

Dynamique du couvert boisé en milieu fortement anthropisé : le cas de galim dans la région de l'ouest Cameroun

Emmanuel TIOMO DONGFACK,
tiomoemmanuel2008@yahoo.fr

MOYE Eric KONGNSO
moyeeric@yahoo.com

Leonel DOUANLA LONTIO

Université de Dschang, Cameroun

Résumé

La pression humaine sur un espace entraîne d'importants impacts sur l'environnement, qui doivent être mesurés spatialement. L'objectif de ce travail est de déterminer la dynamique d'occupation du sol et la transformation du couvert végétal à Galim, zone fortement anthropisée avec pour principale activité l'agriculture. Des images landsat de trois périodes (2002, 2013 et 2024) ont été utilisées. La méthode de classification supervisée par maximum de vraisemblance a été utilisée pour déterminer l'état et les changements des unités d'occupation. Les résultats montrent une forte dynamique des unités d'occupation du sol caractérisée par une conversion de l'espace de végétation boisée en bâtis et savanes. Entre 2002 et 2024, une augmentation du bâti est observée, passant respectivement de 314,92 ha à 2581,70 ha. Cette augmentation des superficies du bâti est de 2266,78 ha en vingt-deux ans soit 103,03 ha de couverture végétale transformée annuellement. Cependant, on observe une diminution du couvert boisé qui passe de 3814,68 ha en 2002 à 1796,54 ha en 2024 soit une perte de 2018,14 ha entre 2002 et 2024 ; d'où une régression d'environ 91,73 ha annuellement au cours de cette période. Le taux de déboisement observé est de -52,90 % et indique donc une importante baisse de la couverture végétale dans la zone d'étude.

Mots clés : Galim, dynamique, couvert boisé, milieu anthropisé

Dynamics of woodland cover in a highly anthropogenic environment: the case of galim in western Cameroon

Abstract

Human pressure on space leads to significant impacts on the environment, which must be measured spatially. The objective of this work is to determine land use dynamics and the transformation of land cover in Galim, a highly anthropogenic area with agriculture as its main activity. Landsat images from three periods (2002, 2013 et 2024) were used. The maximum likelihood classification method was used to determine the extension and changes of land use classes. The results show strong dynamics in land use classes characterized by a conversion of dense vegetation spaces into built spaces and savannas. Between 2002 and 2024, an increase in built areas is observed, moving from 314.92 ha to 2 581.70 ha. The increase in built areas is 1 796.54 ha in twenty-two years, equivalent to 103.03 ha of land cover transformed annually. However, there is a decrease in land cover from 3 814.68 ha in 2002 to 1 796.54 ha in 2024, meaning a loss of 2 018.14 ha between 2002 and 2024. This shows a decline of about 91.73 ha annually during this period. The observed deforestation rate is -52.90% and therefore indicates a significant drop in vegetation cover in the study area.

