

Institut National de Formation Agricole de Tové

BP 401 Kpalimé Togo

Tél. : 24 41 07 29

Email : infatove2000@yahoo.fr

République Togolaise

Travail Liberté Patrie



MÉMOIRE DE FIN DE FORMATION

Présenté par

AMENYEKPO Afi Ida

En vue de l'obtention du Diplôme de
Licence Professionnelle Agricole (LPA)

Spécialité : Foresterie et Gestion de l'Environnement

**Suivi par télédétection spatiale de l'évolution des écosystèmes
protégés par l'ONG Ecocent-Togo à Aboudjokopé (Togo)**

Soutenu publiquement le 02 août 2024

Membre de jury :

Président : Dr ADJONOU Kossi, Professeur Titulaire, UL, Togo

Examineur : Dr. ATAKPAMA Wouyo, Assistant, UL, Togo

Directeur : Dr FOLEGA Fousséni, Maître de conférences, UL, Togo

Maître stage : M. SOUONDJA Sinandja, Ingénieur des eaux et forêts

Promotion : 2021-2024



MÉMOIRE DE FIN DE FORMATION

Présenté par

AMENYEKPO Afi Ida

**En vue de l'obtention du Diplôme de
Licence Professionnelle Agricole (LPA)**

Spécialité : Foresterie et Gestion de l'Environnement

**Suivi par télédétection spatiale de l'évolution des écosystèmes
protégés par l'ONG Ecocent-Togo à Aboudjokopé (Togo)**

Soutenu publiquement le 02 août 2024

Membre de jury :

Président : Dr ADJONOU Kossi, Professeur Titulaire, UL, Togo

Examineur : Dr. ATAHPAMA Wouyo, Assistant, UL, Togo

Directeur : Dr FOLEGA Fousséni, Maître de conférences, UL, Togo

Maître stage : M. SOUONDJA Sinandja, Ingénieur des eaux et forêts

Promotion : 2021-2024

DÉDICACE

À mes parents dévoués,

À l'ensemble de ma famille aimante,

C'est avec une profonde gratitude que je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

Notre gratitude au Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et du Développement rural (MAEDR), au Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières (MERF), ainsi qu'au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MESR), en particulier à l'Université de Lomé à travers le Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale (LBEV) de la Faculté des Sciences (FDS), pour leurs généreux soutiens multiformes. Leur engagement a grandement contribué à la réalisation d'une formation de qualité.

Ce présent mémoire est le fruit de la collaboration et de l'engagement de plusieurs personnes. Nos remerciements vont particulièrement à l'endroit du :

Docteur FOLEGA Fousséni, Maître de Conférences et Enseignant-Chercheur à l'Université de Lomé ; en plus de la formation en géomatique appliquée à l'écologie et à la foresterie dont nous avons eu la chance de bénéficier ; a accepté malgré vos multiples charges de diriger la rédaction de ce mémoire de fin cycle. Votre détermination pour une production scientifique rigoureuse et innovante est motivante.

Aux Professeurs AKPAGANA Koffi, BATAWILA Komlan, WALA Kpérkouma, et DOURMA Marra à vos rangs et titre respectif, veuillez accepter nos sincères remerciements pour le cadre de travail favorisant l'éclosion des compétences nationales que vous avez su développer.

Nos remerciements vont à l'endroit de Docteur ADJONOU Kossi, Professeur titulaire à l'Université de Lomé et président de jury, au Docteur ATAHPAMA Wouyo, Assistant à l'Université de Lomé et examinateur de ce mémoire.

Nous tenons également à adresser nos remerciements à l'endroit du Docteur KOMBATE Bimare, membre dévoué de l'équipe d'encadrement des stagiaires au sein du LBEV.

Aux doctorants du LBEV particulièrement DJALOLE Mèyendou, LAMBONI Payéne et BADJARE Bilouktime pour leurs précieuses assistances.

Un grand merci est également dédié à l'ONG "Ecocent-Togo" pour son soutien financier et technique.

Nous exprimons également notre gratitude envers tous les formateurs de l'Institut National de Formation Agricole (INFA) de Tové, qui nous ont encadrés tout au long de la formation.

Nos remerciements vont à l'endroit de Monsieur SOUONDJA Sinandja, Ingénieur des eaux et forêts et maître de stage, à Monsieur ADIKU Bernard, chef de département forêt à l'INFA de Tové, à Monsieur MENSAH Kossi, Ingénieur des eaux et forêts, à Monsieur MENSAH Koffi Martin, à Monsieur GADO Mohamadou, ainsi qu'à Monsieur APELETE Komla Denis Espoir, pour leurs orientations techniques et soutiens multiformes.

Nous exprimons notre gratitude aux camarades de la promotion en particulier aux Messieurs SOUNE, SATIGOU, LABDIEDO, LOABI, pour les moments inoubliables que nous avons partagés et pour leurs assistances.

Enfin, nous remercions chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES TABLEAUX	iv
RÉSUMÉ	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCTION	1
PREMIÈRE PARTIE : REVUE DE LITTÉRATURE.....	5
1.1. Géo-évolution des écosystèmes et des habitats naturels.....	6
1.2. Actions des acteurs privés sur les écosystèmes forestiers.....	6
1.3. Suivi de l'évolution des écosystèmes	8
1.4. Application des outils et technique d'observation de la terre dans le suivi des écosystèmes	9
1.5. Simulation et projection dans l'avenir de l'évolution des écosystèmes forestiers	9
DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIELS ET MÉTHODE.....	11
2.1. Description du milieu d'étude	12
2.2. Méthodologie.....	15
TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS	21
3.1. Cartographie des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé.....	22
3.2. Écologie des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé.....	30
3.3. Structure du paysage	32
3.4. Dynamique prédictive des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé à l'horizon 2049	34
QUATRIÈME PARTIE : DISCUSSION.....	38
4.1. Dynamique de l'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé.....	39
4.2. Mutation paysagère de la forêt communautaire d'Aboudjokopé.....	40
4.3. Changements prédictives dans les occupations du sol	41
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	43
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.....	12
Figure 2 : Courbe ombrothermique d'Aboudjokopé	13
Figure 3 : Plan d'échantillonnage de la forêt communautaire d'Aboudjokopé	16
Figure 4 : Analyse spatiale des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé de 2000 à 2023.....	26
Figure 5 : Évolution des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé de 2000 à 2023.....	29
Figure 6 : Présence de termite (xylophagie)	30
Figure 7 : Zone de transhumance (a, b).....	32
Figure 8 : Occupation décennale de la végétation (2000, 2010, 2020)	33
Figure 9 : Simulation des occupations du sol à l'horizon 2049	35
Figure 10 : Évolution prédictive des occupations du sol	36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Codes des unités d'occupation du sol.....	18
Tableau 2 : Description des métriques paysagères	19
Tableau 3 : Analyse paysagère de la forêt communautaire d'Aboudjokopé de 2000, 2010 et 2020....	34
Tableau 4 : Taux d'évolution des unités d'occupation du sol de 2023 à 2049.....	37

SIGLES ET ACRONYMES

ANN	: Artificial Neural Networks
AVOTODE	: Association des Volontaires Togolais et Togolaises pour le développement
CBD	: Conservation de la Diversité Biologique
CDQ	: Comités de développement de quartier
Ecocent	: Écologie du centenaire
FAO	: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FDS	: Faculté Des Sciences
Fr	: Fréquence relative
Ha	: Hectare
INSEED	: Institut National de la Statistique des Études Economiques et Démographiques
LBEV	: Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale
MAEDR	: Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et du Développement rural
MERF	: Ministère de l'Environnement et des Ressources forestières
MESR	: Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
MOLUSCE	: Modules for Land Use Change Evaluation
NDVI	: Indice de Végétation Normalisée
ODD	: Objectif du développement Durable
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
PNAE	: Plan National d'Action pour l'Environnement
PND	: Plan National de Développement
REED+	: Réduction des émissions de gaz à effet de serre dues à la déforestation et à la dégradation forestière
SPOT	: Système Probatoire d'Observation de la Terre ou Satellite pour l'Observation de la Terre
UEMOA	: Union Économique et Monétaire Ouest-Africaine
UICN	: Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UL	: Université de Lomé

RÉSUMÉ

L'étude de la dynamique de la végétation dans la forêt communautaire d'Aboudjokopé (Togo) entre 2000 et 2023 a révélé des changements significatifs dans les unités d'occupation du sol, en lien avec les activités anthropiques et les efforts de conservation. Cette étude est une contribution à la gestion durable des habitats naturels au Togo. Les images Landsat – Greenest Pixel Yearly (Greenest-Pixel) ont permis d'analyser l'évolution des principales formations végétales, notamment les savanes, les parcs agroforestiers, jachères et cultures, les forêts, les installations humaines et les zones humides. L'analyse paysagère et la simulation des unités d'occupation du sol à l'horizon 2049 ont été respectivement réalisés grâce à l'extension LecoS-Landscape Ecology Statistics du logiciel QGIS 3.16 et au modèle "Cellular Automata Simulation" de l'extension MOLUSCE du logiciel QGIS 2.18.

