

Mutations spatiales et sociétales africaines

Numéro 1 2022

Espaces Africains

Revue des Sciences Sociales

ISSN 2957-9279

Revue du Groupe de recherche PoSTer (UJLoG - Daloa - CI) https://espacesafricains.org/



REVUE ESPACES AFRICAINS

Revue des Sciences Sociales

PRÉSENTATION DE LA REVUE

La revue Espaces Africains est adossée au groupe de recherche pluridisciplinaire et international Populations, Sociétés & Territoires (PoSTer) basé à l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) de Daloa en Côte d'Ivoire. Elle a pour vocation la réflexion sur les problématiques des sciences sociales liées à la spatialisation et à la territorialisation des phénomènes sociaux en Côte d'Ivoire, en Afrique de l'Ouest, et plus généralement sur le continent. Elle s'appuie sur un réseau de correspondants nationaux et internationaux de renom basés en Europe, dans différents pays africains, et en Côte d'Ivoire.

La revue offre un espace de publication aux chercheurs confirmés et en devenir sur les questions relatives aux mutations de nos sociétés et territoires africains, dans toute leur diversité et leurs spécificités locales. Elle s'intéresse aux relations entre les sociétés et leurs territoires, aux échelles locale, nationale, sous-régionale et continentale, au service du développement, dans l'optique de répondre aux défis sociétaux majeurs auxquels sont confrontées nos sociétés. Elle est donc fondamentalement pluridisciplinaire : géographie, sociologie, anthropologie, histoire, science politique, économie, et autres champs des sciences humaines et sociales, y bénéficient d'un espace privilégié d'expression.

Le comité de lecture de la revue est national et international, et la qualité de son contenu est assurée par des procédures d'évaluation par les pairs en double aveugle. Elle est ouverte à l'envoi spontané de contributions scientifiques, autant qu'elle est alimentée par des dossiers thématiques spéciaux et l'organisation de manifestations scientifiques visant à faire avancer la connaissance dans son champ de compétence. Elle s'adresse à la communauté académique, scientifique, au monde de la décision politique et économique, ainsi qu'au grand public, dans l'objectif de mettre la connaissance des sociétés africaines et leurs espaces à la disposition de tous.



ÉQUIPE ÉDITORIALE

RÉDACTEURS EN CHEF

Florent GOHOUROU

Maître de conférences

Enseignant-chercheur – Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) – Daloa (Côte d'Ivoire) Chercheur associé – MIGRINTER (UMR 7301- CNRS - Université de Poitiers - France) fgohourou@yahoo.com

Cédric AUDEBERT

Directeur de Recherche au CNRS Laboratoire caribéen des sciences sociales (UMR 8053 - Université des Antilles - France) <u>cédric.audebert@cnrs.fr</u>

COMITÉ EDITORIAL

- Cédric **AUDEBERT** Directeur de recherche au CNRS Université des Antilles (France)
- Céline Yolande **KOFFIE-BIKPO** Professeure Titulaire UFHB (Côte d'Ivoire)
- Florent **GOHOUROU** Maître de Conférences UJLoG (Côte d'Ivoire)
- Michel DESSE Professeur des Universités Nantes Université (France)

SECRÉTARIAT DE RÉDACTION

- Akotto Ulrich Odilon ASSI Enseignant-chercheur UJLoG (Côte d'Ivoire)
- Christian WALI WALI Enseignant-chercheur Université Omar-Bongo (Gabon)
- Gue Pierre **GUELÉ** Enseignant-chercheur UJLoG (Côte d'Ivoire)
- Kopeh Jean-Louis **ASSI** Enseignant-chercheur UJLoG (Côte d'Ivoire)
- Mohamed KANATÉ Enseignant-chercheur UJLoG (Côte d'Ivoire)
- N'kpomé Styvince Romaric **KOUAO** Enseignant-chercheur UJLoG (Côte d'Ivoire)
- Quonan Christian YAO-KOUASSI Enseignant- chercheur UJLoG (Côte d'Ivoire)

TRÉSORIER

• Didier-Charles **GOUAMENÉ** - Enseignant-chercheur - UJLoG (Côte d'Ivoire)

COMITÉ SCIENTIFIQUE ET DE LECTURE

Membres internationaux du comité scientifique et de lecture

- Amadou DIOP Professeur Titulaire Université Cheikh Anta Diop (Sénégal)
- Amélie-Emmanuelle **MAYI** Maître de conférences Université de Douala (Cameroun)
- Bara **MBOUP** Maître de conférences Université Cheikh Anta Diop (Sénégal)
- Mohammed CHAREF Professeur Titulaire Université d'Agadir (Maroc)
- Cheikh **N'GUIRANE** Maître de conférences Université des Antilles (France)
- Christine **MARGÉTIC** Professeure des Universités Nantes Université (France)
- Fabio VITI Professeur des Universités Université Aix-Marseille (France)
- Follygan **HETCHELI** Professeur Titulaire Université de Lomé (Togo)
- Guy Serge BIGNOUMBA Professeur Titulaire Université Omar-Bongo (Gabon)
- Kossiwa **ZINSOU-KLASSOU** Professeure Titulaire Université de Lomé (Togo)
- Koudzo Yves **SOKEMAWU** Professeur Titulaire Université de Lomé (Togo)
- Léandre Edgard NDJAMBOU Maître de conférences-Université Omar-Bongo (Gabon)
- Michel DESSE Professeur des Universités Nantes Université (France)
- Moussa GIBIGAYE Professeur Titulaire Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- Patrick **POTTIER** Maître de Conférences Nantes Université (France)
- Rémy BAZENGUISSA-GANGA Directeur d'études IMAF(Paris France)
- Serge LOUNGOU Maître de Conférences Université Omar-Bongo (Gabon)
- Toussain **VIGNINOU** Professeur Titulaire Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Membres nationaux du comité scientifique et de lecture

- Abou **SANGARE** Professeur Titulaire UAO (Côte d'Ivoire)
- Adou Marcel **AKA** Maître de conférences UJLoG (Côte d'Ivoire)
- Anoh Paul Koffi **KOUASSI** Professeur Titulaire UFHB (Côte d'Ivoire)
- Arsène **DJAKO** Professeur Titulaire UAO (Côte d'Ivoire)
- Assouman BAMBA Professeur Titulaire UAO (Côte d'Ivoire)
- Atsé Alexis Bernard N'GUESSAN Maître de conférences UFHB (Côte d'Ivoire)
- Auguste Konan **KOUAKOU** Maître de Conférences UJLoG (Côte d'Ivoire)
- Axel Désiré Dabié **NASSA** Professeur Titulaire UFHB (Côte d'Ivoire)
- Bi Tozan ZAH Maître de conférences UAO (Côte d'Ivoire)
- Céline Yolande **KOFFIE-BIKPO** Professeure Titulaire UFHB (Côte d'Ivoire)
- Chiaye Claire **YAPO-CREZOIT** Maître de recherche IPCI (Abidjan Côte d'Ivoire)
- Dadja Zénobe **ETTIEN** Maître de conférences UAO (Côte d'Ivoire)
- David Pébanagnanan SILUÉ Maître de conférences UPGC (Côte d'Ivoire)
- Didié Armand **ZADOU** Maître de conférences UJLoG (Côte d'Ivoire)
- Drissa **KONÉ** Maître de conférences UFHB (Côte d'Ivoire)
- Fato Patrice **KACOU** Maître de Recherche UFHB (Côte d'Ivoire)
- Gbété Jean Martin **IRIGO** Maître de conférences UPGC (Côte d'Ivoire)

- Irène KASSI-DJODJO Maître de conférences UFHB (Côte d'Ivoire)
- Kouadio Eugène **KONAN** Maître de conférences UFHB (Côte d'Ivoire)
- Kouakou Siméon KOUASSI Professeur Titulaire USP (Côte d'Ivoire)
- Lasme Jean Charles Emmanuel **ESSO** Maître-assistant UFHB (Côte d'Ivoire)
- Paterne Yapi **MAMBO** Maître de conférences UFHB (Côte d'Ivoire)
- Yao Jean-Aimé **ASSUÉ** Maître de conférences UAO (Côte d'Ivoire)

SOMMAIRE

ÉDITORIAL7
1- Quonan Christian Yao-Kouassi
La décharge de Daloa (Côte d'Ivoire), un espace attractif de récupération et de valorisation multiforme des déchets8-21
2- Mor Faye – Ibrahima Thiaw – Said Bacar Ahamada
Impacts de la pandémie de la COVID-19 sur la qualité de l'air à Dakar : analyse de la période d'avant et post état d'urgence22-37
3- Brice Ézechiel Logbo Mogou – N'dry Yann Cédric Kouadio – Beh Ibrahim Diomandé
Évolution climatique et dynamique des infections respiratoires aigües (ira) dans la ville de Soubré au sud-ouest de la Côte d'Ivoire38-59
4- CLET MESMIN EDOU EBOLO – MÉDARD OBIANG EBANEGA – ROBERT VANCELAS OBIANG ZOGO
État des lieux de la qualité de l'air à Libreville (Gabon) : impacts sanitaires et coût économique de 1990 à 201960-79
5- Adingra Magloire Kra
Migrations et intégration des Mandé-Ligbi chez les koulango de Côte d'Ivoire (XVIII e – XIXe siècles)80-92
6- PÉTANHANGUI ARNAUD YEO – AYMARD BORIS GOULIN – MARC OLIVER EBLIN – BLÉ MARCEL YORO
Connaissances, attitudes et pratiques (CAP) des populations paysannes responsables des infiltrations de la forêt classée de Dassioko93-109
7 - Roméo Bié
Les étrangers et la terre en Côte d'Ivoire : accès et maintien des Burkinabés dans les forêts classées du Mont Glo et du Mont Tonkpi (Ouest – Côte d'Ivoire)110-123