Key words: Galim, dynamic, wooded cover, anthropogenic landscape

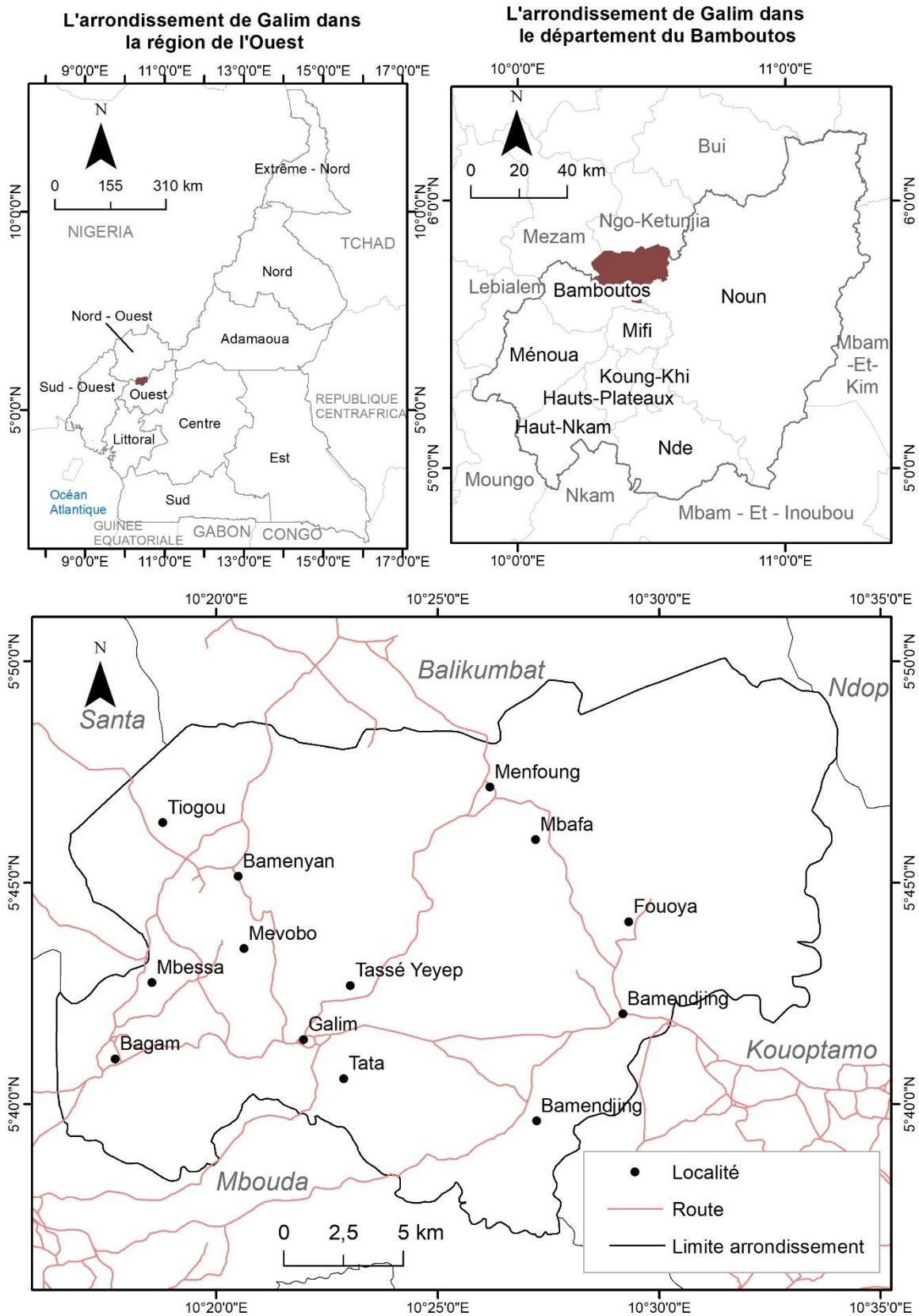
Introduction

La dégradation de l'environnement suscite une inquiétude mondiale, en raison de la menace qu'elle fait peser à la fois sur le fonctionnement des écosystèmes et sur le bien-être des communautés humaines (J.D.D. Mangambu *et al.*, 2021, p.345). Les causes en sont d'ordres naturel et anthropique (J. Obodai *et al.*, 2019, p.249) ; S. Traore *et al.*, 2014, p.29 ; S. Traore *et al.*, 2015, p.1012). Les causes anthropiques sont dues à des pressions diverses liées à la forte croissance démographique, aux progrès technologiques, à l'industrialisation, à l'exploitation minière et à l'expansion agricole (J. A. Lara-Pulido *et al.*, 2018, p.132 ; I. R. Orimoloye et Ololade, 2020, p.4473). Les changements qui en découlent sont autant d'atteintes sérieuses aux écosystèmes et à l'environnement (S. Traore *et al.*, 2022, p.152). Dans les pays africains, la tendance à la dégradation des ressources forestières du fait des activités humaines est inquiétante (F. Anthelme *et al.*, 2006, p.11 ; C. Amani et Touré, 2005, p.5. ; Milogo *et al.*, 2017). Au Cameroun, elle n'est pas moins inquiétante dans la mesure où le couvert végétal dans toutes les régions est en constante régression en raison des facteurs anthropiques : activités agropastorales, exploitation du bois, implantations d'établissements humains. Galim dans l'ouest Cameroun, caractérisé par de densités fortes, ne fait pas exception à cette réalité. Cette zone, autrefois peu peuplée, regorgeait d'une biodiversité très importante. Cette région fait de nos jours l'objet d'une menace exacerbée de ses ressources à cause de la forte pression humaine sur ses terres, ce qui met en péril le couvert végétal naturel. Ainsi, on note les pratiques de construction et agricoles qui s'intensifient de plus en plus à travers la colonisation de nouvelles terres pour la mise en place des bâtis et des cultures. Face à cette situation, il devient important de mener des études dont les résultats pourront permettre d'envisager une meilleure gestion des ressources de cette zone. La télédétection s'est révélée être un outil utile et fréquemment utilisé dans le suivi et la cartographie d'utilisation des terres (R. Snobe *et al.*, 2017, p.928 ; A. Veloso *et al.*, 2017, p.421 ; K. Tricht *et al.*, 2018 cités par A. Siham *et al.*, 2020, p.15). En effet, l'observation spatiale de la terre a cet avantage qu'elle permet d'estimer les dynamiques de certains composants de l'environnement tels que les forêts, les parcelles de culture, etc. (E. W. Tegno *et al.*, 2020, p.32). Cette étude a donc pour objectif de déterminer la dynamique d'occupation du sol et la transformation du couvert végétal à Galim, zone fortement anthropisée. Elle se fonde sur l'hypothèse que l'agriculture telle que pratiquée dans la zone intervient fortement dans sa transformation spatio-temporelle. Plus spécifiquement, il s'agit d'identifier les types d'occupation du sol et d'évaluer le déboisement apparu dans la période d'étude.

1. Données et méthodes

1.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone retenue pour cette étude est Galim située entre les latitudes 5° 36'30 et 5° 53'0 Nord et les longitudes 10° 18'0 et 10° 34'30 Est (figure 1). Administrativement, l'arrondissement de Galim se trouve dans la région de l'Ouest Cameroun et plus précisément dans le département du Bamboutos. Il couvre une superficie de 513 km² avec une population estimée à 62 169 habitants en 2018, soit une densité moyenne d'environ 121 habitants par km² (DKI, 2022, p. 22).



Source : données SIG Atlas forestier interactif du Cameroun, 2019

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.

Le climat de Galim est du type camerounien d'altitude caractérisé par une longue saison pluvieuse qui va de mi-mars à mi-novembre et une courte saison sèche allant de mi-novembre à mi-mars. La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 1500 et 1800 mm. En ce qui concerne le relief, il est accidenté en raison de la situation de l'arrondissement dans les monts Bamboutos. Sur ce relief fort accidenté, on peut distinguer d'une manière générale les zones de collines qui sont des lieux par excellence de l'élevage et du gros bétail, les vallées et les basses terres utilisées pour les cultures saisonnières et très convoitées par les éleveurs en saison sèche pour la transhumance et les plateaux utilisés comme zones de polycultures et d'habitations (PCD Galim, 2011, p.20).

Les sols de Galim sont noirs, car constitués essentiellement de cendres issues du volcanisme engendré par les monts Bapit. Ils sont prédominants dans les groupements Bati et Bamendjin. Les sols volcaniques et ferrallitiques sont propices à la pratique de l'agriculture. Pour ce qui est de la végétation, elle est essentiellement celle de la savane arbustive et arborée, avec de nombreux arbres fruitiers (goyaviers, orangers, manguiers, avocatiers, safoutiers, canarium...), des bananiers dans les zones d'habitation. Des eucalyptus pour le bois d'œuvre sont soit parsemés dans les villages, soit plantés dans des parcelles de reboisement. Des parcelles de raphia entourent les cours d'eau, longent les ruisseaux et parfois sont associées aux autres cultures telles que le poivron, la tomate et les choux au sein même des plantations (PCD Galim, 2011, p.22).

1.2. DONNÉES ET MÉTHODE

1.2.1. Données satellitaires

Les images satellitaires utilisées sont des images Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) du 07 novembre 2002 et Landsat 8 OLI (Operational Land Image) du 15 décembre 2013 et du 28 février 2024 (tableau I). Suivant la grille Landsat, elles appartiennent à la scène Path 186 et Row 056. Elles ont été téléchargées sur la plateforme en ligne Earth Explorer (earthexplorer.usgs.gov). Ces images ont été choisies suivant les saisons et la couverture nuageuse (J. Andrieu et Mering, 2008, p.96). Elles ont toutes été acquises en saison sèche afin de limiter le pourcentage de nuage et d'être pour le mieux possible dans la même saison végétale (S Reis, 2008 p.6191).

Tableau I : Caractéristiques des images satellites utilisées

Mission	Scène	Date de l'image	Résolution spatiale	Source d'acquisition
Landsat 7 ETM+	P186 R056	07 novembre 2002	30 m	Earth Explorer
Landsat 8 OLI	P186 R056	15 décembre 2013	30 m	Earth Explorer
Landsat 8 OLI	P186 R056	28 février 2024	30 m	Earth Explorer

Source : construit par les auteurs

1.2.2. Données et matériels de terrain

Des points de contrôle ont été pris sur le terrain afin de valider la classification. Un récepteur GPS de marque Garmin 76 a servi pour la géolocalisation et le levé des points des parcelles. Un appareil photo a été utilisé pour la capture du paysage.

1.2.3. Traitement des données



Les images téléchargées ont été soumises à un empilement des bandes ou « layer stacking » (S. Reis, 2008 b, p.6192). Il s'agit d'une technique qui permet de combiner plusieurs images capturées dans différentes longueurs d'onde ou bandes spectrales en une seule image composite afin d'améliorer la qualité, la précision et l'interprétation des images. À la suite du « layer stacking », le shapefile de l'arrondissement de Galim a été superposé sur les images

afin d'extraire la zone d'étude. Cette étape a conduit à la réalisation d'une composition colorée de fausse couleur avec les bandes : 5-4-3 pour l'image de 2002 et 6-5-4 pour celles de 2013 et 2024. Ces compositions permettent de mieux discriminer les unités spatiales sur les images.