La dynamique des unités d'occupation du sol révèle qu'en 2000, les savanes couvraient 87,43 % soit 640 ha, Cependant elles ont connu une dynamique régressive pour atteindre 58,79 % (431 ha) en 2023. Cette régression des savanes a bénéficié principalement aux parcs agroforestiers, jachères et cultures, qui ont connu une croissance importante jusqu'en 2009, atteignant 54,49 % (400 ha). Les écosystèmes de forêt, quant à elles, représentaient 6,56 % (48 ha) en 2000, avec une augmentation progressive jusqu'à 39,84 % (292 ha) en 2023, suggérant une réhabilitation progressive des zones forestières.

D'un point de vue de la biodiversité végétale, les savanes abritent 283 espèces végétales réparties en 211 genres et 68 familles, tandis que les forêts présentent une diversité plus modérée avec 102 espèces, 90 genres et 38 familles. Les parcs agroforestiers, jachères et cultures comptent 61 espèces réparties en 60 genres et 30 familles. L'impact humain est minimal, avec une présence négligeable de défrichement, d'érosion, et une absence de curasse, de feu de végétation, de coupe de bois et de chasse.

L'analyse paysagère révèle des processus de fragmentation intense entre 2000 et 2010, notamment pour les savanes et forêts. Cependant, entre 2010 et 2020, une tendance vers l'homogénéisation a été observée, accompagnée d'une fragmentation moindre des savanes indiquant une amélioration progressive de la connectivité écologique. Les projections simulées pour 2049 prévoient une réduction continue des savanes et des installations humaines au profit des formations forestières. Cette étude pourra dans un premier temps être exploitée comme source d'information pour la planification des outils de gouvernance communautaire. Cependant, il est opportun d'approfondir les analyses sur la contribution des sources potentielles à l'atténuation des effets du climat au niveau local.

Mots clés : analyse paysagère, biodiversité, habitats, fragmentation, modélisation prédictive, Aboudjokopé, Togo.

ABSTRACT

A study of vegetation dynamics in the Aboudjokopé community forest (Togo) between 2000 and 2023 revealed significant changes in land-use units, linked to anthropogenic activities and conservation efforts. This study is a contribution to the sustainable management of natural habitats in Togo. Landsat - Greenest Pixel Yearly (Greenest-Pixel) images were used to analyze the evolution of the main vegetation formations, including savannahs, agroforestry parks, fallows and crops, forests, human settlements and wetlands. Landscape analysis and simulation of land-use units to 2049 were respectively carried out using the LecoS-Landscape Ecology Statistics extension of QGIS 3.16 software and the "Cellular Automata Simulation" model of the MOLUSCE extension of QGIS 2.18 software.

The dynamics of land-use units reveal that in 2000, savannahs covered 87.43% (640 ha). However, they have undergone a regressive dynamic to reach 58.79% (431 ha) in 2023. This decline in savannah has mainly benefited agroforestry parks, fallow land and crops, which grew significantly until 2009, reaching 54.49% (400 ha). Forest ecosystems, on the other hand, represented 6.56% (48 ha) in 2000, with a gradual increase to 39.84% (292 ha) in 2023, suggesting a gradual rehabilitation of forest areas.

In terms of plant biodiversity, savannahs are home to 283 plant species in 211 genera and 68 families, while forests are more moderately diverse, with 102 species, 90 genera and 38 families. Agroforestry parks, fallow land and crops are home to 61 species in 60 genera and 30 families. Human impact is minimal, with negligible clearing and erosion, and no curasse, vegetation fires, logging or hunting.

Landscape analysis reveals intense fragmentation processes between 2000 and 2010, particularly for savannahs and forests. However, between 2010 and 2020, a trend towards homogenization was observed, accompanied by less fragmentation of savannahs indicating a gradual improvement in ecological connectivity. Simulated projections for 2049 predict a continued reduction in savannahs and human settlements in favor of forest formations. This study can initially be used as a source of information for planning community governance tools. However, further analysis of the contribution of potential sources to local climate mitigation is required.

Keywords : landscape analysis, biodiversity, habitats, fragmentation, predictive modelling, Aboudjokopé, Togo.

INTRODUCTION

La planète terre est marquée par une diversité étendue d'écosystèmes (N'konou, 2024). Ces écosystèmes sont généralement répartis en deux grands groupes : les écosystèmes aquatiques et les écosystèmes terrestres (StudySmarter). Parmi ces derniers, on trouve les prairies, les forêts tempérées, les forêts boréales et tropicales, les toundras, ainsi que les déserts (Lopez, 2021). Chacun de ces écosystèmes héberge une diversité faunistique et floristique d'une richesse exceptionnelle. Ainsi, la terre, avec sa gamme diversifiée d'écosystèmes (Folega *et al.*, 2017b), témoigne de la complexité de surveillance de ses paysages, qui sont en constante évolution à l'échelle mondiale (Kombate *et al.*, 2019). Cette complexité est exacerbée et persiste en raison des changements climatiques et des modifications globales observées au cours de ces dernières décennies (Madelaine-Antin, 2009 ; Kombate *et al.*, 2019). En outre, les activités anthropiques, associées aux effets des changements globaux, altèrent la plupart des paysages mondiaux, conduisant à la dégradation et à la fragmentation des habitats, avec une perte croissante de diversité floristique et faunique (Folega *et al.*, 2017a ; Folega *et al.*, 2022). En réaction à cette situation, la préservation du climat et des forêts est devenue une préoccupation mondiale urgente, débattue lors des conférences internationales et inscrite dans des accords mondiaux (Solomon, 2007 ; Luedeling & Neufeldt, 2012). Dans une perspective de préservation des écosystèmes, la décennie des Nations Unies pour la restauration des écosystèmes 2021-2030 et les objectifs du développement durable (ODD) ont vu le jour. L'objectif 13 des ODD vise à renforcer la capacité d'adaptation des pays face aux aléas et catastrophes climatiques avec un accent sur le renforcement des capacités des pays les moins avancés et des petits États insulaires en développement. Quant à l'ODD 15, il vise à mettre en place une gestion durable des écosystèmes terrestres en préservant la biodiversité et les sols et limitant les impacts à long terme des catastrophes naturelles. Il préconise l'intégration de la préservation des écosystèmes et de la biodiversité dans les plans nationaux et stratégiques visant à réduire la pauvreté.

En Afrique de l'Ouest, les impacts des changements globaux deviennent de plus en plus évidents, accentués au cours des dernières décennies par la perte d'habitats, la fragmentation des forêts et la chasse non durable (Brashares *et al.*, 2004 ; Atsri *et al.*, 2018a ; Luiselli *et al.*, 2019). Les pays de l'Afrique de l'Ouest détiennent le record mondial de dégradation du potentiel forestier (Folega *et al.*, 2017a). Afin de réduire

cette dégradation, l'Afrique de l'Ouest a adopté depuis janvier 1994 le traité instituant l'Union Économique et Monétaire ouest-africaine (UEMOA), pour la préservation de l'environnement et les défis majeurs du développement durable.

Au Togo, l'examen à long terme de l'utilisation des terres révèle une fluctuation significative des modalités d'utilisation du sol, contribuant ainsi à la dégradation du couvert végétal (Polo-Akpisso *et al.*, 2016 ; Folega *et al.*, 2017b ; Folega *et al.*, 2022). En effet, les activités humaines, engagées pour répondre aux besoins socio-économiques des populations, conduisent à la fragmentation et à la perte d'habitats de la faune et de la flore (Fahrig, 2003 ; Folega *et al.*, 2022). Par conséquent, les mesures nationales, telles que le Plan National d'Action pour l'Environnement (PNAE) (1998), la stratégie nationale pour la Conservation de la Diversité Biologique (CDB) (2003), la révision du Plan d'Action Forestier National (2011), le Plan National de Développement (PND) (2018) et la feuille de route gouvernementale (2020) ont été élaborés en vue de protéger et préserver les écosystèmes forestiers.

Malgré ces efforts, la dégradation des habitats naturels est observée dans certaines parties du Togo, notamment dans la Préfecture d'Agou, et plus précisément à Aboudjokopé. Face à cette déforestation sans cesse croissante, il devient impératif de mettre en œuvre des mesures de protection, de faire les enrichissements d'espèces locales et de proposer des plans d'aménagement forestier durable. D'où la création de la forêt communautaire d'Aboudjokopé de la part de L'ONG "Nature office" en collaboration avec la communauté d'Aboudjokopé par le projet dénommé « Project Togo » dirigé par Ecocent-Togo depuis 2012. En vue de mener des actions de gestion durable, l'état des lieux de cette forêt s'avère nécessaire. Ainsi, il se pose le problème de suivi de l'évolution des écosystèmes de la forêt communautaire d'Aboudjokopé. Pour résoudre ce problème, les évolutions spatio-temporelles de l'occupation des terres, en particulier celles liées à la végétation, sont devenues des indicateurs essentiels pour évaluer la santé des écosystèmes (Arouna *et al.*, 2016). Aussi, une connaissance approfondie de tous les aspects écologiques et physiologiques de la végétation est indispensable pour dresser un état des lieux (Folega *et al.*, 2010 ; Wala *et al.*, 2012 ; Folega *et al.*, 2017a).

Ces constats amènent à se poser plusieurs questions. Comment la dynamique spatiale des écosystèmes de la forêt communautaire d'Aboudjokopé a-t-elle évolué

avant et après l'intervention de l'ONG "Nature Office" ? Quels changements paysagers significatifs ont été observés au cours des deux dernières décennies ? Comment sera l'évolution des habitats jusqu'à la fin du projet ?.

