DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DU PEUPLEMENT LIGNEUX DANS LA PRÉFECTURE DE L'OTI- SUD, NORD-TOGO : ANALYSE DE 1994 À 2024

TONG SALIFOU Abass[1*], Doctorant ; AKAME Laounta[2], Maître Assistant ; DJANGBEDJA Minkilabe[3], Professeur Titulaire.

[1,2,3]Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (LaRBE), Département de Géographie, Faculté des Sciences de l'Homme et de la Société (FSHS), Université de Lomé, Togo.
***Auteur correspondant** : TONG SALIFOU Abass, abasstong22@gmail.com*
Tel : 00228 90504595
ORCID des auteurs
TONG SALIFOU Abass[1] (https://orcid.org/0009-0004-3424-7447
AKAME Laounta[2] (https://orcid.org/0009-0009-7470-2391
DJANGBEDJA Minkilabe[3] (https://orcid.org/0000-0002-4241-0708

Résumé

Dans la préfecture de l'Oti- Sud, le couvert végétal, notamment le peuplement ligneux, connaît une dégradation avancée due principalement aux activités humaines et aux facteurs climatiques. Cette situation se manifeste par une diminution des ressources végétales et une transformation progressive des formations naturelles en espaces anthropisés. Cependant, la dynamique du peuplement ligneux et ses facteurs déterminants restent encore insuffisamment documentés.
Cette étude vise à analyser la dynamique actuelle du peuplement ligneux dans la préfecture de l'Oti-Sud. Pour ce faire, une approche cartographique fondée sur l'exploitation d'images satellitaires et les observations de terrain a été utilisée afin d'évaluer les changements de l'occupation du sol.
Les résultats montrent d'importantes transformations au cours des trente dernières années. Les superficies des savanes, des champs et jachères, ainsi que des habitats et sols nus, ont connu une augmentation significative (81,88%). Cette progression s'est réalisée principalement au détriment des forêts-galeries et des forêts claires (18,11%). La matrice de transition confirme également que les différentes formations végétales, notamment les forêts-galeries, les forêts claires et les savanes, ont subi des pertes de superficies à des degrés variables.
Face à cette dynamique préoccupante, un suivi régulier de la végétation apparaît nécessaire. Il devrait mobiliser les décideurs, les acteurs communaux et la communauté scientifique à travers des investigations périodiques et à différentes échelles. Ces actions permettraient d'identifier les menaces pesant sur les formations naturelles et de mettre en œuvre des mesures appropriées de conservation et de gestion durable.
Mots clés : Dynamique, peuplement ligneux, occupation du sol, préfecture de l'Oti- sud, Nord-Togo.

SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF WOODY POPULATIONS IN THE SOUTH OTI PREFECTURE, NORTHERN TOGO : ANALYSIS FROM 1994 TO 2024

Abstract

In the Oti-South Prefecture, vegetation cover, particularly woody vegetation, is undergoing advanced degradation, mainly due to human activities and climatic factors. This situation is reflected in the decline of vegetation resources and the gradual conversion of natural vegetation formations into anthropogenic areas. However, the dynamics of woody vegetation and its determining factors remain insufficiently documented.
This study aims to analyze the current dynamics of woody vegetation in the Oti-South Prefecture. To this end, a cartographic approach based on the analysis of satellite imagery and field observations was used to assess changes in land use and land cover.
The results reveal significant changes over the past thirty years. The areas occupied by savannas, croplands and fallows, as well as settlements and bare soils, increased significantly (81.88%). This expansion occurred mainly at the expense of gallery forests and open forests (18.11%). The transition

matrix also confirms that the various vegetation formations, particularly gallery forests, open forests, and savannas, experienced losses in area to varying degrees.
Given this concerning trend, regular monitoring of vegetation is essential. Such monitoring should involve policymakers, local government stakeholders, and the scientific community through periodic investigations conducted at different spatial scales. These actions would make it possible to identify the threats affecting natural vegetation formations and to implement appropriate measures for their conservation and sustainable management.
Keywords : Dynamics, woody population, land use, South Oti prefecture, Northern Togo**.**

Introduction

Dans les paysages naturels subsahariens et un peu partout dans le monde, les espèces ligneuses et non ligneuses font partie intégrante des écosystèmes forestiers. Ces derniers ont une importance socioéconomique et environnementale non négligeable. Les espèces ligneuses des écosystèmes forestiers jouent en effet, un rôle de premier plan dans la sécurité alimentaire des paysans grâce à leur production de fruits, de noix et de feuilles comestibles (J. T. C. Codjia et *al*., 2003, p324). De par leur importance, ils sont devenus des enjeux internationaux pour la protection et la conservation de la biodiversité (B. Kombaté et *al*., 2020, p30). Cependant, la surexploitation de ces ressources ligneuses sans principes d'aménagement forestier durable (K. Adjonou et *al*., 2010, p47) par les populations locales, crée un déséquilibre des écosystèmes d'une part et compromet la pérennité des ressources ligneuses d'autre part pour les générations futures. La dégradation des écosystèmes forestiers représente une des plus importantes causes de réduction de la biodiversité dans le monde (D. Ibrahima et *al*., 2023, p562). Selon la FAO (2022, p83), le rythme de déforestation annuel dans le monde est estimé à 7,8 millions d'hectares entre 2010 et 2018. Les pays en voie de développement enregistrent les plus importants taux de réduction des surfaces forestières d'après D. Ibrahima et *al*., (2023, p563).

Le Togo à l'instar de la Région des Savanes, subit ces dernières décennies, une baisse des précipitations associée à des pressions anthropiques de plus en plus grandissantes sur les ressources naturelles. Ces dynamiques entraînent la dégradation des terres et, selon A.E. Kouya (2009, p12), l'érosion de la biodiversité. Dans cette région du Togo dont la population est majoritairement rurale, la dynamique d'occupation de l'espace par une agriculture extensive prend aujourd'hui des proportions croissantes. Ainsi, pour Z. Andou, (2021, p118), de vastes superficies forestières sont remplacées par des surfaces agricoles afin de nourrir une population de plus en plus croissante. D'après la même source, près de 6600 hectares de forêts et 1800 hectares de savanes disparaissent par an. Aussi, les besoins en bois-énergie, les pratiques pastorales, les modes de gestions locales comme l'émondage, l'étêtage, l'élagage, le recepage et les facteurs climatiques participent activement au dynamisme végétal de la Région des Savanes en général et particulièrement dans la préfecture de l'Oti- sud.