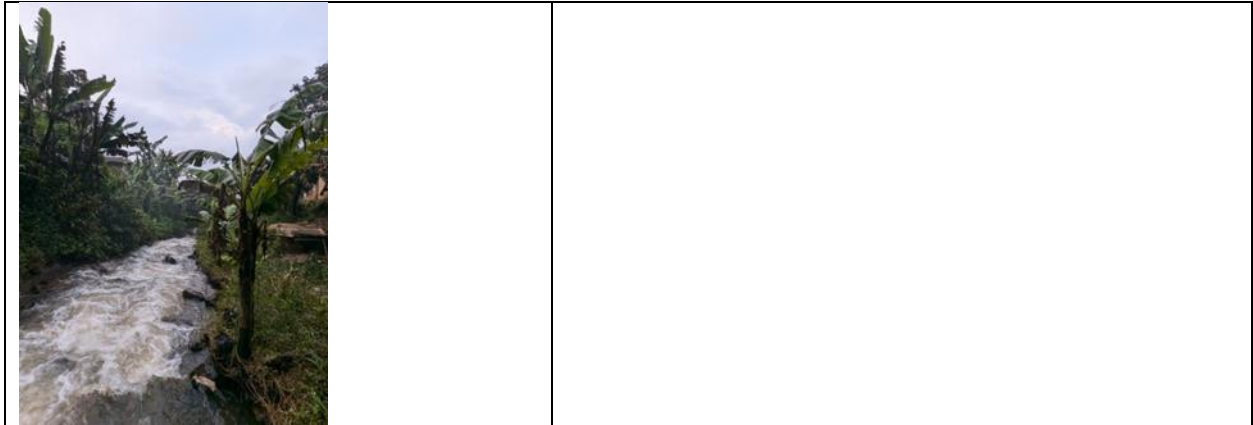
Les différentes classes d'occupation du sol retenues dans cette étude sont la végétation boisée, la savane, les terres cultivées, le bâti, les sols nus, les surfaces brûlées et les étendues d'eau (tableau II). La définition de ces classes s'est effectuée à partir d'images issues de compositions colorées et des sites échantillonnés pendant l'observation de terrain.

Pour extraire les types d'occupation du sol sur les images, la classification supervisée avec l'algorithme du maximum de vraisemblance a été appliquée. Cet algorithme utilise une fonction de probabilité multidimensionnelle permettant de déterminer la probabilité de chaque pixel à appartenir à l'une des catégories correspondant aux signatures spectrales (I.T Mouhamadou, 2013.p.5051). L'avantage de cet algorithme est qu'il fournit pour chaque pixel un indice de certitude lié au choix des pixels de chaque classe.

Tableau II : Description des différents types d'occupation du sol retenus

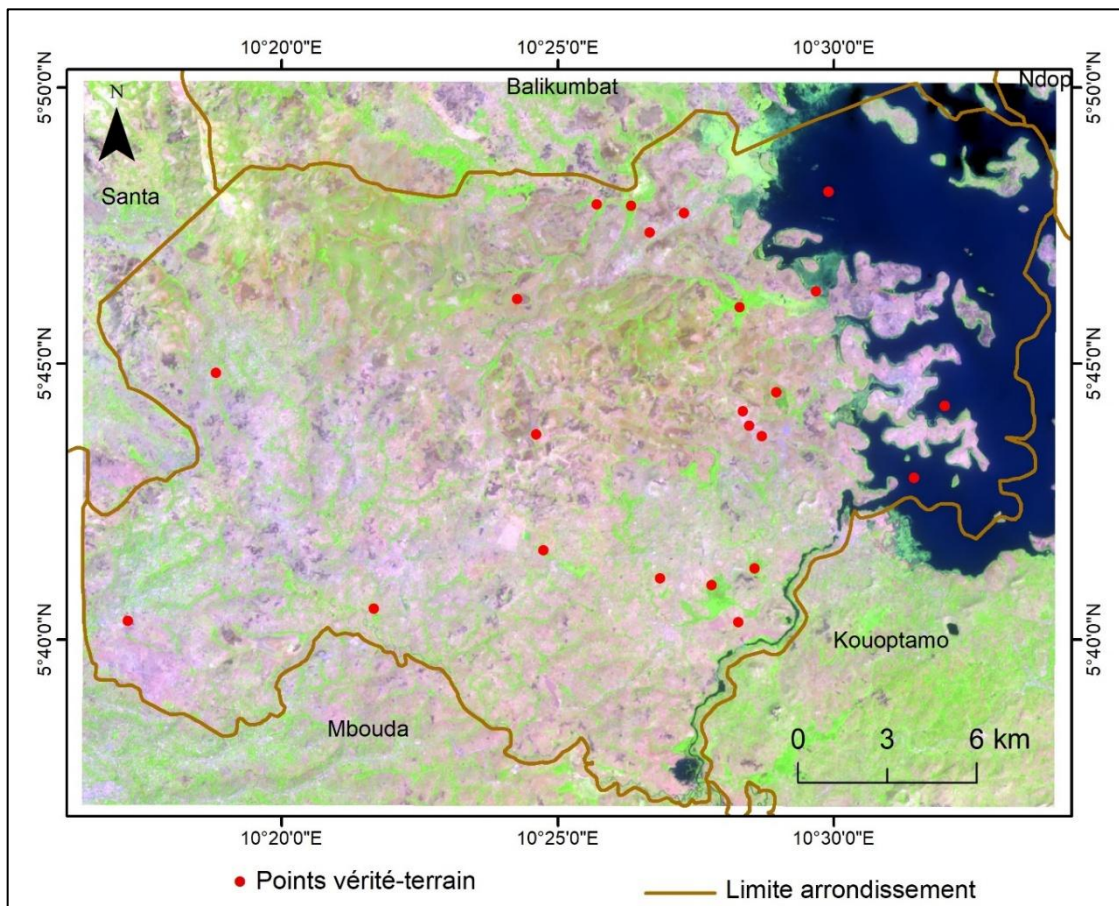
<p>Photo 1 : Végétation boisée</p> 	<p>La végétation boisée est constituée d'îlots forestiers naturels, de forêts plantées, de la végétation boisée hydromorphe ou « forêts hydromorphes »</p>
<p>Photo 2 : Vue d'une savane herbeuse</p> 	<p>Classe constituée des savanes herbeuses ou arbustives</p>
<p>Photo 3 : Savane arbustive</p> 	
<p>Photo 4 : quelques échantillons de terres cultivées</p>	<p>Unités spatiales caractérisées par les parcelles cultivées avec absence de végétation herbacée ou arbustive et les cultures annuelles ou maraichères représentées par des plantes herbacées telles que la tomate, les choux, le haricot...</p>

	
<p>Photo 5 : Une vue du bâti en arrière-plan</p> 	<p>Classe représentée par les localités (habitats groupés ou dispersés)</p>
<p>Photo 6 : une portion de sol nu (sol défriché)</p> 	<p>Classe constituée par les affleurements rocheux, les sols défrichés et les pistes et routes</p>
<p>Photo 7 : Surface brûlée</p> 	<p>Classe caractérisée par les sols défrichés par le feu</p>
<p>Photo 8 : Étendue d'eau</p>	<p>Classe caractérisée par les cours d'eau et le barrage de Bamendjing</p>



Source : tableau construit par les auteurs, photos Lontio (2023)

La validation des classifications a été faite en confrontant les points vérité (figure 2) aux classes identifiées. Cette confrontation a permis de générer la matrice de confusion qui met en évidence la précision globale et le coefficient de Kappa. Le traitement des images satellitaires s'est fait à l'aide du logiciel Envi 5.1 (figure 3).



Source : image satellite Landsat 8 OLI du 28 février 2024 (composition colorée 6, 5, 4)

Figure 2 : Points vérité-terrain dans la zone d'étude

Les données issues du traitement des images ont permis de créer une base de données dont l'exploitation a consisté à faire des opérations de requêtes sur une ou plusieurs données. Ainsi, le taux d'évolution des superficies des différentes classes d'occupation du sol à différentes périodes a été calculé à partir de la formule $T(\%) = \frac{S2-S1}{S1} \times 100$ avec S2 = superficie année 2 et S1= superficie année 1.

La figure 3 résume les étapes de la méthodologie générale utilisée dans ce travail.