L'objectif général de cette recherche est de contribuer à une gestion durable des habitats naturels au Togo. Spécifiquement, il s'agit de :

- analyser la dynamique spatiale de la série temporelle 2000-2023 ;
- caractériser l'écologie des unités d'occupation du sol ;
- faire une analyse paysagère décennale des habitats; et
- modéliser la dynamique des unités d'occupation du sol à l'horizon 2049.

Pour mener à bien cette étude, nous formulons les hypothèses suivantes : la dynamique spatiale des écosystèmes de la forêt communautaire d'Aboudjokopé montre une augmentation significative de la couverture forestière depuis l'installation de l'ONG "Nature Office" ; les unités d'occupation du sol dans cette forêt sont caractérisées par des variations écologiques distinctes, fortement influencées par l'intensité des activités humaines et les conditions climatiques locales ; les analyses paysagères décennales révèlent une fragmentation accrue de la couverture forestière ; enfin, la modélisation de la dynamique des unités d'occupation du sol à l'horizon 2049 prévoit une augmentation de la couverture forestière si les mesures de conservation sont renforcées et rigoureusement appliquées.

Ce document est structuré en quatre (4) parties distinctes. Initialement, il débute par une introduction établissant le contexte de l'étude et exposant la problématique. Ensuite, la revue de la littérature est abordée en premier lieu. La deuxième partie englobe la description de la zone d'étude, ainsi que la méthodologie minutieusement détaillée pour la collecte et le traitement des données. La troisième section se consacre à la présentation des résultats obtenus, suivie d'une discussion approfondie dans la quatrième partie. Enfin, la conclusion générale offre une synthèse des principaux résultats, suivie de quelques recommandations pertinentes.

PREMIÈRE PARTIE : REVUE DE LITTÉRATURE

1.1. Géo-évolution des écosystèmes et des habitats naturels

La forêt, en tant que composante majeure des écosystèmes, présente un dynamisme intrinsèque régi par les cycles biologiques des arbres, englobant leur naissance, croissance, sénescence et mort. Ce processus naturel, connu sous le nom de sylvigénèse, se déroule sur des périodes prolongées, marquées par des phases sylvigénétiques délimitant des étapes physiologiques correspondant au cycle de vie des arbres (Bastien & Bournérias, 2023). À l'échelle mondiale, les forêts recouvrent environ 31 % des terres émergées, jouant ainsi un rôle essentiel dans la régulation du climat et la préservation de la biodiversité (De Galbert, 2013) avec une répartition de 24% de forêts, 15 % de prairies et de toundra, 15 % de savanes et 11 % de cultures (Dauriac, 2004). Cependant, on note une tendance régressive du couvert végétal, comme en témoigne le rapport de la FAO (FAO, 2010). Ce rapport indique une réduction de 5,2 % de la superficie des écosystèmes forestiers en Afrique entre 2000 et 2010, entraînant une perte annuelle de 3,4 millions d'hectares (Polo-Akpisso *et al.*, 2016).

Au Togo, l'examen à long terme de l'utilisation des terres révèle une fluctuation significative des modalités d'utilisation du sol, contribuant ainsi à la dégradation du couvert végétal (Polo-Akpisso *et al.*, 2016 ; Folega *et al.*, 2017b ; Folega *et al.*, 2022). Ces constats soulignent l'urgence de surveiller de près l'évolution spatiale des écosystèmes afin d'adopter des stratégies de gestion durable (Folega *et al.*, 2014 ; Folega *et al.*, 2017a).

1.2. Actions des acteurs privés sur les écosystèmes forestiers

Les écosystèmes forestiers jouent un rôle crucial dans la régulation du climat, la conservation de la biodiversité et la fourniture de ressources naturelles (Madzous *et al.*, 2021 ; Koffi N'dere *et al.*, 2024). Ceci étant, la préservation de la diversité biologique des forêts revêt une importance cruciale, tant pour la conservation de la nature que pour la gestion durable des ressources forestières (Burley, 2002 ; Bawa *et al.*, 2022). Ainsi, les dynamiques politiques et les initiatives nationales en faveur de la gestion durable des ressources naturelles évoluent constamment à l'échelle mondiale, en réponse aux préoccupations croissantes liées aux activités humaines. En outre,

l'accord sur la diversité biologique, élaboré à Rio de Janeiro en 1992, souligne l'impératif de protéger et de préserver les écosystèmes (UICN, 1994).

Les objectifs 13 et 15 de l'Agenda 2030 pour le développement durable (ODD) mettent l'accent sur la conservation des écosystèmes. L'objectif 13 vise à renforcer la capacité d'adaptation des pays face aux aléas climatiques, mettant particulièrement l'accent sur les pays les moins avancés et les petits États insulaires en développement. Quant à l'objectif 15, il s'attache à instaurer une gestion durable des écosystèmes terrestres (forêts et montagnes), préservant la biodiversité et les sols tout en limitant les impacts à long terme des catastrophes naturelles. Ces objectifs appellent à l'intégration de la protection des écosystèmes et de la biodiversité dans les planifications nationales et les stratégies de réduction de la pauvreté.

À l'échelle de l'Afrique de l'Ouest, le Traité instituant l'UEMOA, signé le 10 janvier 1994, prend en compte la préservation de l'environnement et les défis majeurs du développement durable. Toutefois, au niveau national, le Togo démontre son engagement envers la préservation des ressources naturelles en adhérant à la convention de Ramsar (Badabaté *et al.*, 2012 ; Bawa *et al.*, 2022). Ainsi, la Loi n° 2008-005 sur l'environnement garantit à chaque citoyen le droit à un environnement sain. Ceci étant, la stratégie nationale pour la Conservation de la Diversité Biologique (CDB) élaborée en 2003, assortie d'un Plan d'Action National, ainsi que la révision du Plan d'Action Forestier National en 2011 illustrent l'engagement continu du Togo envers la gestion durable de ses écosystèmes forestiers.

Dans la perspective du développement durable et de la prévention des crises futures, le Togo a élaboré dans sa feuille de route gouvernementale (2020-2025) 42 projets et réformes prioritaires, dont le Projet 36 : Programme de mobilité verte, le Projet 35 : Réponse aux risques climatiques majeurs, et la Réforme 6 : Réforme de la législation environnementale. Par conséquent, la création de l'Agence nationale de gestion de l'environnement, l'adoption du projet REED+, la mise en place d'aires protégées, et la promotion de forêts communautaires et privées témoignent des efforts soutenus du Togo pour la protection des écosystèmes. Aussi, des études ont été réalisées pour présenter l'état des lieux des plants forestiers produits et plantés dans la région des Plateaux (Samarou *et al.*, 2023). Des actions de restauration de la mangrove togolaise ont été réalisées en 2020 surtout dans la commune d'Aného par l'ONG AVOTODE et

CDQ (Guelly *et al.*, 2020). Des initiatives telles que le projet "PROJECT TOGO" mené par l'ONG Ecocent-Togo à Aboudjokopé illustrent également la contribution active de la société civile à la préservation et à la gestion durable des habitats naturels (Egbelou *et al.*, 2021).

1.3. Suivi de l'évolution des écosystèmes

Les écosystèmes, véritables témoins de la diversité planétaire, jouent un rôle essentiel dans la fourniture de biens et de services cruciaux pour l'humanité (MEA, 2005 ; Brockerhoff *et al.*, 2017 ; Folega *et al.*, 2017b ; Rolando *et al.*, 2017). Malgré leur importance, plusieurs rapports mettent en lumière les différentes menaces grandissantes qui pèsent sur les écosystèmes forestiers à l'échelle mondiale, avec pour cause la perte et à la dégradation des habitats forestiers, amplifiées par les changements climatiques (Baillie *et al.*, 2004 ; MEA, 2005 ; FAO, 2006 ; Parry, 2007). Selon la FAO, au cours des trois dernières décennies, la déforestation, exacerbée par le changement climatique, a entraîné la perte de 129 millions d'hectares de forêts entre 1990 et 2015 (Badjaré *et al.*, 2018 ; MERF, 2016). En effet, la faible allocation de ressources au secteur forestier, la pression démographique croissante et la fragilité des institutions publiques affectent la gestion des ressources forestières, entraînant la déforestation et altérant la qualité des services forestiers, menaçant ainsi les écosystèmes (Seagle, 2010 ; Folega *et al.*, 2014 ; Acharya & Kafle, 2009). Au cours du 21ème siècle, la préservation du climat et des forêts est devenue une préoccupation mondiale urgente, discutée lors des conférences internationales et dans des accords mondiaux (Solomon, 2007 ; Luedeling & Neufeldt, 2012).

En Afrique, les forêts telles que les forêts galeries, les forêts riveraines et les forêts sèches abritent de nombreuses espèces de flore et de faune, dont beaucoup sont endémiques au continent et ont été menacées au fil des décennies (O'Connor *et al.*, 2007 ; Folega *et al.*, 2014). Ainsi, l'accroissement de la pression humaine sur les ressources naturelles génère des perturbations dans les écosystèmes terrestres, entraînant des pertes de biodiversité (Bouko *et al.*, 2007 ; Kpedenou *et al.*, 2016).