8- Nadine Yemelong Temgoua – Yannick Wilfried Mengue
Quantifier la dynamique des sols à usage agricole dans la ville de Yaoundé (Cameroun)
124-149 9- Nicolas Nakouye
La croissance démographique, un des déterminants de la périurbanisation de la ville de Saint- Louis (Sénégal)150-173
10-Waddle Nziengui Malouana
La régionalisation des dispositifs agricoles au Gabon. Une piste de solution à la problématique de sécurité alimentaire ?174-190
11- Anikè Alsace Odile Akpaki – Malik Sane – Barthelemy Biao
Comment l'urbanisation affecte-elle la pauvreté en Afrique de l'Ouest? Une analyse par l'approche monétaire et non monétaire191-214
12- Boris Metsagho Mekontcho – Boris Koagne Defo
Réseaux télématiques, mouvements sociaux contestataires et changements sociopolitiques au Cameroun : entre promesse et illusion révolutionnaire215-233

ÉDITORIAL

Outre le fait de poser durablement les jalons de l'inscription d'une nouvelle revue dans le paysage des sciences sociales africaines, ce premier numéro de la revue Espaces Africains s'est attaqué au défi posé par l'ambition de sa ligne éditoriale: constituer un espace de réflexion sur les problématiques de sciences sociales liées à la spatialisation et à la territorialisation des phénomènes sociaux en Afrique de l'Ouest, et plus généralement sur le continent. Les mutations rapides auxquelles doivent faire face nos sociétés et leurs territoires ont connu une remarquable accélération au cours des dernières décennies, qu'il s'agisse de la pression démographique sur des ressources limitées, des effets de l'urbanisation sur l'environnement et la santé, de la remise en cause des équilibres écologiques, des incidences des crises sanitaires multiformes sur l'évolution de nos sociétés, ou du lien entre spatialisation de la migration, activité économique et dynamiques socio-environnementales. Ces questions traversant l'ensemble des sociétés de la région méritent la plus grande attention de la part de nos milieux académiques.

Ce premier numéro d'Espaces Africains s'est donc intéressé à ces changements sociétaux et à leur traduction dans les espaces et territoires concernés, dans leur diversité et les spécificités de leurs situations locales, du Gabon au Sénégal, en passant par le Cameroun ou la Côte d'Ivoire. Les réflexions proposées sur la transformation de ces contextes sociétaux et spatiaux et les nouveaux enjeux qu'ils posent ont ouvert l'analyse à une grande diversité de champs et de perspectives de recherche.

On y apprend notamment que le lien entre pollution, changement climatique et problèmes de santé dans les villes reste l'un des défis les plus préoccupants, et que dans les décharges à ciel ouvert, les enjeux économiques quotidiens viennent télescoper ceux liés à l'environnement. A l'inverse, la conjoncture sanitaire peut aussi impacter la qualité de l'environnement, à l'image des effets de la pandémie récente de Covid-19 dans la qualité de l'air de nos grandes villes. Dans le contexte d'urbanisation effréné que connait aujourd'hui l'Afrique, et tandis que la périurbanisation liée à la croissance démographique progresse inexorablement, la menace de disparition des sols à usage agricole en contexte périurbain rend plus aiguës les problématiques de sous-alimentation, de malnutrition et de pauvreté multidimensionnelle. Certains États africains cherchent à résoudre ces problématiques par la régionalisation des dispositifs agricoles dans le cadre de politiques de coopération au « développement », avec un succès mitigé.

En outre, la prise en compte du temps long des migrations – sur plusieurs générations, voire plusieurs siècles – montre l'importance des effets des mouvements de population sur l'évolution des équilibres géopolitiques, religieux et environnementaux locaux. Les conflits présents trouvent souvent leur source dans la remise en cause de rapports de pouvoirs inscrits dans différentes échelles de temps.

Sur le plan des politiques internes, les effets des usages contestataires des réseaux sociaux numériques ne sont pas toujours déterminants sur le changement de l'ordre politique dominant, et le manque de concertation et les tensions entre États et populations locales créent des freins à la mise en œuvre de politiques publiques perçues comme imposées « d'en haut ». A l'évidence, le panorama offert par l'ensemble des articles de cette livraison illustre la multiplicité des enjeux auxquels sont confrontés les espaces africains contemporains.

Rédacteurs en Chef

Florent GOHOUROU / Cédric AUDEBERT



Revue des Sciences Sociales

Numéro I | 2022

Mutations spatiales et sociétales africaines

QUANTIFIER LA DYNAMIQUE DES SOLS A USAGE AGRICOLE DANS LA VILLE DE YAOUNDÉ (CAMEROUN)

QUANTIFYING SOIL DYNAMICS FOR AGRICULTURAL USE IN THE CITY OF YAOUNDÉ (CAMEROUN)

NADINE YEMELONG TEMGOUA – YANNICK WILFRIED MENGUE

RÉSUMÉ

'ici 2025, près de 50% de la population d'Afrique subsaharienne sera urbaine. À Yaoundé, la capitale du Cameroun, l'urbanisation est l'une des plus rapides d'Afrique subsaharienne, avec un taux d'accroissement annuel moyen autour de 5%. Ces statistiques émergent dans un contexte marqué par la sousalimentation, la malnutrition et la pauvreté multidimensionnelle dans les quartiers populaires des villes. Selon la littérature, cette urbanisation fait peser une menace de disparition sur des sols à usage agricole. Pour comprendre ce phénomène, une étude a été réalisée à Yaoundé. L'objectif principal était d'analyser l'impact de l'urbanisation sur l'évolution de l'agriculture urbaine à Yaoundé. Des images Landsat 7 et 8 de Yaoundé datées respectivement du 18 mai 2000 et du 4 mai 2015 ont été téléchargées sur earthexplorer[®]. Des cartes d'usage des sols et une carte de changements d'usage des sols avec des statistiques descriptives ont été produites en utilisant respectivement l'algorithme de classification et d'analyse de changement par maximum de vraisemblance du logiciel ENVI Version 521[®]. Ensuite, une analyse diachronique a été réalisée. Des pertes de sols à usage agricole, estimées à environ 2855,86 ha, ont été constatées sur la période d'observation, en particulier dans les zones périphériques de Yaoundé.

Mots-clés: Télédétection, classification, développement urbain, usage des sols, agriculture urbaine, Yaoundé.

ABSTRACT

y 2025, nearly 50% of the population of sub-Saharan Africa will be urban. In Yaoundé, the capital of Cameroon, urbanization is ranked among the most accelerated in sub-Saharan Africa (the average annual growth rate varies around 5%). These statistics emerge in a context marked by underfeeding, malnutrition, and multidimensional poverty in crowded city neighborhoods. According to the literature, this urbanization poses a threat of disappearance of land used for agriculture. To understand this issue, a study was conducted in Yaoundé. The main objective was to analyze the impact of the evolution of urbanization on the evolution of urban agriculture in Yaoundé. Landsat 7 and 8 images of Yaoundé dated 18 May 2000 and 4 May 2015 respectively were uploaded to earthexplorer®. Land use maps and a land use change map with descriptive statistics were produced using the ENVI Version 521® classification and maximum likelihood change analysis algorithm respectively. Then, a diachronic analysis was performed. Losses of land for agricultural use, estimated at 2855.86 ha, were recorded over the observation period, particularly in the suburban areas of Yaoundé.

Keywords: Remote sensing, classification, urban development, land use, urban agriculture, Yaoundé.

Introduction

e développement urbain est, en Afrique subsaharienne, l'un des phénomènes de ■société les plus importants de ce 21ème siècle, car il intervient dans un contexte où la sous-alimentation, la malnutrition et la pauvreté multidimensionnelle demeurent présentes dans les quartiers populaires des villes (Charvet et al., 2016: 139; 221-228). Sur les périodes 1950-1955 et 2005-2010, les taux annuels moyens d'accroissement de la population urbaine, en Afrique subsaharienne, figurent parmi les plus élevés au monde ; ils sont 3 à 4 fois plus élevés qu'en Europe, en Amérique du Nord ou en Asie (ONU 2014: 21 - 59, ONU 2018 : 9 - 47). D'ici 2025, près de population cette d'Afriaue subsaharienne sera urbaine (ONU 2014: 21 -59, ONU 2018: 9-47). La ville de Yaoundé (fig. 1), capitale du Cameroun, située en Afrique centrale, présente l'une urbanisation parmi les plus rapides d'Afrique subsaharienne (ONU 2014: 374, ONU 2018: 74). Sa population, composée d'environ 53% de migrants, est estimée à 2 765 568 habitants en 2015 et son taux d'accroissement annuel moyen se situe

autour de 5% (BUCREP 2010 : 182 - 192). Selon la littérature, l'urbanisation en Afrique subsaharienne alimente spéculation foncière et fait peser une menace de disparition des terres agricoles (Klissou et al., 2009: 182-185; Mbongsi 2022: 90 - 91; Charvet et al., 2016: 225; 228). Dans la ville de Yaoundé, ce phénomène suscite interrogations. Cette relation est-elle plausible ? Autrement dit, l'urbanisation a-elle un impact sur l'évolution de l'agriculture urbaine à Yaoundé ? La réponse à ce questionnement pourrait motiver davantage l'action des pouvoirs publics. L'objectif principal de ce travail est d'analyser l'impact de l'urbanisation sur l'évolution de l'agriculture urbaine à Yaoundé. Plus spécifiquement, il s'agit (i) de cartographier l'évolution de l'occupation et l'usage des sols à Yaoundé, et (ii) de calculer et décrire les changements, notamment ceux des sols à usage agricole. Cette présentation des travaux s'articule autour des points suivants : le cadre méthodologique, les résultats attendus, la discussion des résultats obtenus et une conclusion.