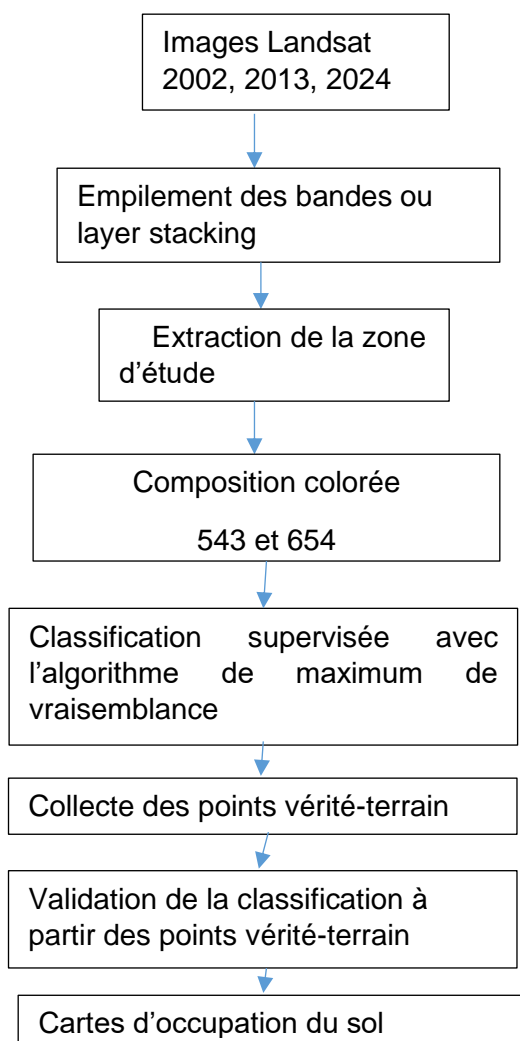


Figure 3 : Arborescence de la méthodologie utilisée

2. Résultats

2.1. ÉVALUATION DE LA CLASSIFICATION PAR L'ALGORITHME MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE

La classification supervisée par l'algorithme maximum de vraisemblance des trois images a permis de cartographier l'occupation du sol de la zone d'étude en 2002, 2013 et 2024. Les différentes classifications ont été évaluées par les matrices de confusion (tableaux III, IV et V) à travers la précision globale de la classification et le coefficient de Kappa.

La classification de l'image de 2002 donne une précision globale de 97,806 1 % et une valeur de Kappa égale à 0,964 0. La matrice de confusion (tableau III) issue de cette classification permet d'observer quelques confusions dont les plus importantes sont 6,47 % de la classe "sols nus" et 3,01 % de la classe "surfaces brûlées", toutes confondues aux terres cultivées. Cette confusion résulte de l'absence de végétation herbacée dans les différentes classes due au défrichement par le feu ou par le labour.

Tableau III : Matrice de confusion de la classification de l'image 2002

Classes	Végétation boisée	Savane	Terres cultivées	Surfaces brûlées	Sols nus	Bâtis	Étendue d'eau	Total
Végétation boisée	99,1	2,31	0	0	0	0	0,11	9,78
Savane	0,92	97,48				0	0,05	7,26
Terres cultivées	0,08	0	91,50	3,01	6,47	0	0	14,47
Surfaces brûlées	0	0	2,32	96,99	0	0	0	1,54
Sols nus	0	0,20	6,18	0	93,43	0	0	7,87
Bâtis	0	0	0	0	0	100	0	0,10
Étendue d'eau	0	0	0	0	0	0	99,84	58,99
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Source : construit par les auteurs

La classification de l'image de 2013 a été réalisée avec une précision égale à 98,263 7 % et une valeur de Kappa égale à 0,974 5. La matrice de confusion (tableau IV) issue de cette classification montre une variation des confusions entre 0 et 6,62 %. La plus importante confusion est 6,62 % de la classe "sols nus" confondue à la classe "terres cultivées". La végétation boisée est à 2,29 % confuse à la savane ; ceci s'explique par la présence fortement marquée des savanes arbustives dans la zone d'étude.

Tableau IV : Matrice de confusion de la classification de l'image 2013

Classes	Végétation boisée	Savane	Terres cultivées	Surfaces brûlées	Sols nus	Bâtis	Étendue d'eau	Total
Végétation boisée	97,71	0	0	0	0	0	0	10,58
Savane	2,29	99,43	1,36	0,23	0,30	0	0,37	12,37
Terres cultivées	0	0,24	97,79	0,70	6,62	0	0	11,66
Surfaces brûlées	0	0	0,60	99,06	0	0	0	4,10
Sols nus	0	0,08	0,17	0	92,78	0	0	8,85
Bâtis	0	0,16	0,09	0	0,30	100	0,49	0,60
Étendue d'eau	0	0,08	0	0	0	0	99,14	51,83
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Source : construit par les auteurs

La classification de l'image de 2024 a été réalisée avec une précision globale égale à 99,098 5 % ; et un coefficient de Kappa égal à 0,988 2. La matrice de confusion (tableau V) issue de cette classification montre quelques confusions qui varient autour de 0 à 1,45 %. La plus importante confusion est de 1,45 % de la classe "végétation boisée" confondue à la classe "savane".

Tableau V : Matrice de confusion de la classification supervisée par le maximum de vraisemblance de 2022

Classes	Végétation boisée	Savane	Terres cultivées	Surfaces brûlées	Sols nus	Bâtis	Étendue d'eau	Total
Végétation boisée	98,55	0,58	0	0	0	0	0,08	15,49
Savane	1,45	99,42	0,06	0	0,09	0	0	9,32
Terres cultivées	0	0	98,15	0	0	0	0	29,70
Surfaces brûlées	0	0	0,23	100	0	0	0	2,31
Sols nus	0	0	0,90	0	99,63	0	0	9,74
Bâtis	0	0	0,67	0	0,28	100	0	0,98
Étendue d'eau	0	0	0	0	0	0	99,92	32,45
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Source : construit par les auteurs

2.2. ÉTATS DE L'OCCUPATION DU SOL ET ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES UNITÉS D'OCCUPATIONS DU SOL

2.2.1. État de l'occupation du sol dans la zone entre 2002 et 2024

- État de l'occupation du sol en 2002

En 2002, d'après la répartition de l'occupation du sol à Galim, le paysage était occupé en grande partie par les terres cultivées (39,98 %) estimées à une superficie de 20 654,800 8 ha (figure 4) et partiellement par la savane (23,49 %), soit 12 137,599 6 ha. La végétation boisée (7,38 %) et les sols nus (10,13 %) couvraient respectivement une superficie de 3814,689 94 ha et 5235,209 96 ha. Les zones habitées représentaient environ 1 % de la superficie totale.

- État de l'occupation du sol en 2013

En 2013, le paysage est marqué par une réduction des terres cultivées et une dominance de la savane s'étendant sur une superficie de 23 506,699 2 ha, soit 45,50 % de la superficie totale. Le bâti a augmenté et occupait déjà une superficie de 2283,929 93 ha, soit 4,42 % de la superficie totale de l'arrondissement (figure 5). Les terres cultivées, par contre, ont occupé une superficie de 14 421,400 4 ha, soit 27,92 % de la surface totale. Les surfaces brûlées (1,07 %), les sols nus (1,65 %), la végétation boisée (4,47 %) et l'étendue d'eau (14,94 %) ont subi une baisse de superficie de 553,364 99 ha, 854,221 985 ha, 2313,639 89 ha et 7718,810 06 ha respectivement. La figure 5 montre l'état de l'occupation du sol de Galim en 2013.