La dégradation des ressources ligneuses dans la préfecture de l'Oti- sud est un fait réel et nécessite des actions urgente pour y faire face. Si les facteurs climatiques, l'une des causes de ce phénomène de dégradation des ligneux sont difficilement maîtrisables, il devient cependant indispensable de mettre en place des stratégies d'atténuation des effets néfastes des actions anthropiques. Cela doit passer par une meilleure connaissance de la dynamique et la répartition spatiale du peuplement ligneux de cette zone. Cependant, l'ampleur et les caractéristiques de la dynamique actuelle du peuplement ligneux, ainsi que les principaux facteurs qui la déterminent, restent encore insuffisamment documentées dans la préfecture de l'Oti- Sud.

Cette étude vise donc à examiner la dynamique actuelle du peuplement ligneux dans la préfecture de l'Oti- sud.

1- Situation géographique de la zone d'étude

La préfecture de l'Oti- sud est l'une des préfectures qui composent la Région des Savanes. Créée par la loi n° 2016-010 portant création des préfectures dont le chef-lieu est Gando, cette préfecture est située à l'extrême sud de la Région des Savanes et constitue la limite entre cette dernière et la Région de la Kara. La figure1 indique la situation géographique de la préfecture de l'Oti- sud.

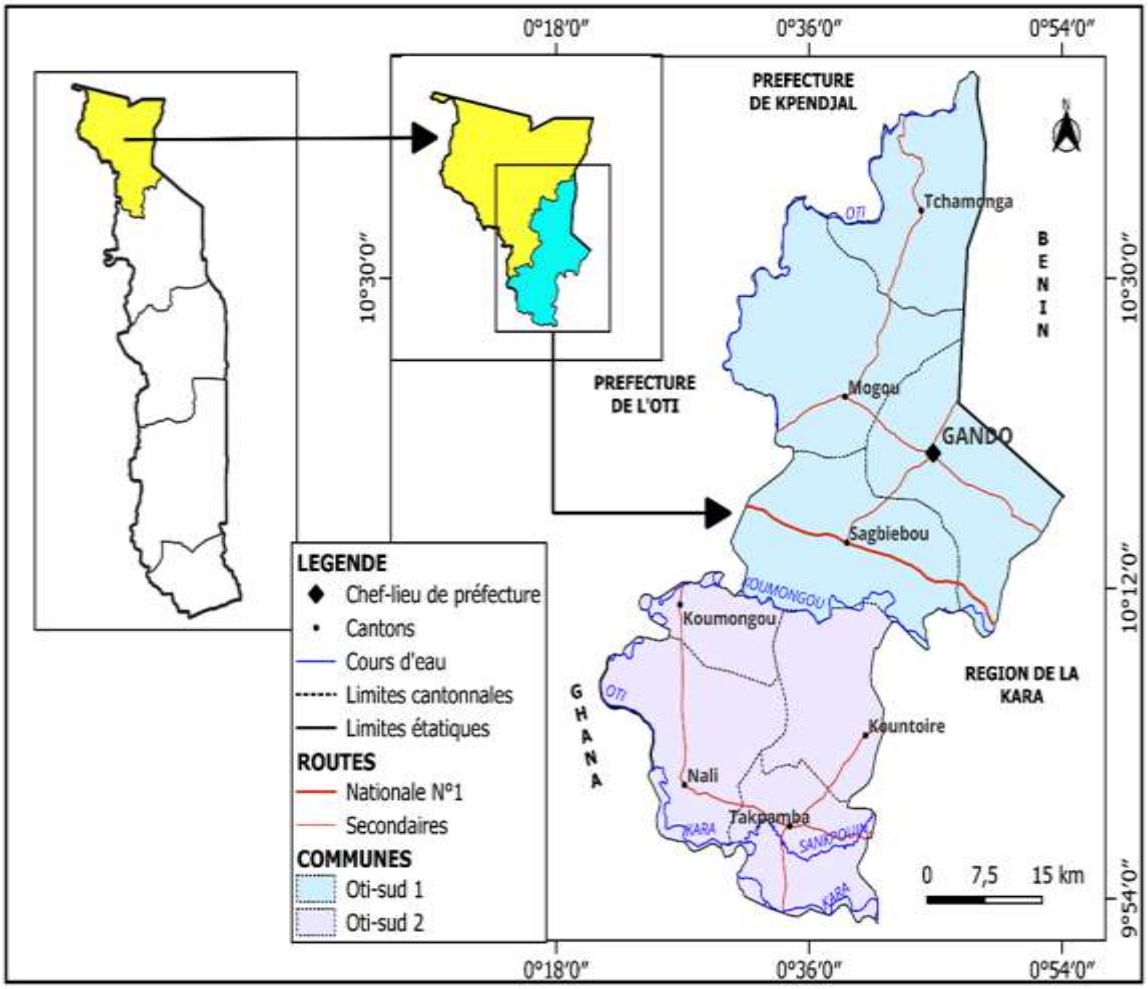


Figure 1 : Présentation du milieu d'étude
Source : Extrait d'Atlas du Togo, modifié par A. TONG SALIFOU, 2024

La préfecture de l'Oti- sud comme le montre la figure 1 est localisée entre 0,400° de longitude ouest et 0,800° de longitude est et entre 10,150° et 10,500° de latitude nord. Sa superficie est de 2418 km² soit 4,27% du territoire national (préfecture, 2022). Elle est limitée au nord par la préfecture de Kpendjal, au nord-ouest par la préfecture de l'Oti, à l'ouest par le Ghana, à l'ele le Bénin et au sud par la Région de la Kara. D'après les résultats définitifs du 5ème Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH-5) de novembre 2022, la préfecture de l'Oti-sud compte une population totale de 150 376 habitants.

Le secteur d'étude est sous l'influence du climat tropical de type soudanien. Le caractère unimodal constaté du régime pluviométrique de la zone d'étude montre l'alternance d'une saison pluvieuse et d'une saison sèche. Selon les données recueillies à l'ANAMET (2024), de

1994 à 2024, les hauteurs de pluie enregistrées annuellement sont comprises entre 800 et 1200 mm et la moyenne interannuelle est de 1035 mm durant la même période.
Les températures moyennes mensuelles varient entre 25°C et 40°C et la moyenne annuelle tourne autour de 30°C.
Le secteur étudié est compris entre trois bassins versants : celui de l'Oti au nord qui sert de limite naturelle entre la préfecture de l'Oti et celle de l'Oti- sud, le bassin de koumongou au centre et le bassin de la rivière Kara au sud. Les sols sont de types minéraux bruts ou sols concrétionnés lessivés à faible profondeur ; sols hydromorphes (sols pseudogley) ; de sols à gley, de shales et siltstones ; sols à sesquioxydes de fer et de manganèse ou sols concrétionnés lessivés à faible profondeur. La végétation est formée des arbres isolés dans les champs ou parcs arborés, des savanes arbustives, des reliques de savanes arborées et des galeries forestières. Les principales activités économiques de la population sont principalement l'agriculture et l'élevage.