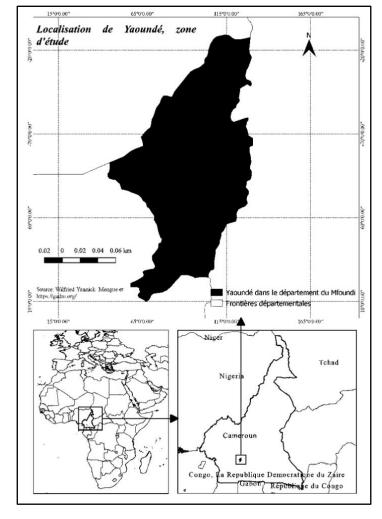


Fig. 1: Localisation de Yaoundé dans le département du Mfoundi (Région du Centre-Cameroun)

Source: Les fonds de carte sont donnés en accès libre par Global Administrative Areas (GADM)

1. CADRE MÉTHODOLOGIQUE

our analyser l'impact de l'urbanisation sur l'évolution de l'agriculture urbaine à Yaoundé, une méthode qui s'articule en huit étapes (fig. 2) a été développée: l'acquisition des données, les prétraitements, la formulation des classes thématiques, le choix des paramètres de classification, le choix des zones d'entrainement ou *Region of Interest (ROI)*, la vérification de la séparabilité des classes, le choix de l'algorithme de classification, la vérification, la validation des résultats et la production de la carte de changement et des statistiques correspondantes (Girard et Girard 1999 : 365 et 398 ; Caloz et Collet 2001 : 289). La quantification des changements d'usage des

sols a été réalisée grâce à l'acquisition, sur earthexplorer®, des images Landsat 7 et 8 de Yaoundé datées respectivement du 18 mai 2000 et du 4 mai 2015. L'algorithme de classification et d'analyse de changement par maximum de vraisemblance du logiciel ENVI Version 521®, a permis de réaliser des cartes d'usage des sols (Tchindjang et al. 2019: 13, 17; Pinet et Mertens 2019 : 20, 22) aux différentes dates d'observation. La détermination des usages les plus impactés a été réalisée en produisant une carte de changements d'usage des sols et des statistiques descriptives. Pour établir la plausibilité de la relation, une analyse diachronique a été réalisée. Les détails des méthodes utilisées sont développés dans les lignes suivantes.

Amélioration de l'affichage : Correction Earthexplorer.usgs. Image Landsat 8 Amélioration de la résolution par Image Landsat 8 résolution améliorée Production du Scattérogramme et de Application du filtre *Median* de taille l'Indice de végétation Normalisée Image Landsat 7 filtrée et résolution Image Landsat 8 filtrée et résolution Composé colorée infra-rouge fausses Composé coloré vraies couleurs Formulation des classes Création des sites (zones) Création et analyse de la matrice de Définition du seuil de rejet et de Image Landsat 8 Classifiée Enquête de éation des points de validation réation de la matrice de confusion es Calcul des erreurs de commission et d'omissio Validation de la classification Image Landsat 7 Classifiée validé Image Landsat 8 Classifiée validée Légende Donnée en entrée ou résultat préliminaire ou résultat final Calcul de la Carte de changement et de la Activités de recherche Opération Produit / Résultat Carte de la Matrice de changement

Fig. 2 : Schéma du processus de la méthode de classification supervisé

Source : Auteurs - 2022

1.1. LES DONNÉES ET LES TRAITEMENTS

Il s'agit ici des étapes de l'acquisition et du traitement des données

1.1.1. LE TYPE DONNÉES

Ce travail consistant à cartographier l'occupation du sol, les données utiles sont des images à haute résolution et à deux dimensions (longitude, latitude), captées par des radiomètres portés par les satellites Landsat. De plus amples détails sont donnés dans les points suivants.

1.1.2. JUSTIFICATION DE LA PÉRIODE ET DES DATES D'ACQUISITION DES DONNÉES

e principal obstacle à l'utilisation de la télédétection spatiale étant les nuages —et leur ombre qui entravent l'exploitation des données de télédétection, la période qui a été privilégiée est celle du début ou de la fin de la saison des pluies.

La ville de Yaoundé est située en zone tropicale équatoriale. Elle connaît quatre saisons climatiques. Une petite (Mars – juin) et une grande (Septembre – Novembre) saison de pluies ; une petite (Juillet – Août) et une grande (Décembre – Février) saison sèche (fig. 3). Puisqu'il s'agit en partie d'analyser les surfaces agricoles, les dates intéressantes devraient se situer en dehors des périodes trop pluvieuses comme septembre et octobre afin de minimiser la couverture nuageuse, ou trop sèches comme de décembre à février, de crainte de ne pouvoir percevoir aucune plante agricole.

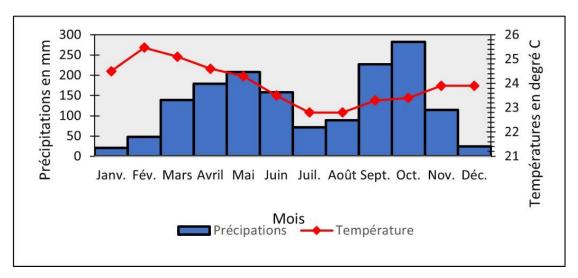


Fig. 3 : Diagramme ombrothermique de Yaoundé

Source : Bissaya, R. et al, 2014 : 116 - 117 (station météorologique de Mvan-Yaoundé, 1981 à 2010).

Par conséquent, la bonne date d'observation a été choisie dans la période la moins pluvieuse et la moins sèche (Avril-mai ou juillet-août) qui sépare celle des semis et des récoltes (fig. 4). Ces arbitrages tiennent compte de l'hypothèse forte selon laquelle, le calendrier agricole ci-dessous ne connaît pas de changement, quelle que soit la résolution temporelle d'observation adoptée (exemple 2000-2015).

Décembre Septemb Octobre Inin Août Avril Partie septentrionale/ Extrême-Nord et Nord Récolte de Semi de contre saison (2) contre saison Soudure (1) Récolte pluviale principale Période de méridionale / toutes Récolte pluviale moindre les autres régions disponibilité principale (3) second cycle petite saison des pluies (4) 1 - selon les années, la soudure peut commencer en juin ou juillet.

Fig. 4: Calendrier agricole du Cameroun

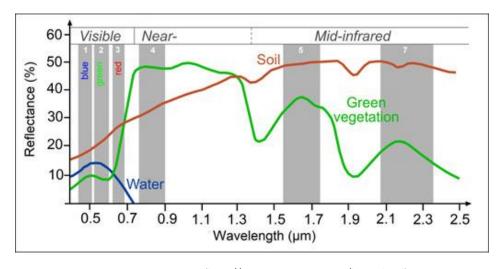
- 2- pratiqués sur les terres hydromorphes, récolte moins abondante que la récolte principale.
- 3 on ne peut à proprement parler de soudure dans la partie méridionale.
- 4 l'importance des semis varie d'une région à l'autre et d'un agriculteur à l'autre.

Source: PARM, FIDA & État du Cameroun - 2017.

1.1.3. JUSTIFICATION DU CHOIX DES LONGUEURS D'ONDE DES IMAGES

e choix a été porté sur des images captées par satellite (Bonn 1996: 267, 477) dans les longueurs d'onde du visible (bleu soit 0,455 à 0,525 μm, vert soit 0,530 à 0,590 µm, rouge soit 0,625 à 0,695 μm), du proche et moyen infrarouge (PIR soit 0,760 à 0,890 μm et MIR soit 1,55 à 2,3 μm) parce que l'occupation du sol y présente des niveaux réflectances relativement importants et suffisamment distincts (fig. 5).

Fig. 5 : Modèle de variation des caractéristiques de réflectance spectrale de l'occupation du sol.



Source: SEOS project (http://www.seos-project.eu/home.html)

1.1.4. JUSTIFICATION DU CHOIX DE CAPTEUR

n s'appuyant sur la littérature existante (Bonn 1996 : 267, 477), le choix a été porté sur les capteurs passifs qui permettent de capter des images au format 2D (longitude et latitude) et de mesurer les quantités d'énergie émises ou rediffusées naturellement par l'atmosphère ou la terre.

1.1.5. Source de données

I s'agit d'Earthexplorer et du projet Global Administrative Areas (GAD) ¹. Earthexplorer est un catalogue de données spatiales archivées de l'United State Geological Survey, accessible via internet (https://earthexplorer.usgs.gov). Global Administrative Areas (GADM) est une base de données des contours vectoriels des frontières administratives des pays de tous les continents, réalisée à l'université de Berkeley.