- État de l'occupation du sol en 2024

L'analyse comparative de l'occupation du sol en 2024 (figure 6) de l'arrondissement de Galim et celles de 2002 et de 2013 révèle une importante variation du couvert végétal. Il ressort de cette figure 6 que le paysage est de moins en moins boisé. L'on observe une augmentation considérable des terres cultivées (39,82 %) et de la savane (25,33 %) soit une superficie respective de 20 571 ha et 13 087,200 2 ha de la superficie totale de l'arrondissement. Le bâti (4,99 %), les surfaces brûlées (2,22 %) et l'étendue d'eau (14,98 %) ont connu une légère

augmentation de superficie soit respectivement de 2581,709 96 ha, 1149,900 02 ha et 7737,490 23 ha. Les sols nus ont connu une augmentation considérable (9,15 %), soit une surface de 4728,279 79 ha de la superficie totale. Par contre, la superficie de la végétation boisée est passée de 3814,689 94 ha à 1796,540 04 ha soit une baisse de -52,90 % de la Superficie totale.

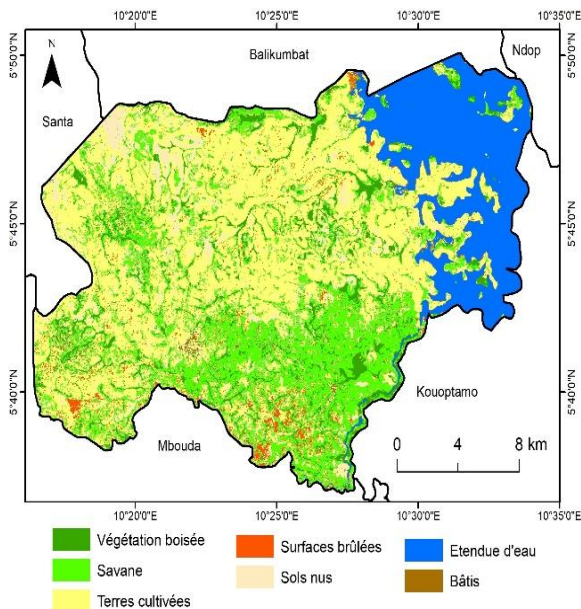


Figure 4 :
Occupation du sol
en 2002

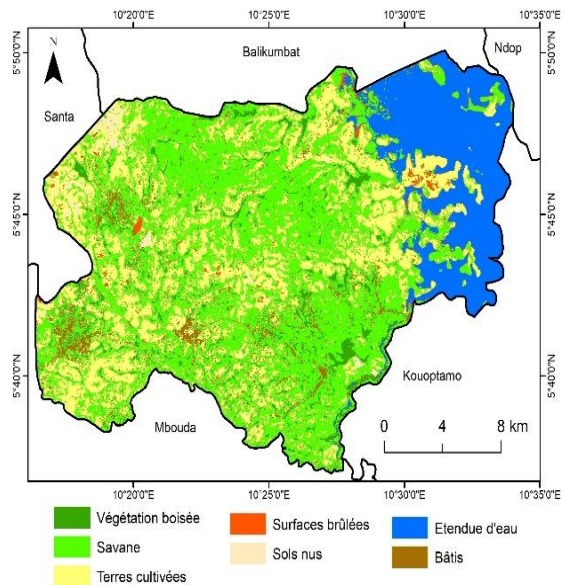


Figure 5 : Occupation
du sol en 2013

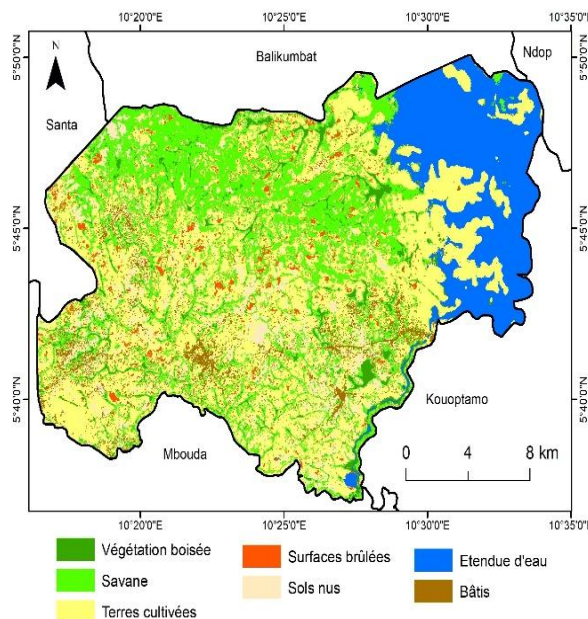


Figure 6 : Occupation du sol en 2024

2.2.2. Évolution des unités d'occupation du sol entre 2002 et 2024

Plusieurs tendances d'évolution de l'occupation du sol sont observées dans la zone d'étude suivant les périodes d'étude (tableau V).

- Dynamique entre 2002 et 2013

On note au cours de cette période une augmentation de la superficie du bâti et de la savane entre 2002 et 2013. Le bâti passe respectivement de 314,927 002 ha à 2283,929 93 ha

entre 2002 et 2013. Soit une augmentation de 1969,002 93 ha et un taux d'évolution annuelle de 0,346 % au cours de cette période. La savane quant à elle a connu un taux d'évolution annuel de 2 % passant de 12 137,599 6 ha en 2002 à 23 506,699 2 ha en 2013. Cependant, les surfaces brûlées, les terres cultivées, l'étendue d'eau, les sols nus et la végétation boisée ont connu une diminution de superficie au cours de la même période. Soit respectivement une perte de 524,47 ha, 6233,40 ha, 698,27 ha, 4380,98 ha, 1501,05 ha entre 2002 et 2013.

- Dynamique entre 2013 et 2024

Au cours de cette période, on relève une importante augmentation de la superficie des classes "bâti, surfaces brûlées, terres cultivées, étendue d'eau et sols nus". Le bâti est passé de 2283,929 93 ha en 2013 à 2581,709 96 ha en 2024 ; soit une évolution de 0,57 % correspondant à une augmentation de 297,78 ha entre 2013 et 2024. Cette augmentation de la superficie du bâti pourrait se justifier ou être en lien avec l'évolution de la population de plus en plus croissante. Les surfaces brûlées sont passées de 553,364 99 ha en 2013 à 1149,900 02 ha en 2024, soit une augmentation de superficie de 596, 53 503 ha entre 2013 et 2024. Les terres cultivées sont passées de 14 421,400 4 ha en 2013 à 20 571 ha en 2024, soit une augmentation de 559,054 509 ha pour cette période. La classe "sol nu" a enregistré une augmentation de superficie de 854,221 985 ha en 2013 à 4728,279 79 ha en 2024, soit une moyenne estimée à 352,18 ha par an. Dans la même période, les classes "savanes" et "végétation boisée" ont connu plutôt une baisse de leurs superficies. La savane est donc passée de 23 506,699 2 ha en 2013 à 13 087,200 2 ha en 2024, soit une baisse de 10 419,499 ha entre 2013 et 2024. Il en est de même du couvert boisé qui a connu une perte de 517,099 85 ha passant ainsi de 2313,639 89 ha à 1796,540 04 ha entre 2013 et 2024. Cette perte pourrait se justifier par la pression humaine sur ces deux écosystèmes à travers la construction des habitats et la mise en culture.