2- Approche méthodologique

La démarche méthodologique adoptée pour l'étude de la dynamique des changements d'affectation des terres de la zone d'étude est basée sur une approche cartographique, analytique et diachronique reposant sur l'usage de la télédétection et des Systèmes d'Information Géographique (SIG).

2.1 Données utilisées

L'analyse de l'évolution de la dynamique de l'occupation du sol dans la zone d'étude s'est basée sur deux sources de données : l'utilisation des images satellites Landsat de 1994, de 2009, et de 2024 et les relevés de terrain.

2.1.1 Images Landsat

Les images satellites nécessaires à la cartographie de l'occupation du sol ont été obtenues via le portail de l'U.S Geological Survey (USGS). Conformément aux travaux de Z. Koumoï et *al.*, (2013, p165), M. Dourma et *al.*, (2019, p3) et M. Djangbedja (2021, p92), trois scènes Landsat de résolution spatiale 30 m ont été utilisées : bandes B4, B3 et B2 (rouge, vert, bleu) pour la composition colorée. Ces données spectrales permettent l'analyse des changements d'occupation du sol. Les scènes exploitées sont : Thematic Mapper (TM, Path/Row 193/053, 30 octobre 1994), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+, Path/Row 193/053, 16 mars 2009) et Operational Land Imager – Thermal InfraRed Sensor (OLI-TIRS, Path/Row 193/053, 09 décembre 2024). La projection adoptée est WGS 1884, UTM-Zone 31N, conformément aux travaux antérieurs (Z. Koumoï et *al.*, 2013, p165 ; M. Djangbedja, 2021, p93). Les images Landsat ont été complétées par les données de terrain, vérité-terrain.

2.1.2 Vérité-terrain

La vérification de terrain, effectuée du 20 au 28 décembre 2024, a consisté à relever par GPS des points d'échantillonnage et de contrôle, ensuite intégrés dans QGIS pour valider la concordance des cartes avec la réalité. Cette étape a confirmé les unités d'occupation du sol, notamment les formations végétales identifiées sur les images Landsat. Comme l'indiquent Z. Koumoï et *al.*, (2013, p. 165), cette phase est indispensable pour confronter les résultats de télédétection aux observations directes et apporter les corrections nécessaires.

2.2 Traitement des données

2.2.1 Traitement numérique des images et analyse de données

2.2.1.1 Traitement cartographique

Les images Landsat de 1994, 2009 et 2024 ont été traitées sous ENVI 5.3. Déjà projetées en UTM/WGS84 (zone 31), elles ont été superposées pixel par pixel et combinées en une image multispectrale via le module *Layer Stacking*. L'extraction de la zone d'étude a été réalisée à l'aide des Shapefiles (*Resize Data*). Pour améliorer la discrimination des objets géographiques, une composition colorée a été appliquée (bandes 5-6-4 pour OLI-TIRS et 4-5-7 pour TM/ETM+), conformément aux recommandations de M. A. Sarr (2009, p55) et A. Bougherara (2010, p238).

La classification supervisée, fondée sur l'algorithme du Maximum de Vraisemblance (Bayes), a été retenue en s'appuyant sur les travaux antérieurs de : G. Millette et J. Vieillefon (1967, p113) ; MERF (2002, p49) ; P.W. Takou et *al*., (2012, p33) ; Y. Demakou (2009, p20) ; Z. Andou (2021, p44). Cette méthode, utilisée par M. Djangbedja (2021, p95), permet d'affecter chaque pixel à la classe la plus probable. Les résultats ont été filtrés (fenêtre 3×3) selon M.M. Inoussa (2011, p30) et validés par 70 points de contrôle terrain. Cinq classes principales ont été dégagées : forêts claires, forêts galeries, savanes, champs/jachères et habitats/sols nus.

Les superficies des unités d'occupation du sol ont été calculées sous QGIS 3.36.2 pour les trois dates, permettant une analyse diachronique de la dynamique du peuplement ligneux. La qualité de la classification a été évaluée par matrices de confusion, fournissant précision globale et coefficient de kappa (M.M. Inoussa, 2011, p30).

2.2.1.2 Analyses cartographiques et traitement statistique

Après la classification, les résultats ont été exportés en format vectoriel sous QGIS 3.36.3 pour les traitements cartographiques. Les thématiques retenues lors de la classification supervisée ont servi de légende aux cartes d'occupation du sol. Afin de quantifier les évolutions, des indicateurs statistiques ont été calculés : taux global de changement, taux moyen annuel d'expansion spatiale et matrice de transition, permettant d'évaluer les modifications intervenues entre les différentes classes d'occupation du sol.

Le Taux global de changement (Tg) traduit d'après O. Drabo et P. A. Ouoba, (2020, p158), l'ensemble des changements intervenus à l'échelle globale. Ces changements sont obtenus en calculant les superficies des différentes classes d'occupation du sol pour les périodes 1994-2009, 2009-1994 et 1994-2024. Le Tg est calculé à l'aide de la formule proposée par la FAO (1990, p97) et adopté par des chercheurs comme D. K. Kpédenou, (2017, p213) ; O. Drabo et P. A. Ouoba, (2020, p159) ; N. Adrika, (2021, p64) ; M. Djangbedja, (2021, p97). Elle se présente comme suit :

$$\boldsymbol{Tg = \frac{S2 - S1}{S1} \times 100}$$

Avec S1 la surface d'une classe d'occupation du sol à la date t1 ; S2 la surface de la même classe d'occupation du sol à la date t2.