1.1.6. SYNTHESE DES DONNÉES ACQUISES

I s'agit de deux images à haute résolution du territoire de la ville de Yaoundé de 30 m de résolution spatiale en multispectral et 15 m en panchromatique. Elles ont été prises par les capteurs Operational Land Imager (OLI) et Thermal InfraRed Sensor (TIRS) portés

par le satellite LANDSAT8 et le capteur Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) porté par le satellite LANDSAT7 (tabl. 1). Les contours vectoriels du territoire de la ville de Yaoundé sont fournis par le projet Global Administrative Areas (GADM) au format shapefile avec le système de coordonnées géographiques de référence WGS 84. Ces contours seront reprojetés sur le système WGS 1984_UTM Zone 33N, qui correspond à celui des images LANDSAT 7 et 8 de la ville de Yaoundé.

1.1.7. LES PRÉTRAITEMENTS

Is désignent l'ensemble des corrections pouvant être effectuées pour améliorer les images avant leur traitement. Il peut s'agir de corrections radiométriques (exemples: normalisation, filtre médian...etc.), géométriques (exemples: géoréférencement, projection ou reprojection de l'image...etc.), atmosphériques (exemples : rehaussement de contraste, Dark Object Subtraction ou DOS) de l'image ou des améliorations de contours (exemples: Color Nornalized ou Brovey) de l'image. Pour ce travail, seul le rehaussement de contraste et l'amélioration de contours ont été effectués car les prétraitements (les corrections géométriques et radiométriques) avaient déjà été réalisés par le programme LANDSAT avant la diffusion des images.

130

¹ Ce projet est développé par Robert Hijmans de l'université de Californie à Berkeley. Son site web est le suivant : https://gadm.org/index.html

Tabl. 1 : Caractéristiques des images utilisées

Satellite	Radiomètre	Date d'acquisition	Coordonnées P/R	Bandes spectrales et domaine spectral	Longueur d'onde	Résolution	WRS Path	WRS Row	Élévation du soleil	Pourcentage du couvert nuageux (%)
				Band 1 Bleu	0,45 - 0,52 μm	30 m				
				Band 2 Vert	0,52 - 0,60 μm	30 m				
				Band 3 Rouge	0,63 - 0,69 μm	30 m				
				Band 4 Proche Infrarouge	0,77 - 0,90 μm	30 m		57		
Landsat 7	Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	18 mai 2000	185/57	Band 5 Moyen Infrarouge	1,55 - 1,75 μm	30 m	185		59,21	22
				Band 6 Thermal 60 m Low Gain / High Gain	10,40 - 12,50 μm	30 m				
				Band 7 Moyen Infrarouge	2,08 - 2,35 μm	30 m				
				Band 8 Panchromatique	0,52 - 0,90 μm	15 m				
		04 mai 2015		Bande 1 - Aérosols	0,433 - 0,453 μm	30 m				2,38
				Bande 2 - Bleu	0,450 - 0,515 μm	30 m				
				Bande 3 - Vert	0,525 - 0,600 μm	30 m				
				Bande 4 - Rouge	0,630 - 0,680 μm	30 m				
	Operational Land Imager (OLI)			Bande 5 - Infrarouge proche	0,845 - 0,885 μm	30 m				
Landsat 8			185/57	Bande 6 - Infrarouge moyen 1	1,560 - 1,660 μm	30 m	185	57	62,21	
				Bande 7 - Infrarouge moyen 2	2,100 - 2,300 μm	30 m				
				Bande 8 - Panchromatique	0,500 - 0,680 μm	15 m				
				Bande 9 - Cirrus	1,360 - 1,390 μm	30 m				
	VIN 2000000 ANN NO			Bande 10 - Infrarouge à	10,30 -	100 m				
	Thermal InfraRed			grande longueur d'onde	11,30 μm	100111				
	Sensor (TIRS)			Bande 11 - Infrarouge à grande longueur d'onde	11,50 – 12,50 μm	100 m				

Source Earthexplorer ; consulté en avril 2020.

Afin de minimiser l'impact des nuages sur la classification de l'image du 18 mai 2000, un indice de détection des nuages et leurs ombres (cloud index ou CI et cloud shadow index CSI) a été calculé. Cet indice a permis de générer un MASK de nuages et d'ombres (Zhai et al. 2018 : 237 - 240). Le MASK permet de couvrir les nuages et les ombres afin d'éviter que l'algorithme de classification ne soit induit en erreur par ces nuages et ces ombres.

1.1.8. CRITIQUE DES SOURCES DE DONNÉES

es données LANDSAT sont gratuites et leur acquisition est facilitée par l'interface *Earthexplorer*. Pour une étude diachronique comme celle-ci, il est plus avantageux de travailler sur des données

provenant d'une même source. Earthexplorer est la meilleure car il rassemble les données des multiples satellites, notamment les satellites LANDSAT, couvrant une résolution temporelle des années 1980 à nos jours. De plus, les couvertures nuageuses ne sont pas très importantes comme c'est le cas chez beaucoup d'autres fournisseurs d'images. Cependant, il faut souligner que les données des satellites LANDSAT ont une résolution spatiale (30 à 15 mètres) qui ne permet pas de réaliser des études urbaines plus détaillées à l'intérieur des différentes classes d'occupation du sol. Les points de validation des images ont été obtenus grâce à une visite virtuelle du terrain à partir de *google Earth* et en utilisant le catalogue des anciennes cartes de google Earth; en lieu et place d'une visite réelle. Cette pratique est une importante source de biais.

1.1.9. LA FORMULATION DES CLASSES THÉMATIQUES

Cinq grandes classes thématiques peuvent être identifiées et rangées en clé d'interprétation visuelle (tabl. 2).

Tabl. 2 : Clés d'interprétation visuelle

Nº de la classe	Nom de la classe	Type d'occupation du sol
1	Zones bâties	Zones où l'on trouve des routes et des trottoirs en asphalte, et/ou des bâtiments ou des maisons en béton.
2	Sols nus	Terres agricoles non végétalisées, non cultivées et des espaces ouverts
3	Terres cultivées ou aménagement paysager	Zone de culture, plantations, prairies, parcs ou espace de loisir gazonné
4	Forêts et autres végétations arbustives	Couverture plus ou moins dense d'arbres avec un couvert végétal épais et fermé
5	Cours et plans d'eaux continentales	Lacs, étang, rivières, ruisseaux et fleuves

Source: Auteurs - 2022

1.1.10. LE CHOIX DES PARAMÈTRES DE CLASSIFICATION

I s'agit du choix des bandes spectrales à interpréter ainsi que leurs critères d'interprétation. A cet effet, une composition colorée infra-rouge fausses couleurs utilisant les bandes 5, 4 et 3 (RGB) a été produite de même qu'une composition colorée vraies couleurs. Un indice de végétation a également été produit. Dans la littérature, il y a une multitude d'indices de végétation ² , mais deux parmi eux sont fréquemment cités : le Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) et l'Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI). Le NDVI aussi appelé indice de Tucker (Tucker 1979 : 134), est calculé en utilisant les bandes spectrales PIR et rouge ainsi qu'il suit : (PIR-Rouge) / (PIR + Rouge). Notons que les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7 où les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses¹. L'ARVI, est un indice de végétation prenant en compte les effets atmosphériques en utilisant la bande bleue (Kaufman et Tanre 1992 : 269) ; c'est celui que nous avons exploité dans ce travail. Il se calcule ainsi: ARVI = (PIR - RB) / (PIR + RB), Où $RB = R - \gamma (B - R)$; avec γ dont la valeur dépend du type d'aérosol (y = 1 est une bonne valeur lorsque cette information est inconnue). Ces différents paramètres de classification sont empruntés pour l'interprétation visuelle (tabl. 3), afin de déterminer les zones d'entrainement. Pour finir, il convient d'appliquer un filtre médian en convolution après avoir exécuté un rehaussement de la résolution sur les bandes bleu, vert, et rouge grâce à la bande panchromatique.

² IDB - Index DataBase. (s. d.). Consulté 4 décembre 2019, à l'adresse https://www.indexdatabase.de/

1.1.11. LES COMPOSÉS COLORÉS

es composés colorés servent à identifier les classes thématiques (fig. 6). Après rehaussement du gris et de la résolution, les composés ont été produits. De la gauche vers la droite, sont respectivement présentées les compositions colorées « vraie couleur », « infrarouge fausse couleur 1 » et « infrarouge fausse couleur 2 ». Ces différentes compositions colorées servent à mieux mettre en évidence

les objets au sol, afin d'identifier les principales classes thématiques de la zone d'étude. Puis le lien est fait entre ces classes thématiques et les clés d'interprétation visuelle (tabl. 2). Comme cela a été rappelé précédemment, il existe des grilles d'interprétation des couleurs des compositions colorées des images Landsat dans plusieurs références (Girard et Girard 1999 : 140) (tabl.3).