- Dynamique entre 2002 et 2024

La dynamique des unités d'occupation du sol se caractérise par une conversion de l'espace de végétation boisée en bâti, sols nus et/ou en surface agricole. En effet, il ressort de l'analyse de la figure 7 que le bâti a connu une augmentation de la superficie entre 2002 et 2024, passant respectivement de 314,927 002 ha à 2581,709 96 ha. Ainsi, avec un taux de croissance ou d'évolution de 719,780 44 %, l'on peut relever l'empiètement significatif des activités humaines sur le couvert végétal de Galim. Les terres cultivées quant à elles subissent plutôt une diminution de leurs superficies qui sont passées de 20 654,800 8 ha à 20 571 ha entre 2002 et 2024 soit un taux d'évolution de -0,405 720 6 % au cours de cette période. Ceci semble être le résultat de la pression démographique impulsée par une augmentation de la population. Pour des besoins de logement et/ou d'extension, les habitants convertissent la plupart des parcelles agricoles en concessions. On note une augmentation de superficie des surfaces brûlées et de la savane entre 2002 et 2024, passant respectivement de 1077,839 97 ha et 12 137,599 6 ha à 1149,900 02 ha et 13 087,200 2 ha. Soit un taux d'évolution annuelle de 6,685 599 06 % et 7,823 627 54 % respectivement.

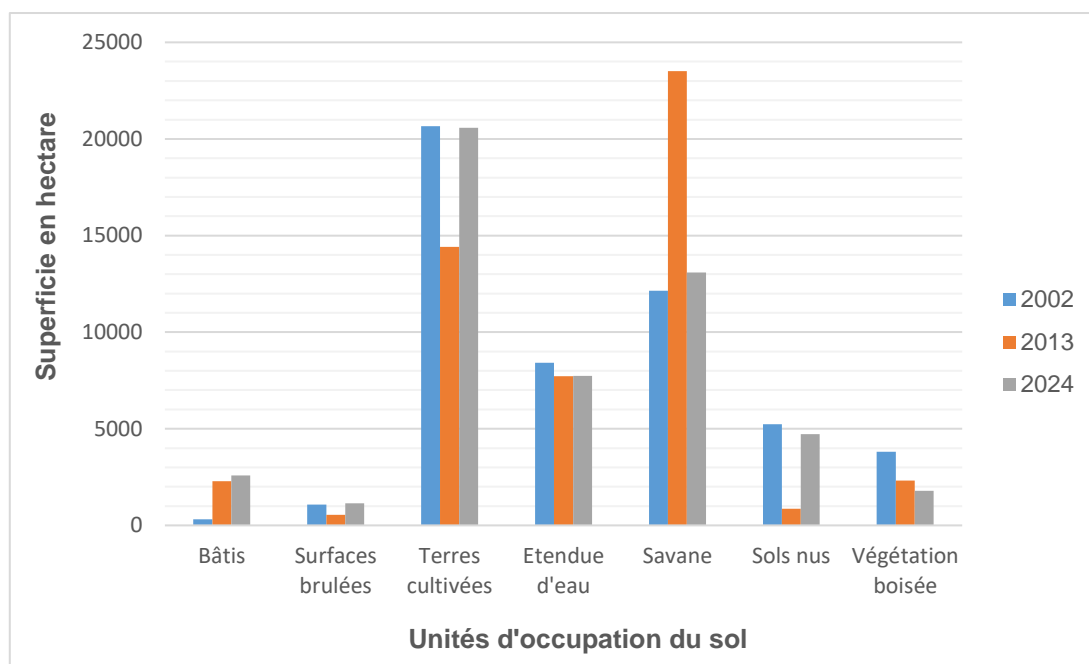


Figure 7 : Évolution des superficies des classes d'occupation du sol entre 2002 et 2024

Dans la même période, la végétation boisée est passée de 3814,689 94 ha en 2002 à 1796,540 04 ha en 2024. Les sols nus ont connu également une régression de leurs superficies de 5235,209 96 ha en 2002 à 4728,279 79 ha en 2024 (tableau VI). On note une légère diminution de la superficie occupée par les eaux au cours de cette période. Cette diminution observée peut se justifier par la proximité de la zone d'étude au fleuve Noun qui alimente de façon permanente les différents cours d'eau de la zone. Les étendues d'eau sont aussi fortement utilisées pour l'irrigation des cultures maraichères.

Tableau VI : superficie des unités d'occupation du sol entre 2002 et 2024

Unités d'occupation du sol	2002		2013		2024	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Bâties	314,927 02	0,609 707 36	2283,929 93	4,421 759 07	2581,709 96	4,998 265 22
Surfaces brûlées	1077,839 97	2,086 727 89	553,364 9 9	1,071 331 76	1149,900 02	2,226 239 73
Terres cultivées	20 654,80 08	39,988 26 37	14 421,40 04	27,920 27 77	20 571	39,826 05 15
Étendue d'eau	8417,089 84	16,295 71 8	7718,810 06	14,943 85 53	7737,490 23	14,980 00 51
Savane	12 137,59 96	23,498 72 74	23 506,69 92	45,509 69 75	13 087,20 02	25,337 19 84
Sols nus	5235,209 96	10,135 51 08	854,221 9 85	1,653 800 21	4728,279 79	9,154 086 54
Végétation boisée	3814,689 94	7,385 344 88	2313,639 89	4,479 278 47	1796,540 04	3,478 153 52
Total	51 652,15 71	100	51 652,06 65	100	51 652,12 02	100

Source : images Landsat 2002, 2013 et 2024

De façon générale, on peut noter que seules les classes "bâties", "surfaces brûlées" et "savane" présentent un taux d'évolution positif entre 2002 et 2024. Soit respectivement de 719,78 %, 6,68 % et 7,82 %. Les terres cultivées, l'étendue d'eau, les sols nus et la végétation

boisée ont connu au cours de la même période un taux de régression respectif de -0,40 %, -8,07 %, -9,68 % et -52,90 % (tableau VII). Cette diminution semble due beaucoup plus à l'extension de l'habitat et aux pratiques d'irrigation. En effet, on observe dans la zone un boom démographique qui entraîne une forte pression foncière dans l'optique de s'établir sous un toit. Ainsi, cette quête de l'espace pour la construction touche également les zones de culture qui ont connu un taux d'évolution négatif de leurs superficies. Cependant, on note une évolution dans la création de nouveaux champs au détriment des sols nus et du couvert boisé entre 2002 et 2024. Soit un taux d'évolution de -9,68 % au cours de cette période.

Tableau VII : Taux d'évolution des unités d'occupation du sol à Galim (2002-2024)

Unités d'occupation du sol	Taux d'évolution (%)		
	2002-2013	2013-2024	2002-2024
Bâtis	625,225 185	13,038 054 5	719,780 44
Surfaces brûlées	48,659 818 9	107,801 369	6,685 599 06
Terres cultivées	30,178 942 2	42,642 180 7	-0,405 720 6
Étendue d'eau	8,295 976 38	0,242 008 49	-8,074 044 85
Savane	93,668 435 1	-44,325 657 7	7,823 627 54
Sols nus	-83,683 138	453,518 859	-9,683 091 6
Végétation boisée	-39,349 202	-22,350 057 8	-52,904 690 4

Source : images 2002, 2013 et 2024

3. Discussion

La précision globale obtenue de la classification supervisée par l'algorithme de maximum de vraisemblance est de 97,806 1 % pour l'image de 2002, 98,263 7 % pour l'image de 2013 et 99,098 5 % pour l'image 2024. Le coefficient de Kappa obtenu est de 0,964 0 pour 2002, 0,974 5 pour 2013 et 0,988 2 pour 2024. Par ailleurs, les résultats d'une analyse d'image dont la valeur de Kappa est supérieure à 0,61 sont bons. Ainsi, les résultats de la validation de l'interprétation des images dans cette étude concordent avec la limite définie par J.R. Landis *et al.*, (1977, p.163) qui estiment que la qualité des classifications obtenues est bonne lorsque l'indice de Kappa est compris entre 0,61 - 0,80 et excellente lorsqu'il est supérieur à 0,81. Les résultats de la validation effectuée pour chaque image dépassent largement cette limite.