Au Togo, on note une faible couverture forestière estimée à 24,4% qui n'est pas épargnée aux problèmes de déforestation et de dégradation (MERF, 2016). Des études ont révélé que ces écosystèmes forestiers des aires protégées semblaient bien

préservés, tandis que les zones non protégées subissaient diverses pressions humaines (Folega *et al.*, 2014). Les travaux récents à Aboudjokopé indiquent une régression des superficies de jachères/cultures et de zones urbaines/sols nus, mais une progression des forêts denses, des forêts claires/savanes boisées et des savanes arborées/savanes arbustives (Egbelou *et al.*, 2021). Pour une meilleure conservation et l'accroissement du potentiel des ligneux de la forêt communautaire d'Aboudjokopé, il est impératif de renforcer la gestion, la surveillance et l'enrichissement avec des espèces locales (Egbelou *et al.*, 2021).

1.4. Application des outils et technique d'observation de la terre dans le suivi des écosystèmes

De nombreux chercheurs convergent sur la possibilité d'établir une surveillance automatisée de la couverture forestière afin d'évaluer l'occupation du sol et ses évolutions (Bruneau *et al.*, 1981 ; Collins & Woodcock, 1994 ; Coppin & Bauer, 1996). L'utilisation d'images satellites historiques s'avère essentielle pour évaluer le taux annuel de régression, permettant ainsi une compréhension approfondie et une surveillance améliorée de ces espaces (Musubao *et al.*, 2022).

Au Togo, la télédétection spatiale a joué un rôle crucial dans la détermination de la dynamique d'occupation du sol (Folega *et al.*, 2017b ; Dourma *et al.*, 2020). L'analyse des images de Google Earth de 2012 et 2018 a révélé des modifications dans la forêt communautaire d'Aboudjokopé et les zones avoisinantes (Egbelou *et al.*, 2021). Cependant, en se focalisant sur l'évolution des écosystèmes pris en charge par Ecocent-Togo à Aboudjokopé, l'importance cruciale de la télédétection spatiale devient évidente, permettant l'évaluation des modifications du couvert végétal et la mise en place d'initiatives de conservation. L'utilisation des systèmes d'observations de la terre pour le fonctionnement des surfaces et à des fins de surveillance et de gestion de l'environnement est donc indispensable (Kaptue, 2010).

1.5. Simulation et projection dans l'avenir de l'évolution des écosystèmes forestiers

La conservation de la diversité biologique des forêts revêt une importance primordiale, non seulement pour promouvoir la conservation de la nature, mais aussi comme élément clé de la gestion durable des forêts (Burley, 2002 ; Bawa *et al.*, 2022). Ainsi,

le concept de « gestion durable » a conduit à l'élaboration d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs, destinés à évaluer la gestion forestière actuelle et son évolution passée (Hamza, 2002). Pour une gestion durable des forêts, il est primordial de connaître comment et pourquoi la superficie forestière change au fil du temps. En effet, les changements peuvent entraîner un amenuisement ou une expansion à long terme des écosystèmes forestiers (Akakpo *et al.*, 2017 ; FAO, 2015). Les projections faisant recours aux images satellitaires permettent d'impacter les décisions sur l'aménagement et la gestion des écosystèmes afin de réduire les risques de disparition des ressources naturelles si aucune action n'est entreprise (Nda *et al.*, 2019).

DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIELS ET MÉTHODE

2.1. Description du milieu d'étude

2.1.1. Situation géographique de la forêt communautaire d'Aboudjokopé

Située entre 6°38'23" et 6°40'45" Latitude Nord et entre 0°42'10" et 0°43'57" Longitude Est, la forêt communautaire d'Aboudjokopé est l'une des grandes forêts de la préfecture d'Agou dans la région des plateaux au Togo. Avec une superficie d'environ 726 ha, cette forêt est actuellement gérée par l'ONG « Ecocent-Togo » sous la gouvernance de l'ONG « Nature office » basée en Allemagne. Elle est située dans la zone écologique IV, dans le canton d'Agotimé Nord, limitée au nord et à l'Ouest par le village Aboudjokopé, au sud par Glikpo, puis à l'Est par le village Kplokploti (Figure 1).

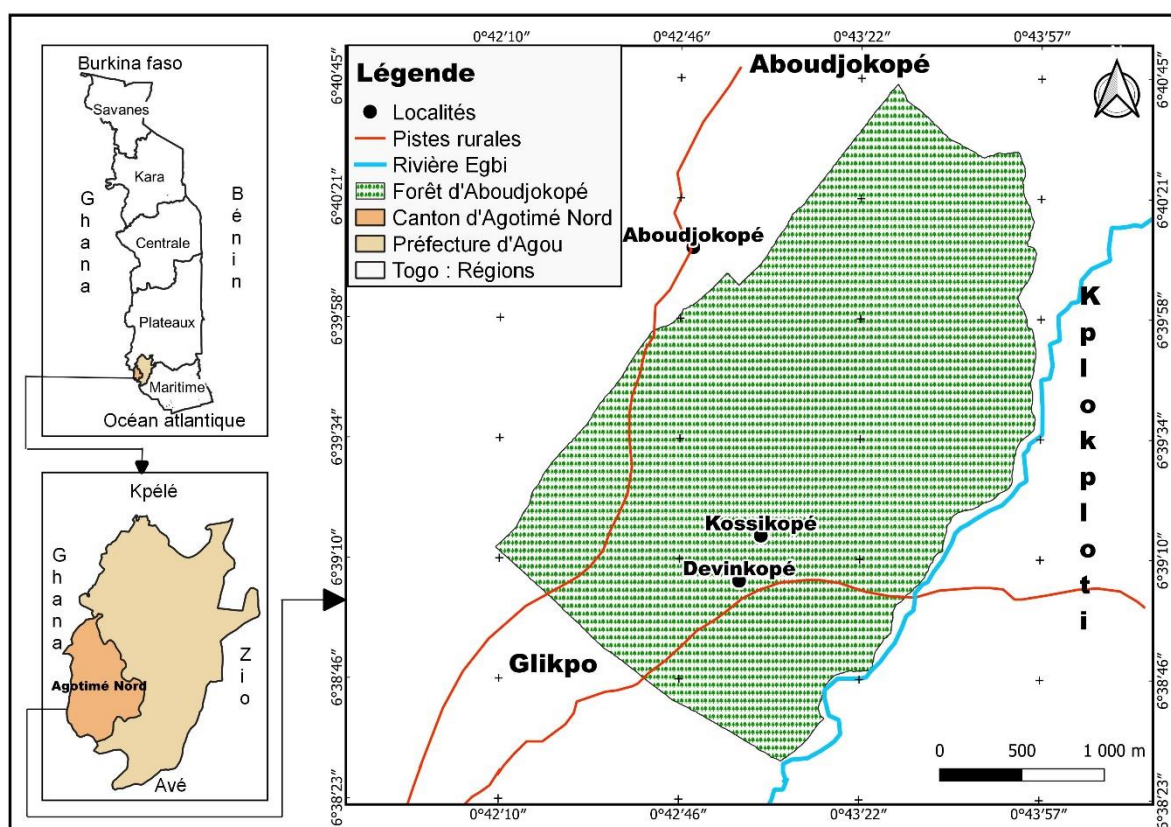


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Source : IGN TOGO, INSEED, actualisée par Amenyekpo A. I./Folega F./LBV (février 2024)

2.1.2. Facteurs abiotiques de la forêt communautaire d'Aboudjokopé

Les facteurs abiotiques sont tous les éléments qui interviennent dans la caractérisation d'un écosystème donné (Laamrani *et al.*, 2014 ; Durango, 2021). Plusieurs facteurs abiotiques caractérisent la forêt communautaire d'Aboudjokopé tels

qu'un climat subéquatorial favorable, un relief peu accidenté, une diversité pédologique et un réseau hydrographique dense.

2.1.2.1. Climat

Aboudjokopé jouit d'un climat subéquatorial de type guinéen favorable au développement de la végétation. Ce climat est caractérisé par quatre (4) saisons, dont deux (2) saisons pluvieuses et deux saisons (2) sèches. La grande saison des pluies s'étend d'avril à juillet et la petite saison de septembre à octobre (Figure 2).