NG Bande 2 Classe 2 255 88 Classe 3 8 Max Classe Classe 1 1, Bande 2 8 8 8 NG Bande 1 0 Min Classe 0 255 1, Bande 2 Min Classe Max Classe 1, Bande 1 1, bande 1

Fig. 6 : Illustration du principe de la méthode parallélépipédique ou hyperboîte

Source : inspirée de Caloz & Collet 2001 : 298

Couleurs/Bandes Principaux types de milieu spectrales **Images** Sols nus Rouge Vert Bleu Eau Végétation **Bâtis** (cultures) Bleu foncée (Eau Composition profonde ou faible Vert foncée colorée « Bande Bande Bande turbidité) à bleu (forêt); Vert Vert Blanc vraies Cyan (faible très foncée 3 2 1 pomme couleurs » profondeur ou (mangrove) forte turbidité) Bleu foncée (Eau Rouge vif profonde ou faible Infrarouge « (forêt); Bleu Bande Bande Bande turbidité) à bleu Rougefausses rouge plus très vert (faible 3 2 rosé couleurs » 1 terne clair profondeur ou (mangrove) forte turbidité) Bleu soutenu (Eau profonde ou faible Vert vif turbidité) à bleu Infrarouge « **Bande** Bande Bande (forêt); vert Vert Rosefausses légèrement plus plus terne 5 4 2 pomme mauve couleurs » 2 clair (faible (mangrove) profondeur ou

Tabl. 3: Grille d'interprétation d'images pour chacune des combinaisons 3

Source: Girard, M.-C. et Girard, C-M., 1999: 140.

forte turbidité)

1.1.12. LE CHOIX DES ZONES D'ENTRAINEMENT OU REGION OF INTEREST (ROI)

Il s'agit d'identifier les sites d'échantillonnage correspondants à chacune des classes prédéfinis, soit au moins 10 zones d'entrainement de taille égale à au moins 100 pixels répartis dans toute la zone d'étude de l'image pour chacune des N classes thématiques.

1.1.13. LA VÉRIFICATION DE LA SÉPARABILITÉ DES CLASSES

a vérification de la séparabilité des classes consiste à vérifier la bonne discrimination entre les classes ou le pouvoir séparateur des signatures spectrales des classes. Plusieurs indices de séparabilité des classes figurent dans la littérature : la distance euclidienne entre les centres des classes ; la distance de Bhattacharrya ; la

matrice de séparabilité; la divergence de Jeffries-Matusita (*Transformed Divergence*) et la distance de Jeffries-Matusita (*pairs separability*). Le logiciel ENVI v.521, disponible dans notre laboratoire, permet de calculer ces deux derniers indices. La distance de Jeffries-Matusita et la distance de Bhattacharrya s'interprètent ainsi:

- * De 1,9 exclus à 2 inclus, la distance est dite bonne ou suffisante ;
- * De 1 exclus à 1,9 inclus, la distance est dite insuffisance;
- * De 0 inclus à 1 inclus, la distance est très insuffisante. Elle traduit l'existence d'une confusion entre les deux signatures spectrales de classes. Pour y remédier, trois issues sont possibles : modifier les sites d'entraînement, fusionner les classes ou ajouter de nouvelles classes.

134

³ https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/compositions-colorees/3-differentes-composition-coloree/2-1-vraie-fausse-couleur%20.html

1.2. LE CHOIX DE L'ALGORITHME DE CLASSIFICATION

a classification est un type de zonage par regroupement d'objets de l'image (l'autre étant la segmentation) qui consiste à extrapoler, à l'aide d'un algorithme de classification, sur toute une image, des zones tests ou zones d'entrainement préalablement choisies, dont on connaît la signification (classification non-dirigée dont classification ascendante hiérarchique ou classification séquentielle) ou la correspondance thématique (classification dirigée).

Dans la littérature (Girard et Girard 1999; 157-205; Caloz et Collet 2001: 274 - 338), trois algorithmes de classification sont généralement cités: l'algorithme de calcul de la distance minimale à la moyenne (critère de distance); l'algorithme du maximum de vraisemblance (critère de probabilité) et l'algorithme de la méthode parallélépipédique ou hyperboîte.

Dans cette recherche le choix a été porté sur l'algorithme du maximum de vraisemblance (critère de probabilité), qui est recommandé par la littérature. De plus, il est disponible dans le logiciel ENVI v.521, utilisé dans note laboratoire. Il se présente ainsi :

* L'algorithme du maximum de vraisemblance (critère de probabilité)

La première hypothèse consiste à considérer que la signature spectrale est caractérisée par une distribution gaussienne dans chaque bande spectrale. La seconde hypothèse considère que toutes les classes sont d'égale probabilité. Ainsi, les densités de probabilité peuvent se présenter sous deux formes : (i) la forme d'une fonction aléatoire continue de distribution gaussienne (équation 2) ;

$$P^{(x)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^{2} \right]$$
Avec:
$$\mu = \text{moyenne}$$

$$\sigma = \text{écart-type}$$

La forme d'une fonction de variables discrètes multidimensionnelles continues de distribution gaussienne (équation 3).

$$p^{(x)} = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |\sum ||\mathbf{1}||^{1/2}} exp \left[-\frac{1}{2} \left[(x-m)^t \sum -1 (x-m) \right] \right]$$
 Avec :
 π =vecteur de données
 m = vecteur moyen
 Σ = matrice de variances - covariance

L'algorithme du maximum de vraisemblance utilise les statistiques des sites d'entraînement pour calculer le vecteur moyen et la matrice de variance – covariance pour chaque classe. On peut alors calculer, à partir de la fonction de de probabilité, la probabilité d'appartenance d'un pixel à chacune des classes. Le pixel est assigné à la classe qui offre la probabilité la plus élevée. Il n'y a donc pas de non-classifiés.Le seuil de correspond aux pixels auxquels les algorithmes ne sont pas capables d'attribuer une classe. Sa détermination permet de diminuer les erreurs de classification. Son choix consiste à définir une valeur de probabilité minimum (exemple : 0,004) en deçà de laquelle on considère que le pixel ne peut être attribué à une classe. Le pixel est alors assigné à une nouvelle classe dénommée « NULLE ».

1.3. LA VÉRIFICATION, LA VALIDATION DES RÉSULTATS ET LA PRODUCTION DE LA CARTE DE CHANGEMENT ET DES STATISTIQUES CORRESPONDANTES

lles nécessitent la levée de terrain d'au moins 10 haut-points (*spot height*) ou points de validation, répartis dans toute la zone d'étude de l'image, pour chacune des N classes thématiques.

Ces points de validation vont servir à la production de la « matrice de confusion » ou matrice d'erreur et des indicateurs d'évaluation de l'exactitude des opérations de classification tels que, les erreurs d'omission, les erreurs de commissions, les précisions de classes, la précision globale et la statistique de Kappa. La « matrice de confusion » ou matrice d'erreur compare pixel par pixel, la classe assignée à chaque pixel (la classification) avec la vraie classe obtenue de la levée de terrain (tabl. 4).

Tabl 4 . Drásantation	n da la máthada dí	validation d'une classification	nar matrica da confucion
Tabi. 4 : Presentation	n de la methode de	e validation d'une classification	par matrice de confusion

			Classes de test (points de validation) de l'utilisateur				Marge de l'utilisateur		
	N de classes	1	2	i	n	Total classés	Total Non classés	Total	
Classes	1	m(1,1)	m(1,2)	m(1,i)	m(1,n)	m(1,+)	m(1,x)	T(1)	
affectées (zones	2	m(2,1)	m(2,2)	m(2,i)	m(2,n)	m(2,+)	m(2,x)	T(2)	
d'entrainement)	i	m(i,1)	m(i,2)	m(i,i)	m(i,n)	m(i,+)	m(i,x)	T(i)	
par le producteur	n	m(n,1)	m(n,2)	m(n,i)	m(n,n)	m(n,+)	m(n,x)	T(n)	
	Total	/. 1\	(2)		/\	Т			
Marea du	classés	m(+,1)	m(+,2)	m(+,i)	m(+,n)	classés			
Marge du	Non	m(v 1)	m/v 2\	m(v i)	m/v n)		T Non		
producteur	classés	m(x,1)	m(x,2)	m(x,i)	m(x,n)		classés		
	Total	T(1)	T(2)	T(i)	T(n)			Т	

Source: Caloz & Collet, 2001

Où

T : total des pixels échantillonnés, toute classe confondue

T(i) : total des pixels échantillonnés par classe
Tclassés : total des pixels classés, toute classe confondue
m(i,i) : pixels de la classe i correctement classés

i=/j, pixels issus de l'échantillonnage mais affectés de manière erronée à une autre classe

m(i,j) : (erreur de commission)

m(x,i) : pixels non classés de la classe i (erreur d'omission)
m(i,+) : valeurs marginales de la ligne i (somme de la ligne)
m(+,l) : total des pixels classés, devant appartenir à la classe i

Producteur : logiciel Utilisateur : chercheur

La matrice de confusion fournit une estimation de la qualité d'affectation des pixels à une classe donnée. Elle compare le nombre de pixels bien classés contre le nombre de pixels mal classés mais n'évalue pas la géométrie des classes obtenues. Cette matrice de confusion permet d'évaluer l'erreur d'omission, l'erreur de commission, la précision globale et le coefficient Kappa (Fung et LeDrew, 1988 : 1450 ; Caloz et Collet 2001 : 338 - 342). L'erreur d'omission ou de déficit se produit lorsqu'un pixel n'a pas été classifié dans

La précision globale, quant à elle, informe sur la qualité globale de la classification. Sa valeur est donnée par l'opération suivante (équation 6).