La classification supervisée par l'algorithme de maximum de vraisemblance peut présenter certaines erreurs liées à la signature spectrale de certains objets. Il est difficile de délimiter et dissocier certaines classes d'objets avec exactitude lors de la création des parcelles d'entraînement. Cela demande une très bonne enquête de terrain, doublée d'une difficulté à également séparer certaines unités d'occupation du sol lorsque sont utilisées les images multispectrales à haute résolution spatiale comme Landsat (H. Hassan *et al.*, 2019, p.8). Ceci concorde avec nos résultats, car, l'utilisation de cette méthode n'a pas permis de dissocier avec exactitude les terres cultivées des sols nus, les surfaces brûlées des sols nus ainsi que la végétation boisée de la savane.

Au niveau de la dynamique de l'occupation du sol de 2002 à 2024, l'évolution progressive des classes bâties, surfaces brûlées et savane respectivement de l'ordre de 719,78 %, 6,68 % et 7,82 % de la superficie de la zone étudiée et l'évolution régressive des classes terres cultivées, étendue d'eau, sols nus et végétation boisée respectivement de l'ordre de -0,40 %, -8,07 %, -9,68 % et -52,90 % de la superficie de la zone étudiée est un caractère de la dynamique actuelle du couvert boisé dans l'ensemble des hautes terres de l'Ouest-Cameroun fortement anthropisée. Le même constat a été fait dans le département de la Menoua (Ouest Cameroun) par E. Tiomo *et al.*, (2024, p.139). En effet, la croissance de la

population et l'expansion des zones habitées sont des facteurs qui expliquent cette détérioration du couvert boisé dans la zone d'étude. Les résultats obtenus concordent aussi avec ceux d'A.C Njeugeut *et al.*, (2021, p.44) qui ont fait le même constat sur le bassin versant de la Volta en Côte d'Ivoire. Ils ajoutent aux facteurs d'expansion des zones habitées et de croissance démographique d'autres facteurs tels que la demande croissante en eau de consommation et d'approvisionnement et l'utilisation incontrôlée des réserves. Galim connaît une importante dégradation de son couvert végétal. La dynamique de l'occupation du sol qui s'est opérée pendant ces vingt-deux ans se caractérise par une augmentation des superficies de sols nus, de l'habitat et une dégradation importante du couvert végétal boisé. Les surfaces de cette végétation se sont transformées principalement en bâtis et sols nus. La même observation a également été faite dans l'arrondissement de Mélong (E. Tiomo, 2023, p.48). Le constat fait au cours de cette étude est que le couvert végétal a connu un taux élevé de dégradation entre 2002 et 2024. La même observation sur l'évolution du bâti et de la couverture végétale a été faite dans la ville de Dschang et ses environs (E. Tiomo *et al.*, 2023, p.233) avec des taux d'évolution moins importants que ceux obtenus dans cette étude. Cependant, l'on relève une baisse drastique des surfaces couvertes par la végétation boisée de -52,90 % au cours de la même période. L'étude permet donc de montrer que les superficies boisées se sont principalement converties au cours de cette période en bâtis et en zones de cultures. La même observation a été faite par D. Assoule *et al.*, 2020, p.50 dans la ville subsaharienne de Biskra en Algérie.

Conclusion

L'objectif de ce travail était de déterminer la dynamique d'occupation du sol et la transformation du couvert végétal à Galim. À travers l'analyse diachronique des images satellites, il apparaît que le couvert végétal de la zone d'étude a connu un taux élevé de dégradation entre 2002 et 2024. La quantification des superficies des différentes unités d'occupation du sol révèle que la superficie occupée par le bâti est passée de 0,609 707 36 % en 2002 à 4,998 265 22 % en 2024, soit une augmentation de 4,388 5 % au cours de cette période. Le taux de déboisement observé est évalué à -52,90 % et indique donc une importante baisse de la couverture végétale dans la zone d'étude. Au cours de la période d'étude, une part importante du couvert végétal a été transformée en bâtis et cultures. Cette dynamique est le résultat de la pression humaine dans la zone. Cette pression correspond principalement aux activités de construction d'habitats et à l'agriculture.

Bibliographie

AMANI YAO CELESTIN, TOURÉ AWA OUMAR, 2015, « Implantations humaines et dégradation des forêts classées du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire : cas des Rapides », *In Grah. Taloha*, n° 21.

ANDRIEU JULIEN, MERING CATHÉRINE, 2008, « Cartographie par télédétection des changements de la couverture végétale sur la bande littorale ouest-africaine : *exemple des rivières du Sud du Delta du Saloum au Rio* », *in Geba* : 27.

ANTHELME FABIEN, MATO MAMAN WAZIRI, DE BOISSIEU DIMITRI, GIAZZI FRANCK, 2006, « Dégradation des ressources végétales au contact des activités humaines et perspectives de conservation dans le massif de l'Aïr (Sahara, Niger) », *in Vertigo-la revue Electronique en Sciences de l'Environnement*, 7 (2). DOI : 10.4000/vertigo.2224

ASSOULE DECHAICHA, DJAMEL AJKAMA, 2020, « Détection du changement de l'étalement urbain au Bas-Sahara Algérien : apport de la télédétection spatiale et des SIG. Cas de la ville de Biskra (Algérie) », *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, n° 22 - Novembre 2020. PP 43-51.

BAYSAL GÜLENDAM, 2013, « Urban land use and land cover change analysis and modeling: a case study area Malatya », *in Turkey*:75.

DEVELOPMENT KNOWLEDGE INTERNATIONAL (DKI), 2022, *Evaluation des services rendus par l'offre publique dans les secteurs de l'approvisionnement en eau potable, de la santé, de l'éducation et des services communaux*. Rapport d'étude réalisée avec l'appui technique et financier du Programme National de Développement Participatif (PNDP) en collaboration avec l'Institut National de Statistique (INS). 113 p.

HASSAN EL HAGE HUSSEIN, ARDILLIER-CARRAS FRANÇOISE, CHARBEL LAURENCE, 2019, « Les changements d'occupation des sols dans la Béqaa Ouest (Liban) : le rôle des actions anthropiques », in *Biometrics*, 33 (1), 159-174.

LANDIS RICHARD, KOCH GARY, 1977, « The measurement of observer agreement for categorical data », in *EDP Sciences Cahiers Agricultures*, vol 28, pp.10. <https://doi.org/10.1051/cagri/2019010>

LARA-PULIDO JOSE ALBERTO, GUEVARA-SANGINES ALEJANDRO EDUARDO, MARTELO CAMILO ARIAS, 2018, « A meta-analysis of economic valuation of eco-system services in Mexico », in *Ecosystem Services*, vol. 31, partie A, p. 126-141.

LEROUX LOUISE, 2012, *Analyse diachronique de la dynamique paysagère sur le bassin supérieur de l'Ouémé (Bénin) à partir de l'imagerie Landsat et Modis : cas d'étude communal de Djougou*, Hydro-sciences Montpellier, ANR ESCAPE, Rapport, 61 p.