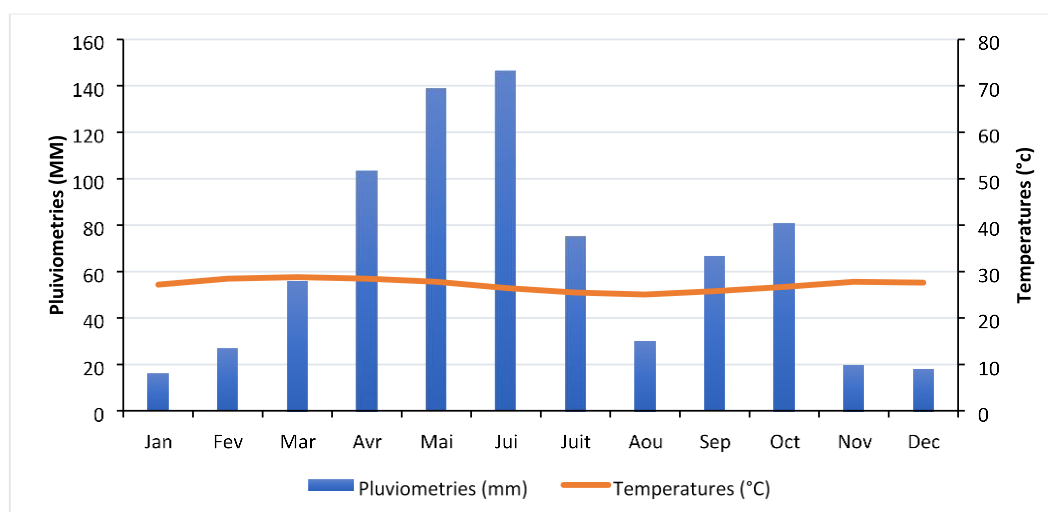


Figure 2 : Courbe ombrothermique d'Aboudjokopé

Source : Direction de la météorologie Nationale (2022)

Annuellement, la pluviométrie varie entre 1500 mm et 2300 mm/an. La hauteur maximale des pluies est observée au cours du mois de juin. Quant à la grande saison sèche, elle s'étend de novembre à mars et la petite saison sèche d'août à septembre. En moyenne, la température annuelle varie entre 22°C et 30°C.

2.1.2.2. Relief et sol

Le village Aboudjokopé est doté d'un relief plus ou moins accidenté, dominé par de vastes plaines. Les sols sont majoritairement sablo-limoneux et très riches en humus.

2.1.2.3. Réseau hydrographique

Aboudjokopé est traversé par la rivière « Egbi », d'une longueur de 61 kilomètres, située à l'est de la forêt communautaire. Elle se déverse dans la rivière Togbé au sud-ouest de la forêt. La présence de cette rivière joue un rôle essentiel dans la

préservation des animaux sauvages au sein de la forêt communautaire d'Aboudjokopé, particulièrement pendant la saison sèche. En effet, elle demeure constante et atteint son niveau maximal en juin, assurant ainsi une source d'eau abondante. Outre la rivière principale, on recense également des mares et des cours d'eau saisonniers à l'intérieur de la forêt. Bien que les facteurs abiotiques aient une influence significative sur la caractérisation de cet écosystème, les facteurs biotiques jouent également un rôle crucial dans son évolution.

2.1.3. Facteurs biotiques de la forêt communautaire d'Aboudjokopé

Les facteurs biotiques sont les éléments vivants d'un écosystème, tels que la végétation, la faune, la population et les activités socio-économiques (Durango, 2021). Dans le cas spécifique de la forêt communautaire d'Aboudjokopé, il s'agit d'une végétation et d'une faune abondantes et diversifiées, en plus des caractéristiques socio-économiques.

2.1.3.1. Végétation et faune

Les formations denses sèches et semi-décidues sont caractéristiques de la zone écologique IV (Ern, 1979). La végétation d'Aboudjokopé est constituée principalement des forêts denses, forêts riveraines, forêts claires/savanes boisées, savanes arborées/savanes arbustives et des parcs agroforestiers-jachères-cultures selon la classification du Togo. La faune sauvage est constituée des phacochères, cobes de Buffon, biches, singes, pintades sauvages, gazelle, insectes, aulacodes, écureuils, serpents, oiseaux, tortues...

2.1.3.2. Caractéristiques socio-économiques d'Aboudjokopé

En 2024, le nombre d'habitants vivant aux abords de la forêt communautaire d'Aboudjokopé est estimé à 1553 personnes (INSEED). On rencontre différents groupes ethniques tels que les Ewés, Adjias, Kabyès et les Mobas. Les religions pratiquées sont l'animisme et le christianisme.

L'agriculture, l'élevage, la chasse, le commerce et l'artisanat sont des activités génératrices de revenus pour la population d'Aboudjokopé. Les principales cultures vivrières sont : céréales (maïs, mil et sorgho), légumineuses (soja, arachide et niébé),

tubercules (igname et manioc), légumes (aubergine africaine, corète potagère et gombo). Les animaux élevés à Aboudjokopé sont : les ovins, les caprins, les équines et les lapins.

2.2. Méthodologie

2.2.1. Collecte de données

2.2.1.1. Acquisition des images satellitaires de la forêt communautaire d'Aboudjokopé

Une importante source de données satellites préclassifiées de moyenne résolution a été obtenue sur la plateforme Earthmap.org (<https://earthmap.org/>) à partir du fichier vecteur de la forêt communautaire d'Aboudjokopé . Il s'agissait d'une série d'images Landsat - Greenest Pixel Yearly avec une résolution spatiale de 30 mètres, couvrant les années de 2000 à 2023. Cette source de données, qualifiée de Landsat - Greenest Pixel Yearly (Greenest-Pixel), a été produite par les procédés de Google Earth qui ont pris en compte toutes les scènes annuelles, du premier jour de l'année jusqu'au dernier, en mettant l'accent sur les pixels les plus verts comme valeur composite.

Le choix spécifique des images Landsat - Greenest Pixel Yearly s'est justifié par leur prise en compte de toutes les scènes annuelles, du premier jour de l'année jusqu'au dernier, leur disponibilité et leur accès sans frais. Ces images, en plus de leur qualité, ont offert une ressource fiable et facilement accessible pour une analyse sur une période étendue.

2.2.1.2. Vérification terrain et caractérisation écologique

Les placettes utilisées pour la vérification sur le terrain ont également servi d'inventaire floristique et écologique. L'échantillonnage a été réalisé en se fondant sur les travaux de Richter (2012), qui préconisait un taux minimum de 1 % dans les forêts sèches et savanes lorsque la surface du massif dépasse 500 hectares. Chaque placette, d'une superficie de 1000 m² (0,1 hectare), a conduit à un nombre total de placettes (Np) équivalent à 145. Afin d'assurer une distribution équitable, l'équidistance entre les placettes a été déterminée en prenant la racine carrée du rapport entre la superficie

totale échantillonnée (726 ha) et le nombre total de placettes (108,9), ce qui donne une distance de 223,6 mètres (figure 3).

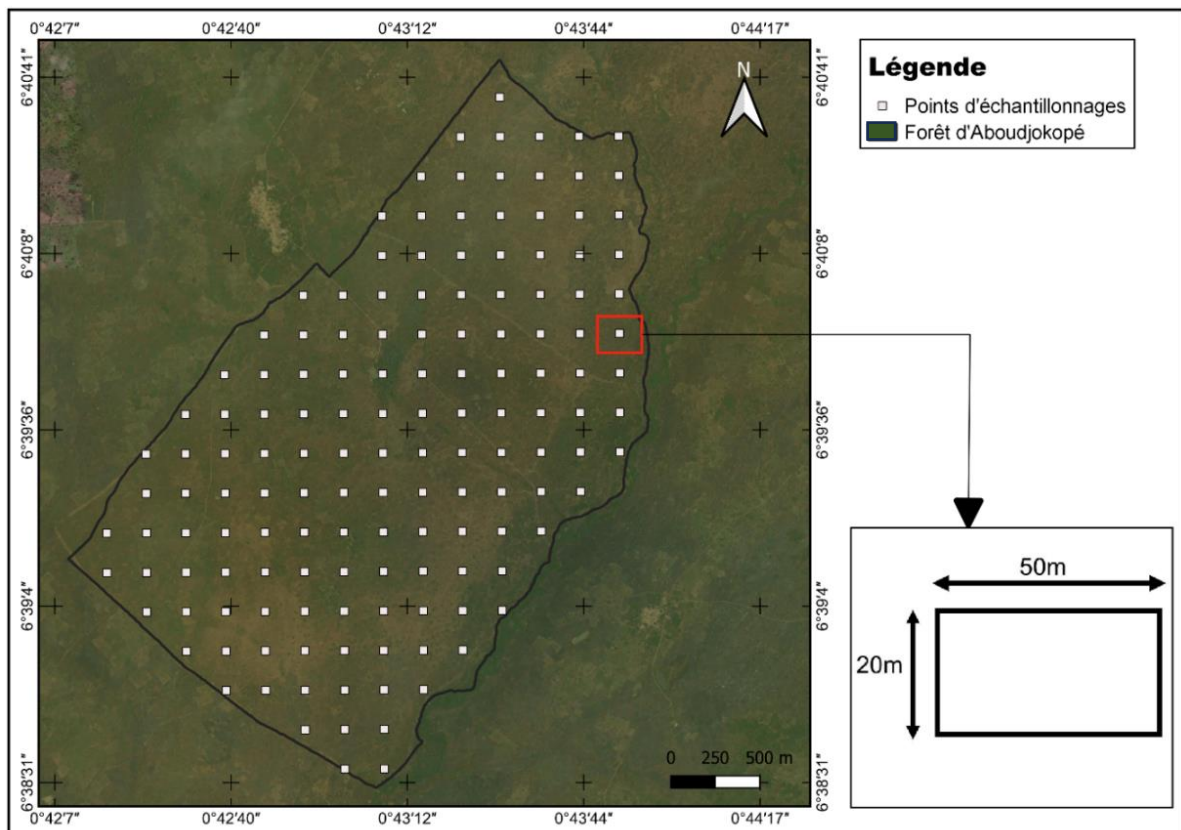


Figure 3 : Plan d'échantillonnage de la forêt communautaire d'Aboudjokopé

Source : ESRI Satellite (ArcGIS/World Imagery) et travaux de terrain, actualisé par Amenyekpo A. I./Folega F./LBEV (février 2024)

Pour maintenir la rigueur statistique, une grille de points régulière, couvrant la superficie totale de la forêt, a été générée à l'aide du logiciel QGIS 3.16. Ces coordonnées servaient sur le terrain pour localiser les points d'échantillonnage, garantissant ainsi une répartition uniforme sur l'ensemble de la forêt. À chaque point, des parcelles rectangulaires d'échantillonnage de 50 mètres de longueur sur 20 mètres de largeur (Figure 3) ont été établies.