$$G = \frac{\sum m(i, i)}{T}$$

Le coefficient Kappa indique la proportion d'éléments qui seraient classés de la même manière par le producteur (le logiciel) et l'utilisateur (le chercheur). Il est une classe alors qu'il appartenait à cette classe (équation 4).

$$P(i) = 1 - \frac{m(x, i)}{T(i)}$$

L'erreur de commission se produit lorsqu'un pixel a été classifié dans une classe alors qu'il n'y appartenait pas (équation 5).

$$U(i) = 1 - \frac{m(i, x)}{T(i)}$$

compris entre 0 et 1, de telle sorte que plus le résultat s'approche de 1, plus la concordance entre les deux juges est grande (équation 7). Sa grille d'interprétation est la suivante : K >= 0.81 : Excellent ; K = 0.60 - 0.41 : Modéré ; K = 0.80 - 0.61 : Bon ; K = 0.40 - 0.21 : Faible ; K = 0.20 - 0.0 : Mauvais.

$$K = \frac{(T * \sum m(i,i)) - \sum (m(i,+) * m (+,i))}{T^2 - \sum (m(i,+) * m (+,i))}$$

1.4. CALCUL DES DISTANCES DE SÉPARABILITÉS DE JEFFRIES-MATUSITA (PARIS SEPARABILITY) ENTRE LES ZONES D'ENTRAÎNEMENT

fin de s'assurer de l'absence de confusion entre les zones d'entraînement, un test de séparabilité dénommé « distances de Jeffries-Matusita (pairs separability) » a été calculé (tabl. 5 et 6). Ces zones d'entraînement (region of interest ou ROI dans le logiciel ENVI Version 521®), d'un nombre égal à au moins 10, contenant au moins 100 pixels chacune répartis dans toute la zone d'étude de l'image pour chacune des 5 classes thématiques identifiées (voir tabl. 2), ont été créés.

Tabl. 5 : Les distances de Jeffries-Matusita (pairs separability) de Landsat7

	Zones bâties et	Cours et plans	Forêts et autres végétations
	sols nus	d'eau	arbustives
Cours et plans d'eau	1,8746549		1,9709789
Forêts et autres végétations arbustives	1,9726695	1,9709789	
Terres cultivées et aménagées	1,9102192	1,9709789	1,525456

Source: Auteurs - 2022.

Tabl. 6: Les distances Jeffries-Matusita (pairs separability) de Landsat8

	Zones bâties et sols nus	Cours et plans d'eau	Forêts et autres végétations arbustives
Cours et plans d'eau	1,99715698		1,99997235
Forêts et autres végétations arbustives	1,99986220	1,99997235	
Terres cultivées et aménagées	1,99998873	1,99999967	1,66432737

Source: Auteurs - 2022.

Après visualisation et interprétation des seuils des premières distances de Jeffries-Matusita (pairs separability) de l'image Landsat 7, les classes « Zones bâties » et « Sols nus » ont été fusionnées en une seule dénommée « Zones

bâties et Sols nus »; puis cette fusion a été harmonisée avec l'image Landsat 8, ce qui a permis d'obtenir finalement les 4 classes thématiques (tabl. 7).

Tabl. 7 : Casses thématiques adoptées

N°	Composé coloré Libellé infrarouge « fausses- couleurs » 1 couleurs » 2		infrarouge « fausses-	Composé coloré infrarouge « vraies- couleurs »
1	Terres cultivées et aménagées	Rouge-rosé	Vert pomme	Vert pomme
2	Forêts et autres végétations arbustives	Rouge vif	Vert vif	Vert foncée (forêt) ; Vert très foncée (mangrove)
3	Cours et plans d'eau	Bleu foncée (Eau profonde ou faible turbidité) à bleu vert (faible profondeur ou forte turbidité)		Bleu foncée (Eau profonde ou faible turbidité) à bleu Cyan (faible profondeur ou forte turbidité)
4	Zones bâties et sols nus	Bleu très clair	Rose-mauve	Blanc

Source: Auteurs - 2022

1.5. PRODUCTION DES POINTS DE VALIDATION DES IMAGES

es points de validation de la classification des images ou points destinés à servir à la production de la matrice de confusion, ont été obtenus grâce à une visite virtuelle du terrain à partir de GoogleEarth (fig. 7) en lieu et place d'une

visite réelle. Cette pratique est une importante source de biais. Ce bais peut-être réduit par un travail rigoureux et lorsqu'on a une bonne connaissance de la zone d'étude. De plus, elle est très pratique car de tels travaux menés sur le terrain, nécessitent d'importants moyens financiers et matériels dont ne dispose pas la plupart des laboratoires des pays d'Afrique au Sud du Sahara, en particulier le nôtre.

Fig. 7: Les points de validation

Source: Auteurs - 2022

La carte de changement qui est produite à la fin de ce processus en 8 étapes est une carte d'occupation des sols mettant en évidence les mutations qui ont pu s'opérer entre deux périodes préalablement définies dans les zones observées. Il s'agit en l'occurrence ici

des « Zones bâties », les « Sols nus », les « Terres cultivées ou aménagement paysager », les « Forêts et autres végétations arbustives » et les « Cours et plans d'eaux continentales ».

2. Présentation des résultats

2.1. Présentation des classes thématiques identifiées par interprétation des composées colorées

râce aux grilles d'interprétation d'image Landsat (tabl.3), les compositions colorées (fig. 8) et les clés d'interprétation visuelles (tabl. 2), l'analyse des images Landsat 7 et 8 a permis de mettre en évidence 5 principales classes thématiques distinctes sur la zone d'étude :

- les « Terres cultivées et aménagées » codifiées 1;
- les « Forêts et autres végétations arbustives » codifiées 2 ;
- les « Cours et plans d'eau » codifiés 3 ;
- les « Zones bâties » codifiées 4 ;
- les « sols nus » codifiés 5.

Elles ont servi à la production des 10 zones d'entraînement et à la réalisation des tests de séparabilité des classes d'occupation et d'usage des sols.

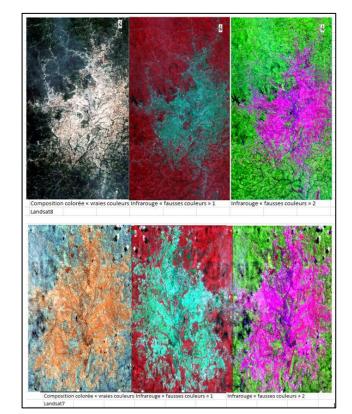


Fig. 8 : Compositions colorées réalisées des images Landsat 7 et 8

Source: Auteurs - 2022

2.2. Présentation de la cartographie de l'occupation et de l'usage des sols à Yaoundé

es cartographies des images Landsat 7 et 8 (fig. 9) ont été réalisées avec une valeur de probabilité du seuil (*Probability threshold*) de 0,004 appliquée sur toutes les bandes du visible de chaque capteur. Pour faciliter la comparaison entre les deux résultats, le même système de coordonnées de référence et la même échelle ont été adoptés. Les « Terres cultivées et aménagées », en général en périphérie et les « Zones bâties et sols nus », plus concentrées au centre de la zone d'étude, ont perdu en surfaces occupées, tandis que les « Forêts et autres végétations arbustives » et les « Forêts et autres végétations arbustives » en ont gagné (fig. 9 et tabl. 8).

TITHE Classics Tyles

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

1787

17

Fig. 9: Résultats des classifications des images Landsat 7 et Landsat 8

Source : Auteurs - 2022

Tabl.8: Évolution de l'occupation du sol dans la zone d'étude entre 2000 et 2015

N° code de la	Libellé de la	Landsat 7	ETM+(2000)	Landsat 8 OLI&TIR(2015)		
classe thématique	classe thématique	Surface du sol occupé en ha	Proportion du sol occupé (%)	Surface du sol occupé en ha	Proportion du sol occupé (%)	
0	Non-classée	620,46	1,03	4 544,24	7,56	
1	Terres cultivées et aménagées	16 826,33	28,01	13 495,46	22,47	
2	Forêts et autres végétations arbustives	15 132,78	25,19	18 480,44	30,76	
3	Cours et plans d'eau	635,00	1,06	1 320,35	2,2	
4	Zones bâties et sols nus	24 441,37	40,69	22 231,91	37,01	
5	Pixels de nuages masqués	2 416,46	4,02	NA	NA	

Source: Auteurs - 2022

2.3. LES MATRICES DE CONFUSION

oncernant l'erreur d'omission, on observe que les pixels n'ayant pas été classifiés dans une classe alors qu'ils y appartenaient sont plus nombreux sur l'image Landsat 7 (tabl. 9), concernant particulièrement les « Terres cultivées » et les « Forêts et autres végétations arbustives » avec des taux respectifs de 44,44% et 22,22%. Mais on observe également que sur l'image Landsat 8, 22% de pixels de « Cours et plans d'eau » ont été classés ailleurs.