Quant au Taux moyen annuel d'expansion (Tc), il permet de suivre l'évolution d'une classe d'occupation du sol (N. Adrika, 2021, p64). C'est également l'expression de la proportion de chaque unité d'occupation du sol qui change annuellement (B. Bernier, 1992, p108). Ce taux de changement s'évalue à partir de la formule de B. Bernier (1992) couramment employée pour mesurer la croissance des agrégats macroéconomiques entre deux périodes données (J. Oloukoi *et al*, 2006, p311 ; G. Soro, 2014, P151).

$$TC = \frac{lnS2 - lnS1}{(t2 - t1) \times lne} \times 100$$

Avec S1 la surface d'une classe d'unité de surface à la date t1 ; S2 la superficie de la même classe d'unité de surface à la date t2 ; ln le logarithme népérien ; e la base des logarithmes népériens (e =2,71828).
Les valeurs positives indiquent une « progression » et les valeurs négatives, une « régression ». Les valeurs proches de zéro illustrent que la classe est relativement « stable ».
La matrice de transition permet de mettre en évidence les changements d'occupation du sol pendant une période donnée (N. Adrika, 2021, p65). La matrice de transition entre les deux états (t0 et t1) est obtenue à partir des données issues des analyses statistiques conduites au niveau de chaque carte. Elle correspond à une matrice carrée décrivant de manière condensée, les changements d'état des classes thématiques pendant la période considérée (I. Bamba et *al.*, 2008, p52). Selon O. Drabo et P. A. Ouoba, (2020, p159), c'est une matrice carrée, basée sur le processus de Markov, qui décrit de manière condensée, les changements d'état des éléments d'un système pendant une période donnée, dont les cellules contiennent la valeur d'une variable ayant passé d'une classe initiale x à une classe finale y pendant la période allant de t1 à t2.

Catégorie x au temps t1	Catégorie y au temps t2			Somme Ext1 des lignes
	y=1	y=2	y=3	
x=1	a (1,1)	a (1,2)	a (1,3)	∑a(1,y), y=1,n
x=2	a (2,1)	a (2,2)	a (2,3)	∑a(2,y), y=1,n
x=3	a (3,1)	a (3,2)	a (3,3)	∑a(3,y), y=1,n
Somme Eyt2 des colonnes	∑a(x,1), x=1,m	∑a(x,2), x=1,m	∑a(x,3), x=1,m	∑∑a (x, y) x= 1,m y=1,m

Source : K. D. Kpedenou, (2017, p86), adapté par A. Tong Salifou, 2024

3- Résultats

3.1 Vérification des classifications

Généralement, les matrices de confusion indiquent que lors de la classification supervisée, il existe moins de confusion entre les différentes classes. Les tableaux 2, 3 et 4 illustrent respectivement les matrices de confusion des images de 1994, 2009 et 2024.

1994						
Classes	**Forêts galeries**	**Forêts claires**	**Savanes arborées/arbustives/ boisées**	**Champs/ Jachères**	**Habitats/sols nus**	**Total**
Forêts galeries	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,28
Forêts claires	0,00	99,95	0,00	0,00	0,00	55,36
Savanes arborées/arbustives/boisées	0,00	0,05	99,90	0,00	0,00	28,23
Champs/Jachères	0,00	0,18	0,10	100,00	0,00	8,35
Habitats/sols nus	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	3,77
Total	100	100	100	100	100	100

Tableau 2 : matrices de confusion des images de 1994
Source : Travaux de laboratoire, 2024

D'après le tableau 2, la classification des pixels est bonne car les valeurs en diagonale dans la matrice de confusion sont à 100%. Cependant, de petites confusions sont observées entre champs/jachères et les forêts claires (0,18%) ; entre les savanes et les champs/jachères (0,10%) et de 0,05% entre les forêts claires et les savanes.

2009						
Classes	**Forêts galeries**	**Forêts claires**	**Savanes arborées/arbustives/ boisées**	**Champs/ Jachères**	**Habitats/sols nus**	**Total**
Forêts galeries	89,05	1,10	0,00	0,00	0,67	1,54
Forêts claires	10,95	95,84	0,35	0,00	2,73	28,40
Savanes arborées/arbustives/boisées	0,00	2,59	90,37	4,16	1,01	40,83
Champs/Jachères	0,00	0,00	6,60	87,81	8,05	17,25
Habitats/sols nus	0,00	0,00	2,64	8,03	87,54	11,75
Total	100	100	100	100	100	100

Tableau 3 : Matrice de confusion des images de 2009
Source : Travaux de laboratoire, 2024

L'observation du tableau 3 présente en diagonale des valeurs de 87,54 à 95,84. Cette précision montre que la classification est bonne. Néanmoins, cette classification montre quelques confusions entre certaines classes dont les plus importantes sont celles entre la forêt galerie et la forêt claire (10,95), entre les agglomérations et champs/jachères (8,05) et entre les savanes et les champs/jachères (6,60).

2024						
Classes	**Forêts galeries**	**Forêts claires**	**Savanes arborées/arbustives/ boisées**	**Champs/ Jachères**	**Habitats/sols nus**	**Total**
Forêts galeries	99,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
Forêts claires	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	6,94
Savanes arborées/ arbustives/boisées	0,33	0,00	98,22	0,00	0,00	26,47
Champs/Jachères	0,00	0,00	1,78	100,00	0,00	4,78
Habitats/sols nus	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	61,40
Total	100	100	100	100	100	100

Tableau 4 : Matrice de confusion des images de 2024
Source : Travaux de laboratoire, 2024

L'image de 2024 présente une excellente classification avec des valeurs en diagonale dans l'ordre de 100% avec quelques confusions observées entre forêts galeries et les savanes, et entre champs/jachères et les savanes correspondant respectivement à 0,33 et 1,78.

3.2 Bilan des classifications

La discrimination entre les unités d'occupations du sol a été statistiquement fiable pour les images de 1994, 2004 et 2024 comme l'indique le tableau 4.

Indice	**1994**	**2009**	**2024**
Précision globale (%)	100	83,66	98,65
Coefficient kappa	1,00	0,71	0,97

Tableau 4 : Synthèse des indices de précision globale et de coefficient de Kappa
Source : Travaux de laboratoire, 2024

Le tableau présente la précision globale et le coefficient de Kappa obtenu après classification des images de chaque année (1994, 2009 et 2024)

L'analyse du tableau montre qu'au terme de la classification supervisée, la précision globale est de 100% et le coefficient de Kappa est 1 pour l'image de 1994. Pour l'image de 2009, la classification donne une précision globale de 83,66% et un coefficient Kappa de 0,71. Quant à l'image de 2024, le coefficient Kappa est de 0,97 et la précision globale est de 98,65%.

Les résultats obtenus du traitement des différentes images montrent une excellente classification car les coefficients de kappa fluctuent entre 0,71 et 1 et la précision globale est dans l'ordre de 100%. Ces valeurs indiquent une bonne classification.