MANGAMBU MOKOSSO JEAN DE DIEU., ASIMBO BONDOO NORBERT, EKELE MBENGA ROBERT, 2021, « Regards sur les impacts environnementaux de projet d'exploitation minière semi-industrielle dans le bassin du Congo. Cas de la rivière Aruwimi (territoire de Basoko, RD Congo) », in *European Scientific Journal*, vol. 17, n° 29, p 328-363.

MOUHAMADOU INOUSSA TOKO, MEDAHO SAKARI AMINOU, TOKO IMOROU ISMAILA, SINSIN BRICE, 2013, « Perceptions locales des déterminants de la fragmentation des îlots de forêts denses dans la région des Monts Kouffé au Bénin ». *Journal of Applied Biosciences*. Pp 5041-5059. 66. 5049. 10.4314/jab. V66i0.95002.

NJEUGEUT MBIAFEU AMANDINE CARINE, YOUAN TA MARC, SOROKOBY VANO MATHUNAISE, ASSOMATCHIMOU VINCENT, ADJA MIESSAN GERMAIN, JOURDA JEAN PATRICE, 2021, « Dynamique de l'occupation du sol du bassin versant de la volta, par la méthode de l'arbre de décision, à partir des images multispectrales de la génération Landsat de 1990 à 2020 », in *International Journal of Engineering Science Invention*, vol. 10, Issue 4 Series III. PP 34-45.

OBODAI JOSEPHINE, ADJEI KWAKU AMANING, ODAI SAMUEL NII, LUMOR MAWULI, 2019, «Land use/land cover dynamics using landsat data in a gold mining basin-the Ankobra, Ghana », *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 13, p. 247-256. DOI: 10.1016/j.rsase.2018.10.007

ORIMOLOYE ISRAEL ROPO, OLOLADE OLUSOLA, 2020, «Spatial evaluation of land-use dynamics in gold mining area using remote sensing and GIS technology», in *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 17, p. 4465-4480. DOI : 10.100/s 13762-020-02789-8

PLAN COMMUNAL DE DÉVELOPPEMENT GALIM, 2011, *Plan Communal de Développement de Galim*.

RAKOTOMALA FETY ABEL, RABENANDRASANA JEAN CLAUDE, ANDRIAMBAHINY, RAJAONSON ROBERT, 2015, « Estimation de la déforestation des forêts humides à Madagascar utilisant une classification multidate d'images landsat entre 2005, 2010 et 2013 », in *Revue française de photogrammétrie 1 (211) :11-23*. DOI : 10.52638/rfpt.2015.537

REIS SELÇUK, 2008, « Analyzing land use/land cover changes using remote sensing and GIS in Rize, north-east Turkey », in *Sensors 8 (10) : 6188-6202*.

SIHAM ACHARKI, MINA AMHARREF, PIERRE LOUIS FRISSON, ABDES SAMED BERNOUSSI, 2020, Cartographie des cultures dans le périmètre du Loukkos (Maroc) : apport de la télédétection Radar et Optique. *Revue Française de Photogrammétrie et Télédétection* n° 222. Novembre 2020. Pp 15-27.

SNOBE REI, YAMAYA YUKI, TANI HIROSHI, WANG XIUFENG, KOBAYASHI NOBUYUKI, ICHIRO MOCHIZUKI KAN, 2017, « Assessing the suitability of data from sentinel-1a and 2a for crop classification », *GIScience & Remote sensing* 54 (6), 918-938.

Tegno Nguerkam Eric Wilson, Nguemhe Fils Salomon Cesar, Etouna Joachim, Njeudeng Tenku Simon, 2020, « Analyse de la déforestation dans la périphérie ouest de la réserve de biosphère du Dja au Cameroun, à partir d'une série multiannuelle d'images Landsat », *Revue Française de Photogrammétrie et Télédétection*, n° 222. p. 31-41

TIOMO DONGFACK EMMANUEL, NANFACK GABRIEL, 2023, « Analyse de l'étalement urbain et de la dynamique du couvert végétal grâce à l'imagerie satellitaire : cas de la ville de Dschang et ses environs (Ouest-Cameroun) », *In Martin Luther DJATCHEU KAMGAIN et al., 2023 - L'homme, l'espace et le développement en Afrique subsaharienne : des villes d'Afrique en proie aux risques environnementaux et sanitaires. En hommage au Professeur KENGNE FODOUOP. Ed. Connaissances et savoir, Vol 2, pp 227-244.*

TIOMO DONGFACK EMMANUEL, 2023, « Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans l'arrondissement de Melong (Littoral, Cameroun) », *In Zephania N. Fogwe et al., 2023 - Celebrating ten years of restless rest in landmark research and human resource development: festschrift for professor emeritus Cornelius mbifung lambi. The University of Bamenda Printing Press, Vol 2, pp 44-51. Nov 2023.*

TIOMO DONGFACK EMMANUEL, MOYE ERIC KONGNSO, AKAMBA BEKONO JUDITH CYNTHIA, YMELE TOUOYEM ANGE BRICE, 2024, « Les forêts sacrées de la région de l'Ouest Cameroun : entre conservation de la biodiversité et menaces anthropiques ». *Revue Territoires Sud* <3> N° 8, Vol 1. ISSN : 2709-4359 (Online) ISSN : 2709-4340 (Print)

TRAORE SOULEYMANE SIDI., DEMBELE SIDI, DEMBELE DJÉNÉBA, DIAKITE NOUHOUM, DIAKITÉ CHEICK HAMALLA, 2022, « Dynamique de l'occupation du sol et trajectoire du couvert végétal autour de trois sites miniers du Sud Mali entre 1988 et 2019 » *In Physio-Géo, Géographie physique et environnement. Vol. 17. p 151-166. DOI: 10.400/physio-geo.14565*

TRAORE SOULEYMANE SIDI, FORKUO ERIC K, TRAORE PCS, LANDMANN TOBIAS, 2015, «Assessing the interrelationship between vegetation productivity, rainfall, population and land cover over the Bani River Basin in Mali (West Africa) », *IOSR Journal of Engineering*, vol. 5, n° 6. p. 1018.

TRAORE SOULEYMANE SIDI, LANDMANN TOBIAS, FORKUO ERIC K, TRAORE PCS, 2014, « Assessing long-term trends in vegetation productivity change over the Bani river basin in Mali (West Africa) », *Journal of Geography and Earth Sciences*, vol. 2, n° 2, p. 21-34. DOI: 10.15640/jges.v2n2a2

TRICHT KRISTOF VAN, GOBIN ANNE, GILLIAMS SVEN, PICCARD ISABELLE, 2018, « Synergistic use of radar sentinel-1 and optical sentinel-2 imagery for crop mapping: A case study for Belgium », *Remote Sensing* 10 (10) , 1642.1, 7, 8, 9 USGS, 2018. Earth explorer.

VELOSO AMANDO, MERMOZ SETÉPHANE, BOUVET ALEXANDRE, TOAN THUY LE, PLANELLS MILENA, DEJOUX, JEAN FRANÇOIS., CESCHIA ERIC, 2017, « Understanding the temporal behavior of crops using sentinel-1 and sentinel-2 like data for agricultural applications », *Remote Sensing of Environment* 199, 415-426.

WACHIYE ASWANI SHEILA, NDEGWA KURIA DAVID, 2013, « GIS based forest cover change and vulnerability analysis: a case study of the Nandi north forest zone », *Journal of geography and regional planning* 6(5): 159-171.

YIRSAW ESHETU, WEI WU, XIAOPING SHI, HABTAMU TEMESGEN, BELEW BEKELE, 2017, «Land use/land cover change modelling and the prediction of subsequent changes in ecosystem service values in a coastal area of China, the Su-Xi-Chang Region », *Sustainability* 9(12): 120