Tabl. 9: La matrice de confusion de la classification ETM+ Landsat7

Classes d'occupation du sol	Terres cultivées	Forêts et autres végétations arbustives	Cours et plans d'eau	Zones bâties et sols nus	Total ligne	Précision de l'utilisateur (%)	Erreurs commissions (%)
Non-classées	0	0	1	2	3		
Terres cultivées	10	3	0	0	13	76,92	23,08
Forêts et autres végétations arbustives	0	14	0	0	14	100,00	0,00
Cours et plans d'eau	0	0	8	0	8	100,00	0,00
Zones bâties et sols nus	8	1	0	17	26	65,38	34,62
Total colonne	18	18	9	19	64		
Précision du producteur (%)	55,56	77,78	88,89	89,47		49	
Erreurs d'omissions (%)	44,44	22,22	11,11	10,53			

Source : Auteurs - 2022

Revue Espaces Africains - ISSN: 2957 - 9279

Précision globale = 76,56 % Kappa = 68,46%

Précision de l'utilisateur : pourcentage de pixels d'une classe d'occupation et d'usage du sol, correctement classés vis-à-vis de la zone d'entrainement.

Précision du producteur : pourcentage de pixels d'une zone d'entrainement, correctement classés par télédétection.

S'agissant de l'erreur de commission, il apparaît que les pixels ayant été classifiés

dans une classe à laquelle ils n'appartenaient pas sont plus nombreux, sur l'image Landsat 7, concernant les « Terres cultivées » avec 23,08 % et les « Zones bâties et sols nus » avec 34,62 %; tandis que sur l'image Landsat 8 (tabl. 10), seuls 22,73% des pixels des « Zones bâties et sols nus » sur l'image Landsat 8 ont été mal classifiés.

Selon la grille d'interprétation des coefficients Kappa, les classifications des images Landsat 7 et 8 réalisées dans cette étude sont dites bonnes (K = 0.80 - 0.61).

Tabl. 10: La matrice de confusion de la classification OLI Landsat8

Classes d'occupatio n du sol	Terres cultivée s	Forêts et autres végétation s arbustives	Cour s et plans d'eau	Zones bâtie s et sols nus	Tota I ligne	Précision de l'utilisateu r (%)	Erreurs commission s (%)
Non- classées	4	0	0	2	3		
Terres cultivées	4	0	0	0	13	30,77	0,00
Forêts et autres végétations arbustives	0	16	0	0	16	100,00	0,00
Cours et plans d'eau	0	0	7	0	7	100,00	0,00
Zones bâties et sols nus	1	2	2	17	22	77,27	22,73
Total colonne	9	18	9	19	61		
Précision du producteur (%)	44,44	88,89	77,78	89,47		44	
Erreurs d'omissions (%)	11,11	11,11	22,22	10,53			

Source : Auteurs - 2022.

Précision globale =72,13%% **Kappa** = 63,42%

2.4. LES CHANGEMENTS D'OCCUPATION DES SOLS

ntre le 18 mai 2000 et le 04 mai 2015, 25 736,94 ha (tabl. 11) ont connu des changements d'affectation de classe d'occupation du sol. Les cas les plus importants concernent les « Zones bâties et sols nus »; « Forêts et autres végétations arbustives » et les « Terres cultivées et aménagées ». Une partie des « Terres cultivées et aménagées » (6237,5 ha), des « Forêts et autres végétations arbustives » (2 323,55 ha) et des « Cours et plans d'eau » (182,59 ha), a été transformée en « Zones bâties et sols nus », soit une perte de 8743,64 ha détournées vers la spéculation immobilière (les codes 9, 14, 19 de la légende de la figure 10).

Tabl. 11: matrice des changements estimés de l'occupation et des usages des sols entre 2000 et 2015

Classes Landsat 7 ETM+ 2000	Classes OLI Landsat 8 ETM+ 2015	Surface ayant changé de classe (en ha)	Proportion du changement (en %)
Terres cultivées et aménagées	Forêts et autres végétations arbustives	3 225,35	12,53
Terres cultivées et aménagées	Cours et plans d'eau	185,94	0,72
Terres cultivées et aménagées	Zones bâties et sols nus	6 237,50	24,24
Forêts et autres végétations arbustives	Terres cultivées et aménagées	3 603,35	14,00
Forêts et autres végétations arbustives	Cours et plans d'eau	406,64	1,58
Forêts et autres végétations arbustives	Zones bâties et sols nus	2 323,55	9,03
Cours et plans d'eau	Terres cultivées et aménagées	118,04	0,46
Cours et plans d'eau	Forêts et autres végétations arbustives	124,31	0,48
Cours et plans d'eau	Zones bâties et sols nus	182,59	0,71
Zones bâties et sols nus	Terres cultivées et aménagées	3 381,64	13,14
Zones bâties et sols nus	Forêts et autres végétations arbustives	5 665,32	22,01
Zones bâties et sols nus	Cours et plans d'eau	282,71	1,10
Total		25 736,94	100

Source: Auteurs - 2022

Les « Zones bâties et sols nus » devenues « Forêts et autres végétations arbustives », soit 5 665,32 ha de surface destinées au bâti, sont probablement restées en friche (les codes 7, 17, 22 de la légende de la figure 10) ; Les « Forêts et autres végétations arbustives » avec 3 603,35 ha et les « Zones bâties et sols nus » avec 3 381,64 ha, ont été transformées en « Terres cultivées et aménagées », soit 6 984,99 ha réorientées vers la production d'aliments (les codes 11, 16, 21 de la légende de la figure 10).

 0: from "Unclassified" to "Unclassified" 1: from 'Unclassified' to 'terres cultivées et aménagées' 2: from "Unclassified" to "Forêts et autres végétations arbustives" 3: from "Unclassified" to "Cours et plans d'eau" 4: from 'Unclassified' to 'Zones bâties et sols nus' 5: from terres cultivées' to "Unclassified" 6: from terres cultivées to terres cultivées et aménagées 7: from terres cultivées to "Forêts et autres végétations arbustives" ☑ 8: from terres cultivées' to 'Cours et plans d'eau' 9: from 'terres cultivées' to 'Zones bâties et sols nus' 10: from 'Forêt et autres végétations arbustives' to 'Unclassified' ☑ ■ 11: from 'Forêt et autres végétations arbustives' to 'terres cultivées et aménagées' 12: from 'Forêt et autres végétations arbustives' to 'Forêts et autres végétations arbustives' 13: from 'Forêt et autres végétations arbustives' to 'Cours et plans d'eau' 14: from 'Forêt et autres végétations arbustives' to 'Zones bâties et sols nus' ✓ ■ 15: from 'Cours et plans d'eau' to 'Unclassified' 16: from 'Cours et plans d'eau' to 'terres cultivées et aménagées' ✓ ■ 17: from 'Cours et plans d'eau' to 'Forêts et autres végétations arbustives' ✓ ■ 18: from 'Cours et plans d'eau' to 'Cours et plans d'eau' 19: from 'Cours et plans d'eau' to 'Zones bâties et sols nus' 20: from 'Zones bâties et sols nus' to 'Unclassified' 21: from 'Zones bâties et sols nus' to 'terres cultivées et aménagées' 22: from 'Zones bâties et sols nus' to 'Forêts et autres végétations arbustives' 23: from 'Zones bâties et sols nus' to 'Cours et plans d'eau' 24: from 'Zones bâties et sols nus' to 'Zones bâties et sols nus' 25: from 'Masked Pixels' to 'Unclassified' 26: from 'Masked Pixels' to 'terres cultivées et aménagées' 27: from 'Masked Pixels' to 'Forêts et autres végétations arbustives' 28: from 'Masked Pixels' to 'Cours et plans d'eau' 29: from 'Masked Pixels' to 'Zones bâties et sols nus'

Fig. 10: La carte de changement d'affectation des sols entre 2000 et 2015

Source: Auteurs - 2022

3. Discussion

'objectif de cet exercice était d'analyser l'impact de l'urbanisation sur l'évolution de l'agriculture urbaine à Yaoundé.

Les résultats de la matrice de changement nous ont permis de constater que l'impact du développement urbain sur l'occupation du sol s'observe davantage en périphérie⁴, à travers la substitution de la production agricole par la spéculation foncière (couleur rose foncé dans fig. 10); Ce constat pourrait contribuer à alimenter l'hypothèse d'un risque de

disparition des terres agricoles dû à l'urbanisation dans ses espaces périphériques jadis alloués effectivement à l'agriculture. En effet, l'observation de l'évolution de l'allocation foncière montre que, sur la période du 18 mai 2000 au 04 mai 2015, 3 381,64 ha des terres précédemment destinées aux opérations immobilières ont été cédées à la production agricole, tandis que 8743,64 ha précédemment alloués à diverses autres classes d'occupation des sols, ont été alloués à des opérations immobilières – dont 6237,5 ha précédemment allouées à la production agricole, soit un gain net de 5362

⁴ Ces résultats sont similaires à ceux de Tchindjang et *al.* en 2019 lorsqu'il évoque l'étalement urbain et la périurbanisation de Yaoundé.

ha en 15 ans. Pourtant, sur la même période d'observation, seuls 6 984,99 ha se sont ajoutés aux terres de production agricole, soit une perte nette d'environ 3331 ha de terres allouées à la production agricole en 15 ans.