Les relevés floristiques et écologiques ont consisté en un inventaire exhaustif réalisé au sein de chaque placette. Cet inventaire a permis d'enregistrer diverses données, telles que le type de formation, les noms scientifiques des espèces d'arbres et d'herbacées, ainsi que la densité du peuplement ligneux. De plus, la présence d'activités anthropiques, l'espèce dominante dans chaque placette, et l'emplacement par rapport aux cours d'eau ont été notés. L'absence d'incidences telles que les feux

de végétation, les coupes de bois, ou d'autres perturbations anthropiques a également été vérifiée.

En parallèle, la présence de termites, fourmis, chenilles, champignons, mille-pattes et vers de terre a été recensée. Des échantillons de sol ont été prélevés pour analyse, tandis que le taux d'érosion et le niveau de ruissellement ont été observés. Concernant la faune, une évaluation a été réalisée par observation directe, écoute des émissions sonores des animaux, détection d'empreintes, et identification de vestiges tels que les plumes et les ossements (Annexe 1&2 : fiches floristiques et écologiques).

2.2.2. Traitement des données

Le traitement des données s'est fait après la collecte, et ce en plusieurs étapes : La première étape consistait à la classification et poste-classification des données spatiales, suivi de l'analyse de la dynamique spatio-temporelle, ensuite l'évaluation de la diversité floristique et écologique, l'analyse paysagère décennale puis la modélisation prédictive.

2.2.2.1. Classification et Poste-classification des images satellitaires de la forêt communautaire d'Aboudjokopé

En vue d'une amélioration de la préclassification des unités d'occupation du sol, une classification et poste-classification ont été effectuées en utilisant les images satellitaires Landsat - Greenest Pixel Yearly des années 2000 à 2023 préclassifiées disponibles sur la plateforme Earthmap.org (<https://earthmap.org/>). La classification a consisté à une agrégation des pixels similaires représentant les différents types d'occupation du sol à partir des codes qui varient de 1 à 5 (Tableau 1) avec le logiciel ArcMap 10.4.1 (Khoudiri & Chakal, 2024). Afin de reclasser les unités d'occupation du sol selon les réalités du terrain, les images Google Earth ont été visualisées (Egbelou *et al.*, 2021). Les classes d'occupation et d'utilisation des terres ont été déterminées en se référant à la classification du Togo issue de l'Inventaire Forestier National, ainsi qu'aux couleurs de catégorisation de l'indice de végétation normalisée (NDVI). Ces classes comprennent les zones humides, les installations humaines (agglomérations et les sols nus), les parcs agroforestiers-jachères et cultures, les savanes (boisées, arbustives et arborées), ainsi que les forêts (claires et denses).

La poste-classification a été effectuée en vectorisant les rasters issus de la classification. Ensuite, les vecteurs ont été ramenés dans le logiciel QGIS 3.16 pour une recodification des pixels dans le but d'une mise en page ultérieure.

Tableau 1 : Codes des unités d'occupation du sol

Unités d'occupation du sol	Codes
Zones humides	1
Installations humaines	2
Parcs agroforestiers, jachères et cultures	3
Savanes	4
Forêts	5

2.2.2.2. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol

Avant de procéder à une mise en page définitive des résultats cartographiques, la superficie des différentes classes pour chaque année a été générée dans le logiciel ArcMap 10.4.1. Après l'obtention des superficies, les différentes images ont subi une analyse spatiale des unités d'occupation afin d'établir la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol.

Le taux d'évolution (Ta) d'une unité d'occupation donnée entre deux années X et Y, exprimant la proportion de chaque unité de végétation naturelle qui change annuellement a été évaluée (Folega *et al.*, 2021) par la relation suivante :

$$Ta = \frac{\frac{(SY-SX)}{SX} \times 100}{l}$$

SX = superficie d'une unité de végétation en année X ; SY = superficie de la même unité de végétation en année Y ; l = nombre d'années entre les années X et Y.

Si $Ta = 0$, on conclut qu'il y a stabilité. Si $Ta < 0$, on conclut qu'il y a diminution de cette unité. Si $Ta > 0$, on conclut qu'il y a extension de cette unité.

2.2.2.4. Analyses paysagères des unités d'occupation du sol

La structure des unités paysagères a été quantifiée à partir des cartes des années 2020, 2010 et 2000. Afin d'agréger à différentes échelles les informations sur la composition et la structure des unités d'occupation du sol, des métriques paysagères ont été calculées à l'aide de l'extension LecoS-Landscape Ecology Statistics du logiciel QGIS 3.16. Sur dix (10) métriques du paysage les plus utilisées dans l'analyse

des paysages (Dimobe *et al.*, 2017), quatre (4) ont été sélectionnées et ont permis d'appréhender la structure paysagère à l'échelle du paysage (Tableau 2).

Tableau 2 : Description des métriques paysagères

Échelle d'analyse	Structure du paysage	Métrique	Description
Classe	Dominance	Landscape Proportion (Proportion du paysage)	Cette métrique qualifie l'abondance proportionnelle des classes dans le paysage total.
Paysage/Classe	Fragmentation	Number of Patches (Nombre de taches)	Il exprime le nombre de correctifs identifiés pour chaque classe.
Classe	Fragmentation	Patch density (densité des taches)	Elle est égale au nombre du type de parcelle correspondant divisé par la superficie totale du paysage.
Classe	Connectivité	Patch cohesion index (Indice de cohérence des taches)	Elle renseigne sur la configuration du paysage. Elle caractérise la connectivité des tâches appartenant à une classe.

2.2.2.5. Modélisation prédictive de l'occupation du sol à l'horizon 2049

Dans cette étude, les logiciels InVEST 3.14 et l'extension MOLUSCE de QGIS 2.18 ont été utilisés pour analyser les changements d'occupation du sol et projeter ces évolutions jusqu'à l'horizon 2049, avec une attention particulière portée aux années 2014 et 2018. Ces deux années ont été sélectionnées spécifiquement, car elles mettent en évidence les efforts de l'ONG Ecocent-Togo, qui a initié des actions significatives pour la conservation des écosystèmes et l'amélioration de l'environnement local. Les changements observés au cours de cette période reflètent donc les impacts tangibles des interventions de cette ONG.

Dans un premier temps, le logiciel InVEST 3.14 a été utilisé pour extraire et aligner les rasters des facteurs biophysiques tels que le réseau routier, les rivières et environnementaux dont les cartes de pente et d'élévation pour les années 2014 et 2018. Ces données ont été soigneusement choisies et préparées pour garantir qu'elles étaient alignées en termes de projection spatiale et de résolution, assurant

ainsi une analyse fiable. InVEST a permis de traiter ces différentes couches géospatiales, les rendant prêtes pour l'étape de modélisation.

Ensuite, l'extension MOLUSCE a été utilisée pour la modélisation des changements d'occupation du sol à travers les réseaux de neurones artificiels (ANN). Les cartes d'occupation des sols des années 2014 et 2018 ont été chargées dans le module d'entrée de MOLUSCE, fournissant une base pour analyser les transitions entre les différentes unités d'occupation du sol (Rahnama, 2021 ; Muhammad *et al.*, 2022 ; Baghel *et al.*, 2024). MOLUSCE a permis de calculer les changements entre ces deux années, générant des matrices de transition qui montrent les dynamiques entre les différents types de couvertures des sols. Ces matrices ont permis de visualiser les impacts directs des actions d'Ecocent-Togo, comme les efforts de reboisement.

Les résultats de cette analyse ont ensuite été utilisés pour entraîner un modèle de réseaux de neurones artificiels (ANN) en tenant compte des données biophysiques (réseau routier, rivières) et environnementales (pente, élévation) en tant que variables explicatives. Le modèle ANN a permis de modéliser les futurs changements d'occupation du sol en se basant sur les tendances historiques entre les images classifiées de 2014 et 2018.

Pour valider le modèle, une simulation de l'occupation du sol pour l'année 2023 a été réalisée. Le coefficient de Kappa a été utilisé pour mesurer l'accord entre les cartes simulées pour 2023 et l'image classifiée. Un coefficient de Kappa élevé a démontré la précision du modèle. Une fois validé, le modèle a été utilisé pour projeter les changements d'occupation du sol à l'horizon 2049. Cette projection permet d'anticiper l'évolution de l'occupation du sol sous l'influence des actions d'Ecocent-Togo et des facteurs environnementaux, offrant ainsi une vision claire des impacts à long terme.

TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS

3.1. Cartographie des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé

3.1.1. Analyse des unités d'occupation du sol

L'analyse des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé s'est faite de 2000 à 2023 (Figure 4).

