPD/DNCN, Lomé, Editogo/CARSEUC, 207p.

AFFATON P., SOUGY J. et TROMPETTE R., (1980), The Tectono-stratigraphic relationship between the upper Precambrian and Lower Palaeozoic Volta basin and the Pan-African Dahomeyides orogenics belt (West Africa), pp. 227-248.

BAMBA I., MAMA A., TRAORE D., KOFFI K. J., TRAORE D., VISSER M., BOGAERT J., (2008), Influence des actions. Sciences & Nature, 5(1), pp. 49-60.

BASOMMI P. L., GUAN Q. et CHENG D., (2015), Exploring Land use and Land cover change in the mining areas of Wa East District, Ghana using Satellite Imagery. Open Geosci. (1) pp. 618-626.

BERNIER B. (1992). Introduction à la macroéconomie. Dunod, Paris, France, 217 p.

BILLEN R. et CORNELIS B, (2000), Géométrie de la spatioscarte : correction et validation. Bulletin de la Société Géographique de Liège, Belgique, 3(8), pp. 25-42.

CALOZ R. et COLLET C., (2001), Traitements numériques d'images de télédétection. Précis de Télédétection. Presses de l'Université du Québec/AUF, 3, 386p.

CALOZ R., BLAZER T. J. et WILLEMIN G., (1993), Création d'une ortho-image à l'aide d'un modèle numérique d'altitude : influences des modes de rééchantillonnage radiométrique. Télédétection et cartographie. Edition AUPELF-UREF. Les Presses de l'Université du Québec, pp. 17-30.

COLLET C., et ABEDNEGO B., (1992), A theoretical approach for vegetation change index based on non-corrected radiometric data. International Journal of Remote Sensing, 13(4), pp. 699-714.

DGSCN, (2011), Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitat : résultats définitifs. 57p.

DJANGBEDJA M., (2011), Dynamiques végétales et stratégies de restauration dans les carrières abandonnées de phosphates et de calcaire au Sud du Togo. Thèse de doctorat de l'Université de Lomé, 189p.

FAO, (1990), Forest resources assessment. Survey of tropical forest cover. Forestry Paper, 130p.

FOODY G. M., (2002), Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment, 80, pp. 185-201.

GAUTAM A. P., EDWARD L. W. and APISIT E., (2002), GIS Assessment of Land Use/Land Cover Changes Associated with Community Forestry Implementation in the Middle Hills of Nepal. Mountain Research and Development, 22(1), pp. 63-69.

KOKOU K., (1998), Les mosaïques forestières au sud du Togo : Montpellier, France: Université de Montpellier II, France, 140 p.

KOUASSI A. M., (2007), Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire (éd. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody). Abidjan, Côte d'Ivoire: Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 210 p.

LAMBIN E. F., TURNER B. L., GEIST H., AGBOLA S. B., ANGELSEN A., BRUCE. J. W., XU, J., (2001), The causes of land-use land cover change : moving. *Global Environmental Change*, 4(11), pp. 169-261.

LAMOUREUX M., (1969), Carte pédologique du Togo au 1/1.000.000. Notice explicative n°34. Paris, France, 99p.

LU D., MAUSEL P., BRONDIZIO E., & MORAN E., (2003), Change detection. *International Journal of remote sensing*, 12(25), pp. 2365-2407.

MAMA V. J., & OLOUKOI J. ,(2003), Evaluation de la précision des. *Télédétection*, 3(5), pp. 429-441.

MESMIN T., MBEVO F. P., HAMAN U., VOUNDI E., NJOMBISSIE P. I. C., SAHA F., (2015), Mines contre forêts et conservation au Cameroun : enjeux de l'évaluation environnementale du secteur minier pour le développement durable au Cameroun. Diaporama, 30p.

MINAKSHI B. & DULAL C. G., (2016), Spatio-temporal landuse/landcover (LULC) change analysis of Kolong River basin, Assam, India using Geospatial technologies. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 6(3), pp. 1676-1684.

MOTOROLLA (1977), Campagne de couverture rada. Rapport interne. BRGM, 95p.

NOIZET, H., BOVE B. et COSTA L., (2013), Paris de parcelles en pixels. Analyse géomatique de l'espace parisien médiéval et moderne. Presses universitaires de Vincennes, Paris, France, 354p.

POIDEVIN D., (1999), La carte, moyen d'action. Guide pratique pour la conception et la réalisation de cartes, ellipses, Paris, 200p.

PONTIUS G. R., (2000), Quantification error versus location error in. *Photogrammetric Engineering*, 8(66), pp. 1011-1016.

SHWETA P., RAKESH K. S., GURDEEP S., (2011), Time sequential surface change analysis of Talcher Angul region of Orissa using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 1(4), pp. 828-838.

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). *Cybergeographie : European Journal of Geography [En ligne]*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 439, mis en ligne le 12 mars 2009,

consulté le 13 novembre 2017. <http://cybergeog.revues.org/21995> ; DOI : 10.4000/cybergeog.21995

VITOUSEK P.M., MOONEY H.A., LUBCHENCO J., MELILLO J.M., (1997), Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277, pp. 494-499.