3.2.1 Etat d'occupation des sols en 1994, 2009 et 2024

Les unités d'occupation du sol sont représentées par la figure 1.

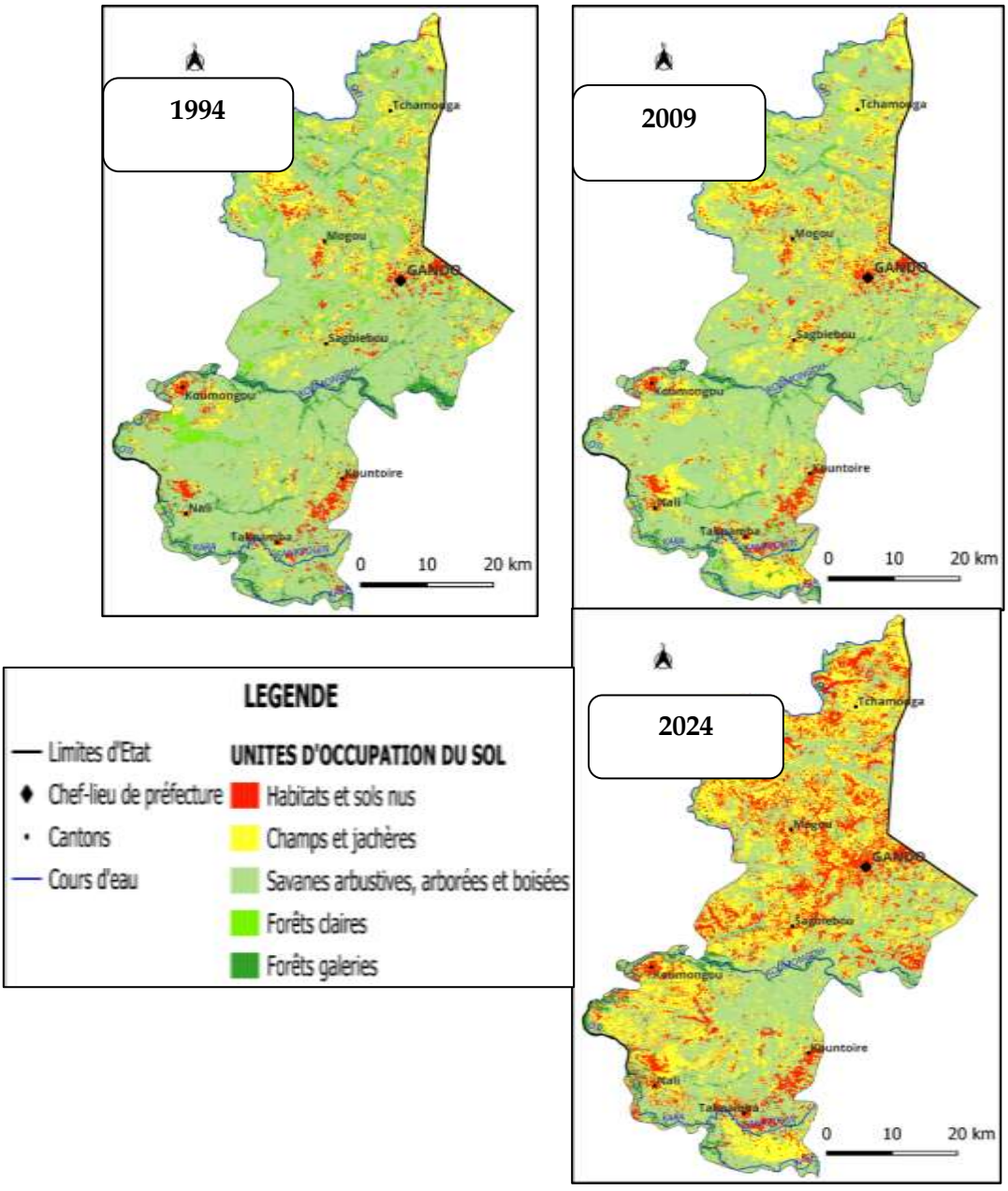


Figure 2 : Occupation des sols de 1994, 2009 et 2024
Source : USGS/ travaux de laboratoire, 2024

Il ressort de l'observation de la figure 1 que les différentes unités d'occupation du sol du secteur d'étude se répartissent en cinq (5) classes à savoir : habitats/sols nus, champs/jachères, savanes arbustives/arborées/boisées, forêts claires et les forêts galeries.

3.2.2 Bilan d'occupation du sol entre 1994 et 2024

Le bilan des données de superficies de classes d'occupation du sol est illustré dans le tableau 5.

Classes	**Superficie 1994**		**Superficie 2009**		**Superficie 2024**	
	ha	%	ha	%	ha	%
1	14302,46	2,58	1651.89	0,30	44,91	0,01
2	97975,91	17,69	73253,28	13,24	6483,33	1,17
3	49668,68	8,97	59336,73	10,72	93746.55	16,93
4	48273,48	8,72	53396,91	9,65	78372.58	14,15
5	343576,44	62,04	365770,17	66,09	375158,52	67,74
Total	553796,97	100,00	553408,98	100,00	553805,89	100,00

1 : forêts galeries ; 2 : forêts claires ; 3 : savanes arborées/arbustives/boisées ; 4 : champs/jachères ; 5 : habitats/sols nus

Tableau 5 : Superficies des classes d'occupation du sol en hectares et les proportions en pourcentages
Source : Travaux de laboratoire, 2024

L'examen du tableau 5 indique qu'en 1994, la formation végétale naturelle prédominant dans le milieu était la forêt claire (17,69%) suivie des savanes (8,97%). Au-delà de ces formations végétales naturelles, le milieu connaît aussi une forte anthropisation (62,04%). Cette forte anthropisation dans le secteur d'étude serait liée au déplacement forcé des populations dans les années 1970 lors de la création du parc national Oti Kéran et son extension entre 1981 et 1982. Les forêts galeries faiblement représentées (2,58%), se localisent le long des rivières Oti, Koumongou et Kara.

En 2009, la superficie des formations végétales naturelles a fortement varié et représente une faible proportion de la superficie totale du secteur d'étude. En effet, les forêts galeries n'occupent qu'une superficie de 1651,89 ha soit 0,3% de la superficie totale du secteur d'étude. De même, les forêts claires ne couvrent qu'une superficie de 73253,28 ha soit 13,24% de la superficie totale. Les savanes couvrent 59336,73 ha soit 10,72% de la superficie. Les champs et jachères occupent 53396,91 ha soit 9,65%. Le secteur d'étude est fortement dominé par les habitats/sols nus qui couvrent 365770,17 ha, ce qui représente 66,09% de la superficie totale.