L'image de l'année 2000 montre que les savanes occupaient une grande superficie (87,43% soit 640 ha), suivies des forêts (6,56%, soit 48 ha). Les parcs agroforestiers, jachères et cultures ne représentaient que 4,51% du sol, soit 33 ha. Les installations humaines et les zones humides étaient faiblement représentées respectivement 1,23% soit 9 ha et 0,27% soit 2 ha.

L'image de 2001 révèle une dominance des savanes (581 ha, soit 79,37%). Ensuite, on distingue les forêts (88 ha, soit 12,02%), les parcs agroforestiers, jachères et cultures (48 ha, soit 6,56%), les installations humaines (10 ha, soit 1,37%) et les zones humides (5 ha, soit 0,68%).

En 2002, les images satellites classifiées montrent une forte proportion des savanes (515 ha, soit 70,45%), suivies des parcs agroforestiers, jachères et cultures (98 ha, soit 13,41%), des forêts (92 ha, soit 12,59%), des installations humaines (19 ha, soit 2,59%), et des zones humides (7 ha, soit 0,96%).

En 2003, la répartition spatiale des unités d'occupation du sol met en exergue la dominance des savanes (536 ha, soit 73,12%), suivies des parcs agroforestiers, jachères et cultures (145 ha, soit 19,78%), des forêts (42 ha, soit 5,73%), des installations humaines (8 ha, soit 1,09%), et des zones humides (2 ha, soit 0,27%).

En 2004, les principales formations dominantes de la forêt communautaire d'Aboudjokopé étaient les savanes (536 ha, soit 73,22%), suivies des parcs agroforestiers, jachères et cultures (147 ha, soit 20,08%), des forêts (39 ha, soit 5,33%), des installations humaines (8 ha, soit 1,09%) et des zones humides (2 ha, soit 0,27%).

En 2005, les savanes occupaient une grande superficie avec un taux de 57,65% soit 422 ha, suivies des parcs agroforestiers, jachères et cultures (35,66%, soit 261 ha),

des forêts (5,33%, soit 39 ha). Les installations humaines et les zones humides sont restées stables.

En 2006, les savanes occupaient 392 ha, soit 53,48%, suivies des parcs agroforestiers, jachères et cultures (291 ha, soit 39,69%), des forêts (39 ha, soit 5,32%), des installations humaines (9 ha, soit 1,23%), et des zones humides (2 ha, soit 0,27%).

En 2007, cette forêt privée était dominée par les parcs agroforestiers, jachères et cultures (395 ha, soit 53,89%), suivis des savanes (306 ha, soit 41,75%), des forêts (17 ha, soit 2,32%). Les installations humaines et les zones humides étaient faiblement représentées respectivement 1,64% (12 ha) et 0,41% (3 ha).

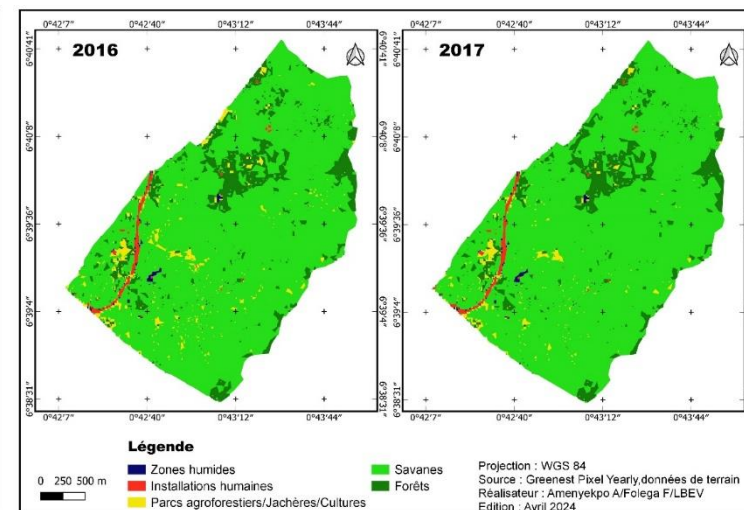
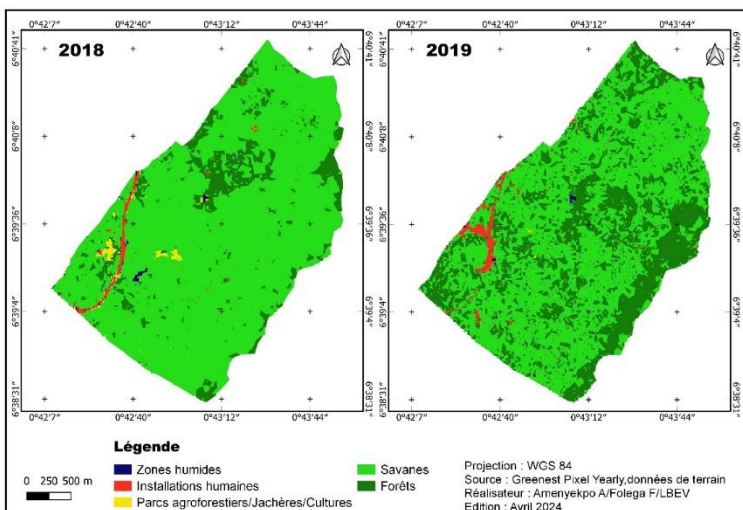
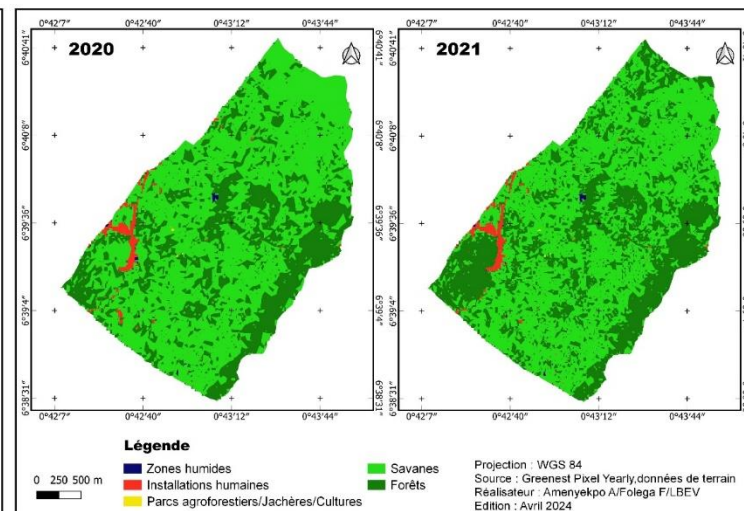
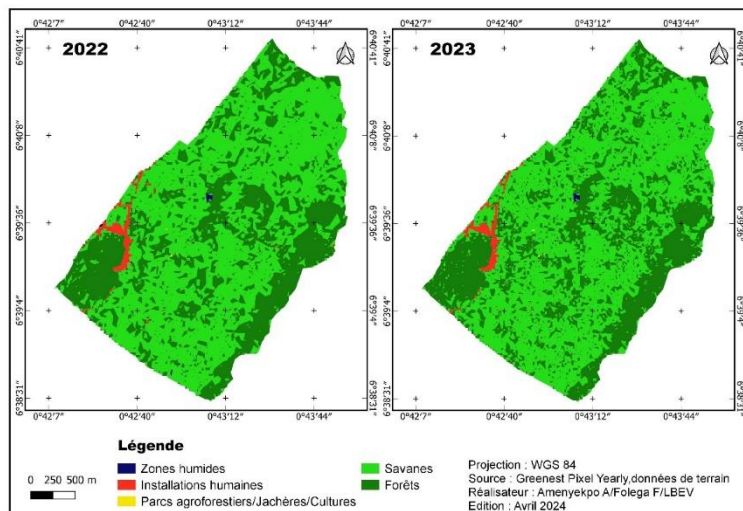
En 2008, les parcs agroforestiers, jachères et cultures occupaient une grande superficie de 396 ha (54,02%), suivis des savanes (294 ha, soit 40,11%), des installations humaines (21 ha, soit 2,86%), et des forêts (19 ha, soit 2,59%). Les zones humides avec une superficie de 3 ha soit 0,40% étaient faiblement représentées.