Dans le modèle classique (formulé en 1826) de Johann Heinrich Von Thünen (Bailly et al. 2016: 173; Gumuchian et al., 2000: 92) d'approvisionnement des centres urbains en ressources agricoles, l'idéal de localisation des sols cultivés, selon le principe de rente de localisation, serait dans les périphéries urbaines, sous l'influence des coûts de transport et la distance du marché. Le modèle de Johann Heinrich Von Thünen identifie trois cercles de localisation des espaces agricoles autour du centre urbain : le premier, proche des habitations, est composé de petites parcelles cultivées en légumes, souvent couvertes également de vergers ; le second cercle se compose de cultures intensives (à l'exemple des céréales) et le troisième et dernier, proche de la forêt, est composé d'espaces d'élevage extensif et de cultures assolées. Les inspirations de ce modèle foisonnent depuis les propositions fonctionnalistes d'aménagement urbain des pré-urbanistes progressistes (l'exemple du phalanstère de Charles Fourier en 1808, le familistère ou palais social de Jean-Baptiste André Godin en 1859), des urbanistes culturalistes (à l'exemple des Cités-jardins ou Garden City de Raymond Unwin et Ebenezer Hoard) et enfin dans les propositions des progressistes urbanistes, notamment, le Corbusier et le Congrès international d'architecture moderne ou CIAM I-XI (Choay 2014: 89 - 290: Merlin 2018: 23 - 50). La ville de Yaoundé s'est longtemps inscrite dans ce schéma (Mbongsi et Nfor 2022: 94). Comment donc expliquer cet amenuisement des sols alloués à l'agriculture dans la périphérie urbaine ?

Une hypothèse quant à cet amenuisement des sols alloués à l'agriculture dans la périphérie urbaine, pourrait résider dans le concept de « troisième révolution urbaine moderne » (Ascher 2010 : 69). La « troisième révolution urbaine moderne », fortement favorisée par la transformation des systèmes mobilité urbaine (automobile infrastructures de transports), d'après François Ascher (2013), se définit l'émergence d'un ensemble de nouvelles attitudes vis-à-vis de l'avenir, de nouveaux projets, des modes de penser et d'actions différents, dans la conception, la réalisation et la gestion des villes.

Selon François Ascher (2013), il s'agit d'une manifestation de la nouvelle phase de modernisation des sociétés, qui vient clôturer l'époque de la seconde modernité de l'urbanisme issue de la révolution industrielle, dont les critiques virulentes, depuis le début du 20 -ème siècle, se faisaient entendre de la part de nombreux chercheurs en urbanisme (Giovannoni 1998: 210; Jacobs 1992: 241 -291). Elle annonce l'avènement d'un nouvel urbanisme ou néo-urbanisme. Yaoundé se situerait donc dans un contexte réactualisation de son urbanisme pour une entrée de plein pied dans « la troisième révolution urbaine moderne ». Mais, dans cette redéfinition de l'urbanisme qu'apporte « la troisième révolution urbaine moderne », Ascher F. souligne un risque d'aggravation des problèmes urbains existants ou la création de nouveaux problèmes. Un exemple est la hausse plus rapide des prix de l'immobilier (surtout à proximité des infrastructures de transport) et des produits de l'agriculture du fait d'un approvisionnement de plus en plus lointain.

CONCLUSION

I ressort de ce travail que, sur la période du 18 mai 2000 au 04 mai 2015, une perte de 2855,86 ha de terres agricoles a été calculée. On peut également observer que cette perte se réalise davantage dans les périphéries de Yaoundé. Deux principales conséquences sont à prévoir dans une telle perspective : une hausse plus rapide des prix de l'immobilier (surtout à proximité des infrastructures de transport) et aussi un renchérissement des prix des produits de

l'agriculture du fait d'un approvisionnement de plus en plus lointain. Quelles solutions doivent être envisagées, si nous admettons l'hypothèse que l'urbanisation a un impact sur l'évolution des sols à usage agricole à Yaoundé?

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASCHER François, 2013. Les nouveaux principes de l'urbanisme suivi de Lexique de la ville plurielle, La Tour d'Aigues: Nouvelles éditions de l'Aube, 280 p.

BAILLY Antoine, BEGUIN Hubert & SCARIATI Renato, 2016. Introduction à la géographie Humaine, 9^e édition, Armand Colin, Paris, 240 p.

BONN Ferdinand, 1996. Précis de télédétection, Vol. 2, Applications thématiques, Presses de l'Université du Québec/AUPELF, Sainte-Foy et Montréal, 648 p.

BUCREP, 2010. Troisième Recensement général de la Population et de l'Habitat (RGPH) du Cameroun, Vol. 2, Tome 9 : mouvements migratoires, Bureau central des Recensements de la Population et de l'Habitat du Cameroun (BUCREP), Yaoundé, Cameroun, 307 p.

CALOZ Régis & COLLET Claude, 2001. Précis de télédétection, volume 3 : traitements numériques d'images de télédétection, PUQ, 406 p.

CHARVET Jean-Paul, SIVIGNON Michel, HUMAIN-LAMOUR Anne-Lise & POULOT Monique, 2016. Géographie humaine: questions et enjeux du monde contemporain, Armand Colin, 3e édition, Paris, 397 p.

CHOAY Françoise. 2014. L'urbanisme, utopies et réalités : une anthologie, Points / Éditions du Seuil, 448 p.

FUNG Tung & ELLSWORTH Le Drew, 1988. « For change detection using various accuracy », Photogrammetric engineering and remote sensing, No 54/10, p. 1449-1454.

La perte des terres agricoles dans des contextes similaires à ceux de Yaoundé peut être freinée en légiférant et règlementant sur la protection des terres agricoles. La mise en place de groupes spéciaux plurisectoriels de réflexion sur la protection des terres agricoles devrait être envisagée.

GIOVANNONI Gustavo, 1998. L'urbanisme face aux villes anciennes, Seuil, Paris, 354 p.

GIRARD Michel-Claude & GIRARD Colette-Marie, 1999. Traitement des données de télédétection : environnement et ressources naturelles, Dunod, 2e éd, 576 p.

GUMUCHIAN Hervé, MAROIS Claude & FEVRE Véronique, 2000. Initiation à la recherche en géographie: aménagement, développement territorial, environnement, Les Presses de l'université de Montréal, Anthropos, Montréal (Québec), Paris, 425 p.

JACOBS Jane, 1992. The Death and Life of Great American Cities. Vintage Books, New-York, 480 p.

KAUFMAN Yoram & TANRE Didier, 1992. « Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS », IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing, No 30/2, p. 261-270

KLISSOU Pierre, MARCOUX Richard et TABUTIN Dominique, 2009. Villes du Sud: dynamiques, diversités et enjeux démographiques et sociaux, Archives contemporaines, 369 p.

MBONGSI Nfor Delphine, 2022. « Urban Agriculture in Yaounde and Environs: What Benefits for City Dwellers? », European Journal of Science, Innovation and Technology, No 2/1, p. 86-104.

MERLIN Pierre, 2018. L'urbanisme : « Que sais-je ? » No 187, Presses universitaires de France, 128 p.

MERTENS Benoît & PINET Camille, 2019. Images satellites et gestion durable des territoires : applications et enjeux en Afrique centrale et de l'ouest, OSFACO, IGN FI, IRD, Cotonou, Bénin, 64 p.

ONU, 2014. Revision of World Urbanization Prospects, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 517 p.

ONU, 2018. Revision of World Urbanization Prospects, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 126 p.

TCHINDJANG Mesmin, MAKAK Rose Ngo, ISSAN Ismael, SAHA Frédéric, VOUNDI Eric, MBEVO FENDOUNG Philippes & MANFO Donatien Arnaud, 2019. « Appui au Zonage agricole dans la Région administrative du Centre Cameroun », dans MERTENS Benoit, *Images satellites et gestion durable des territoires : applications et enjeux en*

Afrique centrale et de l'ouest, Cotonou, Bénin : OSFACO / IGN FI / IRD, p.32-33.

TUCKER Compton, 1979. « Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation », Remote sensing of Environment, No 8/2, p. 127-150.

ZHAI Han, ZHANG Hongyan, ZHANG Liangpei & LI Pingxiang. 2018. « Cloud/Shadow Detection Based on Spectral Indices for Multi/Hyperspectral Optical Remote Sensing Imagery ». ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,, No 144, p. 235-253.

Revue Espaces Africains – ISSN: 2957 – 9279

AUTEURS

NADINE YEMELONG TEMGOUA

Ph. D Démographie

Chargé de Cours d'Universités (Cameroun)/ Université de Bamenda (Cameroun)

Courriels: nadtemgoua@gmail.com / nyemelong@yahoo.com

YANNICK WILFRIED MENGUE

Doctorant - MSc. Démographie

École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional / Université Laval

(Québec - Canada).

Courriels: yannick.mengue.1@ulaval.ca / menguevannickwilfried@gmail.com

AUTEUR CORRESPONDANT

NADINE YEMELONG TEMGOUA

Courriels: nadtemgoua@gmail.com / nyemelong@yahoo.com







© Édition électronique

URL - Revue Espaces Africains : https://espacesafricains.org/

Courriel - Revue Espaces Africains: revue@espacesafricains.org

ISSN: 2957-9279

Courriel - Groupe de recherche PoSTer: poster ujlog@espaces.africians.org

URL - Groupe PoSTer : https://espacesafricains.org/poster/

© Éditeur

- Groupe de recherche Populations, Sociétés et Territoires (PoSTer) de l'UJLoG
- Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) Daloa (Côte d'Ivoire)

© Référence électronique

NADINE YEMELONG TEMGOUA, YANNICK WILFRIED MENGUE, « *Quantifier la dynamique des sols à usage agricole dans la ville de Yaoundé, la capitale du Cameroun »*, Revue Espaces Africains (En ligne), 1 | 2022, ISSN : 2957-9279, p.124-149, mis en ligne le 05 septembre 2022.