En 2024, l'occupation du sol est toujours dominée par les habitats/sols nus qui couvrent 375158,52 ha soit 67,74% de la superficie totale du milieu d'étude. Elles sont suivies des Savanes et des champs et jachères occupant respectivement 16,93% et 14,15% de surface totale. Quant aux forêts galeries et forêts claires, elles ont connu une forte dégradation et n'occupent que 1,17% de la surface totale pour les forêts claires et 0,01% pour les forêts galeries. La forte anthropisation du milieu d'étude pourrait être à l'origine de la diminution de la superficie de ces formations végétales.

3.3 Dynamique de l'occupation du sol

3.3.1 Dynamique de l'occupation du sol entre 1994 et 2024

La synthèse des différentes unités d'occupation, leur superficie, les taux globaux et les taux moyen annuel d'évolution spatiale du sol durant les périodes des années 1994-2024 sont consignés dans le tableau 6.

Classes	**Superficie (ha)**		**Tc (%)**	**Tg (%)**
	1994	2024		
1 Forêts galeries	14302,46	44,91	-3,32	-19,21
2 Forêts claires	97975,91	6483,33	-3,11	-9,05
3 Savanes arborées/arbustives/boisées	49668,68	93746.55	2,96	2,12
4 Champs/Jachères	48273,48	78372.58	2,08	1,62
5 Habitats et sols nus	343576,44	375158,52	0,31	0,29

Tableau 6 : Synthèse de variation des superficies, les taux globaux et les taux moyens annuels d'évolution spatiale du sol entre 1994 et 2024.
Source : Travaux de Laboratoire, 2024

Les données du tableau 6 font ressortir une variation sensible entre 1994 et 2024. En 1994, le secteur d'étude était encore relativement couvert par une importante surface de forêts galeries et de forêts claires, respectivement 14302,46 ha et 97975,91 ha. La surface de ces formations s'est dégradée au fil de temps et en 2024, ces formations ne couvrent que 44,91 ha pour les forêts galeries et 6483,33 ha pour les forêts claires, soit respectivement un Tg de -19,21% et -9,05%. A côté de ses formations naturelles en régression remarquée, émerge des formations anthropisées comme les savanes, les champs/jachères et les habitats/sols nus avec respectivement un taux global d'évolution spatiale de 2,12%, 1,62% et 0,29%.

3.4 Détection des changements d'occupation et d'utilisation des sols

3.4.1 Bilan de conversion des unités d'occupation du sol entre 1994 et 2024

Le tableau 7 illustre le bilan de conversion des classes d'occupation du sol au cours de période 1994-2024.

Année	**2024**						
1994	**Classes**	**FG**	**FC**	**SV**	**CJ**	**AS**	**Total**
	FG	**0,1**	0,0	0,2	0,1	0,2	0,6
	FC	0,0	**0,5**	22,1	7,2	5,8	35,6
	SV	0,0	0,4	**6,7**	5,4	2,9	15,4
	CJ	0,0	0,9	16,1	**7,7**	11,5	36,2
	HS	0,0	0,8	4,6	1,9	**4,9**	12,2
	Total	0,1	2,6	49,7	22,3	25,3	**100**

FG : Forêts galeries ; **FC :** Forêts claires ; **SV :** Savanes ; **CJ :** Champs et Jachères ; **HS :** Habitats/Sols nus **Source :** Statistiques des images Landsat et travaux de laboratoire

Tableau 7 : Matrice de transition de l'occupation du sol de 1994 et de 2024 (en pourcentage)
Source : Travaux de laboratoire, 2024

L'examen du tableau 7 fait ressortir le bilan des conversions entre les unités d'occupation du sol observé au cours de période 1994-2024. Il ressort de cela que les forêts galeries pendant cette période de 30 ans, ont perdu pratiquement la quasi-totalité de leur surface au profit des

autres classes d'occupation. En effet, sur une surface de 0,6% qu'occupaient les forêts galeries, seule une infime partie, 0,1% reste stable. Elles ont perdu 0,2% au profit des savanes et des habitats/sols nus et 0,1% en faveur des champs/jachères.

Les forêts claires qui couvraient 35,6% de la surface en 1994, perdent 22,1%, 7,2% et 5,8% respectivement au profit des savanes, des champs/jachères et des habitats/sols nus. La surface restée intactes au cours de cette période est de 0,5%.

Au niveau des savanes, seuls 6,7% de leur surface sont restés stables en 2024 sur un total de 15,4% en 1994. Au cours de cette période, les savanes ont perdu 5,4% et 2,9% au profit des champs/jachères et des habitats/sols nus. Au même moment, elles gagnent 0,4% sur la surface des forêts claires. Les champs/jachères qui couvraient une surface de 36,2% en 1994, 7,7% sont restés intacts. Ils ont perdu 11,5% de leur surface au bénéfice des habitats/sols nus et gagné pendant la même période 16,1% et 0,9% sur les surfaces des savanes et des forêts claires.

Quant aux habitats/sols nus, en 1994, ils occupaient 12,2% de la surface du secteur d'étude. Cette surface a progressivement évolué grâce aux gains obtenus des autres unités d'occupation du sol, 0,8% sur les forêts claires, 4,6% sur les savanes et 1,9% sur les champs/jachères. En 30 ans, la surface des habitats/sols nus a doublé dans le secteur d'étude, et est passée de 12,2% en 1994 à 24,4% en 2024.

Dans l'ensemble, le résultat des taux d'occupation du sol durant 30 ans indique que les unités d'occupation anthropisées ont augmenté de surface. Il s'agit des champs/jachères et habitats/sols nus. L'augmentation des surfaces de ces unités d'occupation s'est faite au détriment des classes de formations végétales naturelles surtout les forêts (galeries et claires). La perte de surface des classes de forêts occasionne une savanisation généralisée du secteur d'étude. La dégradation des formations de savanes manifestée par la perte de leur surface témoigne de la forte anthropisation du secteur d'étude.

4- Discussion

La discussion concerne la méthodologie appliquée et les résultats sur l'analyse spatio-temporelle du peuplement ligneux dans la préfecture de l'Oti- sud.

4.1 Méthodologie

La démarche méthodique adoptée dans le cadre de cette étude est basée sur la cartographie de l'imagerie satellitale. En effet, les images satellitales réservent une richesse radiométrique acceptable facilitant la qualité des images et la couverture spatiale. Les corrections géométriques et radiométriques, l'extraction de la zone d'intérêt, application des compositions colorées, la classification supervisée, la vectorisation, la conception des cartes d'occupations du sol et l'élaboration des statistiques sont entre-autres les démarches adoptées pour le traitement des images satellitales dans le cadre de cette étude. Les auteurs comme : M. M. Inoussa, 2011 ; K. D. Kpedenou et *al*., 2016 ; M. Djangbedja, 2021 ; N. Adrika, 2021 ; N. B. V. Hermann et *al*., 2022 ont utilisé la même démarche méthodologique dans leurs études.

Malgré quelques confusions observées au niveau de l'année 2009, les résultats obtenus dans le cadre de cette étude font preuve d'une bonne classification des images satellitaires. La valeur des précisions globales est de 100% pour 1994, 83,66% pour 2009 et 98,65% pour 2024. Les valeurs des coefficients de Kappa sont de 1,00 pour 1994, 0,71 pour 2009 et 0,97 pour 2024. L'examen de ces différents indices obtenus témoigne de la fiabilité des résultats de l'analyse et indique une satisfaction des performances de la classification supervisée, car d'après R. G. Pontius (2000, p1014), les résultats d'une analyse d'image dont la valeur du coefficient de

Kappa est supérieure à 0,50 sont bons et exploitables. Pour S. Chalifoux et *al*., (2006, p13), les valeurs de précision globale et les valeurs de kappa supérieures à 80% indiquent que les performances de classification sont satisfaisantes. Les résultats de la valeur de précision obtenue pour cette étude sont légèrement supérieurs à ceux obtenus par N.B.V. Hermann et *al*., (2022, p44) dans le bassin versant de la Lobo au centre-ouest de la Côte d'Ivoire ; M. Djangbedja (2021, p103) dans les carrières de phosphates au sud-est du Togo. Les valeurs de coefficient de kappa variant entre 0,71 et 1 s'apparentent à celles obtenues par M. M. Inoussa (2011, p33) dans le parc national du W du Niger ; K. D. Kpedenou et al., (2016, p145) dans la préfecture de Yoto au sud-est du Togo.

Il faut préciser que certaines unités d'occupation du sol sont classifiées avec plus précision que d'autres. En effet, les classes de la matrice de confusion de l'image de 1994 sont mieux classifiées que celles de 2009 et de 2024. Hormis la légère confusion constatée entre les forêts claires et les champs/jachères d'une part et entre les savanes et les champs/jachères d'autre part, toutes les autres classes ont une précision de 100%. L'analyse de l'image de 2009 révèle que la précision est de l'ordre de plus 80% pour toutes les classes. Toutefois, une confusion assez remarquable est notée entre les forêts claires et les forêts galeries (10,95%). Quant à l'image de 2024, la précision est de l'ordre de plus de 98% avec une légère confusion entre forêts galeries et les savanes, et entre champs/jachères et les savanes correspondant respectivement à 0,33 et 1,78. Ces confusions constatées entre les différentes classes s'expliquent par la similarité des signatures spectrales (K. D. Kpedenou et *al*., 2016, p150). Néanmoins, l'analyse des résultats de la matrice de confusion classe par classe révèle qu'au niveau des trois images, très peu de confusion est notée entre les classes et d'après V. J. Mama et J. Oloukoi, (2003, p437), ces erreurs sont jugées acceptables du moment où toutes les erreurs sont largement en dessous de la valeur limite établie à 70%. Ce résultat acceptable de la classification des trois images s'explique d'après M. M. Inoussa (2011, p41) par la qualité des images et le choix des classes thématiques.

4.2 Analyse de la dynamique d'occupation du sol

La dynamique de l'occupation du sol dans la préfecture de l'Oti- sud a été analysée sur la période 1994-2024. Il résulte de cette étude que les formations végétales naturelles du secteur d'étude régressent au profit des formations anthropisées. En 30 ans, les forêts galeries sont presqu'inexistantes dans le secteur d'étude, preuve que cette formation a été convertie en d'autres unités d'occupation du sol. Cette dynamique régressive des formations végétales naturelles au profit des formations anthropisées a été constatée par M. Djangbdja (2021, p103) dans les carrières de phosphate au sud-est du Togo et N. Adrika (2021, p144) dans la partie méridionale de la chaîne de l'Atakora au Togo. Pour ce dernier, cette dynamique est liée aux phénomènes de conversion et de transformation de la structure spatiale conduisant à la dégradation et à la fragmentation des forêts.

Néanmoins, il est à signaler que la classe des savanes a connu une progression de sa superficie. Ces savanes du secteur d'étude sont d'origine naturelle et anthropique d'après A. K. Guelly (1994, p92). Cette augmentation de superficie des savanes dans la zone d'étude s'est faite au détriment des forêts galeries et forêts claires d'une part et pourrait s'expliquer par le phénomène de boisement et à la prise de conscience de la population locale sur les mesures de protection des savanes d'autre part. Dans le parc national du W du Niger, contrairement à l'augmentation de superficie des savanes constatée dans le secteur d'étude, M. M. Inoussa (2011, p42) constate plutôt une augmentation de la superficie de la forêt claire entre 1984 et 2002. Il justifie cette progression de superficie de forêt claire par le boisement de savane boisée, arborée et arbustive et de brousse tachetée. Ces différences de conclusion pourraient

s'expliquer par la situation géographique des zones d'études, le type de formation végétale présent d'une part et le choix des dates d'autre part. C'est justement pourquoi C. Mbow (2009, p146) estime que par rapport à la question de la dynamique de la végétation, non seulement chaque situation doit être prise à part, mais aussi il faut analyser les tendances en fonction du statut de la zone, du type de formation considéré et des interventions en cours.

Conclusion

Cette étude a été réalisée dans le but d'évaluer l'évolution du peuplement ligneux dans la préfecture de l'Oti- sud (nord-Togo) de 1994 à 2024. La méthode cartographique basée sur l'utilisation des images satellitaires et des observations de terrain a été utilisée pour évaluer la dynamique du peuplement ligneux dans le secteur d'étude.

Les résultats de l'analyse font ressortir des changements au niveau des occupations du sol. L'observation tirée de l'analyse diachronique révèle une dynamique contrastée entre les différentes unités d'occupation du sol. En 30 ans, les taux d'occupation des classes de savanes, des champs/jachères et des habitats/sols nus ont augmenté. L'augmentation de surface de ces classes s'est faite au détriment des classes de forêts galeries et de forêts claires. Également, l'examen des taux de conversion à base de la matrice de transition indique dans l'ensemble que les classes de formations végétales ont enregistré des pertes de leur surface à des degrés variables. Pendant ce temps, les formations anthropisées enregistrent une augmentation de leur surface. La tendance qui se dégage de ces résultats est que le paysage de l'Oti- sud est à l'anthropisation des formations végétales naturelles.

Références bibliographiques

ADJONOU Kossi, ALI Napo, KOKUTSE Adzo Dzifa, NOVIGNO Segla Kossi et KOKOU Kouami, 2010, « Étude de la dynamique des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) surexploités au Togo », *Bois et forêts tropiques n° 306 (4)*, pp. 45-55.

ADRIKA Nafiou, 2021, « *Dynamique spatio-temporelle de l'occupation et de l'utilisation du sol dans la partie méridionale de la chaine de l'Atakora au Togo : de l'analyse diachronique à la modélisation prédictive* », thèse de doctorat en Géographie, Université de Lomé, 250 p.

ANDOU Zibril, 2021, « *Parcs agroforestiers de la Région des Savanes au nord-Togo : biodiversité, dynamique et importance socio-économique* », thèse de Géographie, Université de Lomé, 280 p.

BERNIER Bernard, 1992, *Introduction à la macroéconomie*, Dunod, Paris, 217p.

CHALIFOUX Stéphane, NASTEV Miroslav, LAMONTAGNE Charles, LATIFOVIC Rasim, 2006, « Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire Landsat en hydrogéologie ». Télédétection, volume. 6, n°1, pp. 9-17.

CODJIA Jean Timothée Claude, ASSOGBADJO Archille Ephrem et EKUE Marius Rodrique Mensah, 2003, « Diversité et valorisation au niveau local des ressources végétales forestières alimentaires du Bénin », *Cahiers Agricultures : 12*, pp.321-331.

DJANGBEDJA Minkilabe, 2021, « Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans les carrières de phosphates au sud-est du Togo », Revue scientifique spécialisée en géographie, Université Jean Lorougnon Guédé, numéro 005, décembre 2021, ISSN 2707-5028, pp. 89-106

DOURMA Marra, SOOU Etsri, ATAKPAMA Wouyo, FOLEGA Fousseni, AKPAGANA Kouami, 2019, « Dynamique spatio-temporelle et structure de la végétation de la forêt classée d'Atakpamé au Togo », *Annales de l'Université Marien NGOUABI, 2019 ; 19 (1),* p. 1-22.

DRABO Ousmane et OUOBA Pounyala Awa, 2020, « Impacts des aménagements hydroagricoles sur la dynamique du couvert végétal dans la vallée de Sourou au Burkina Faso ». *Rev. Sc. Env. Univ. Lomé (Togo), n°18*. ISSN 1812-1403, pp.153-175.

Guelly Atsu Koudzo, 1994, « Reconquête forestière sur le plateau Akposso (Togo). Stratégies paysannes, caractéristiques botaniques et écologies » TATBA, Vol. XXXVI, pp. 86-106.

IBRAHIMA Diomandé, GNAHORE Éric, OUATTARA Noufou Doudjo, et BAKAYOKO Adama, 2023 : « Structure, richesse et diversité de la flore ligneuse des forêts classées de Kimbrila et de Kanhasso (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire) », *International Formulae Group. All rights reserved*. DOI : https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i2.22. Pp.561-573.

INOUSSA Maman Maârouhi, 2011 : Dynamique des forêts claires dans le parc national du W du Niger. Thèse de doctorat de l'Université Abdou Moumouni, Département de Biologie, spécialité Biologie et Ecologie Végétales, 93p.

KOMBATE Bimare, DOURMA Marra, FOLEGA Fousséni, ATAKPAMA Wouyo, WALA Kpèrkouma, BATAWILA Komlan et AKPAGANA Koffi, 2022 : « Modélisation spatiale multifactorielle de la vulnérabilité des unités d'occupation du sol face au changement climatique dans la Région Centrale au Togo », *Rev Ecosystèmes et Paysages (Togo), N° 02, Vol 02*, pp.34-52.

KOUYA AMA-Edi, 2009. *Les changements environnementaux et l'appauvrissement de la biodiversité en milieu montagnard Akposso (Sud-ouest du Togo)*. Thèse de doctorat, Université de Lomé. 241p.

KPEDENOU Djagnikpo Koffi, DRABO Ousmane, OUOBA Pounyala Awa, DA Constant Evariste Dapola et TCHAMIE Thiou Tanzidani Komlan, 2017, « Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire Ouatchi au Sud-Est Togo entre 1958 et 2015 », *Cahiers du CERLESHS, n°55*, pp.203-227.

KPEDENOU Djagnikpo Koffi, 2017, « *Dégradation des terres sous pressions anthropiques dans le Sud-Est Togo : dynamique spatiale, perceptions locales et incidences socio-économiques sur les populations rurales* », Thèse de doctorat, Université de Lomé. 255p.

MBOW Cheik, 2009, « Potentiel et dynamique des stocks de carbone des savanes soudaniennes et soudano-guinéennes du Sénégal », Thèse de Doctorat d'Etat : Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), 291p.

OLOUKOI Joseph et MAMA Vincent Joseph, 2003 : Evaluation de la précision des traitements analogiques des images satellitaires dans l'étude de la dynamique de l'occupation du sol. Télédétection, 3 (5) pp.429-441.

OLOUKOI Joseph, MAMA Vincent Joseph., AGBO Fulbert Bernadin., 2006, « Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des Collines au Bénin ». Télédétection, 6 (4) pp.305-323.

PONTIUS Robert Gilmore, 2000, « Quantification error versus location in comparison of categorical maps », Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66 (8) pp.1011-1016.

SARR Mamadou Adama, 2009 « Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat », article 472, 7 octobre, *Cybergeo : European Journal of Geography*, Environnement, Nature, Paysage. doi :10.4000/cybergeo.22707

SORO Gnissa, AHOUSSI Eblin Séraphin, KOUADIO Eliézer, SORO Tionoribolo, OULARE Seydou, SALEY Mamadou, BIEMI, Jean, 2014, « Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire) », Afrique SCIENCE, 10(3), pp.146-160.