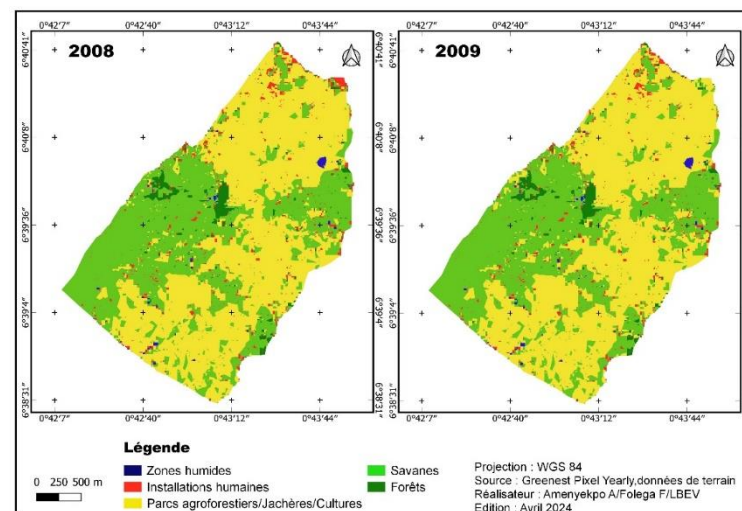
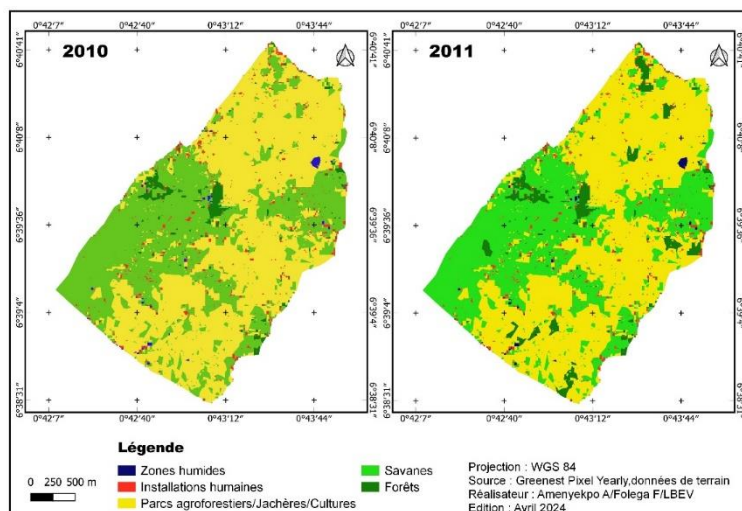
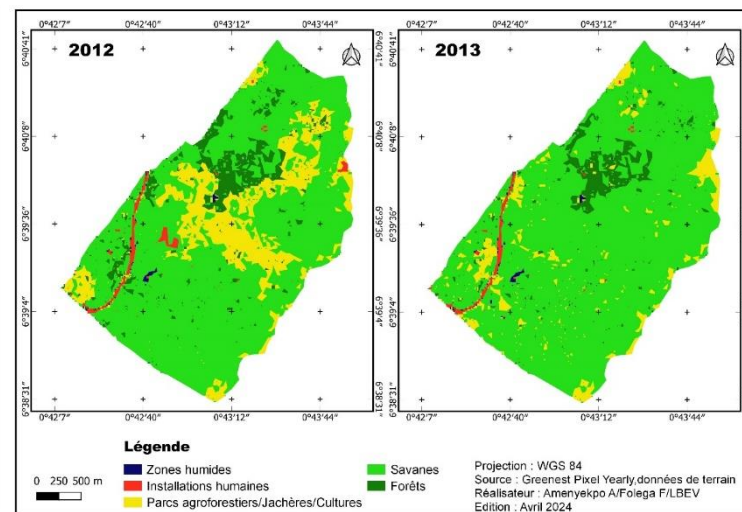
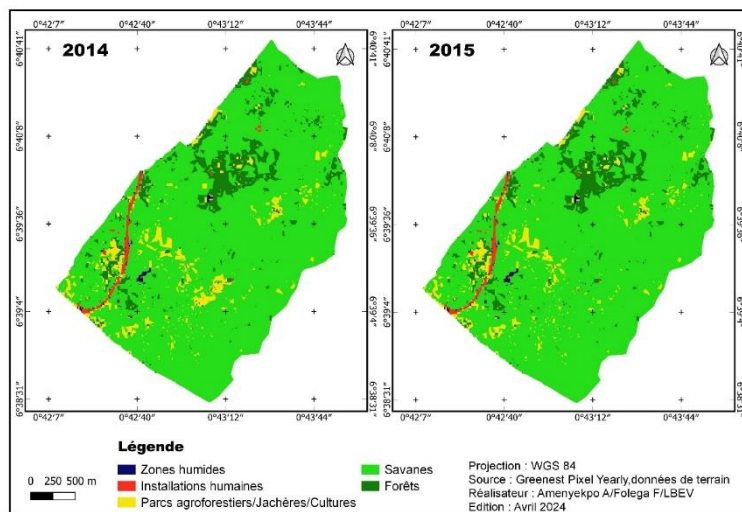
En 2009, les parcs agroforestiers, jachères et cultures étaient dominants avec un taux de 54,49% soit 400 ha, suivis des savanes (39,78%, soit 292 ha), des installations humaines (2,72%, soit 20 ha), des forêts (2,59%, soit 19 ha), et des zones humides (0,41%, soit 3 ha).

En 2010, cette forêt privée était majoritairement occupée par les parcs agroforestiers, jachères et cultures (54,49%, soit 400 ha) et les savanes (40,05%, soit 294 ha), suivies des forêts (2,59%, soit 19 ha), des installations humaines (2,45%, soit 18 ha) et des zones humides (0,41%, soit 3 ha).

En 2011, les parcs agroforestiers, jachères et cultures dominaient la végétation avec un taux de 54,57% (400 ha), suivis des savanes (37,38%, soit 274 ha), des forêts (5,32%, soit 39 ha), des installations humaines (2,32%, soit 17 ha), et des zones humides (0,41%, soit 3 ha).

En 2012, les savanes occupaient une superficie de 536 ha soit 73,12%, suivies des parcs agroforestiers, jachères et cultures (17,46%, soit 128 ha), des forêts (7,78%, soit 57 ha), des installations humaines (1,36%, soit 10 ha), et des zones humides (0,27%, soit 2 ha).





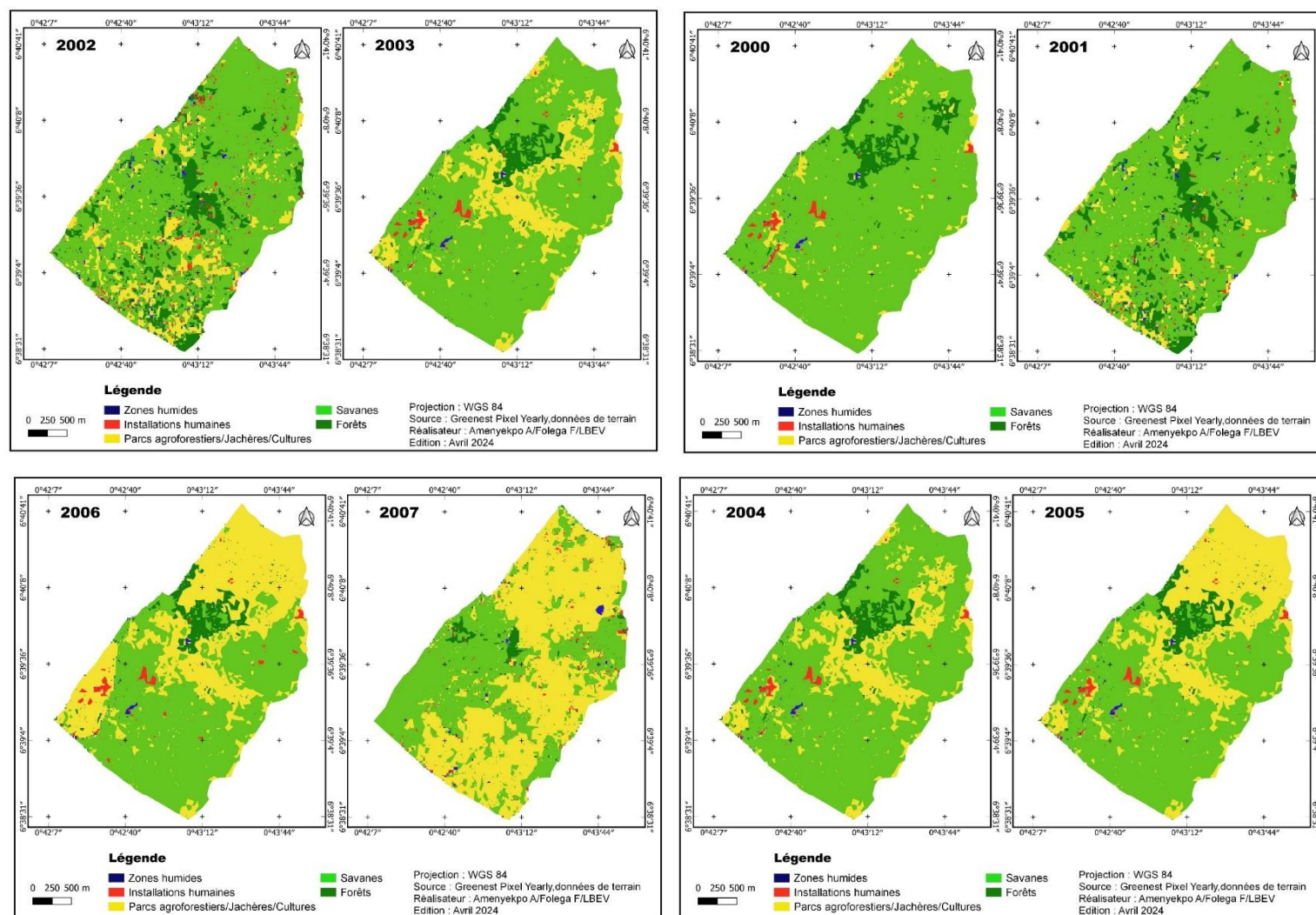


Figure 4 : Analyse spatiale des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé de 2000 à 2023

En 2013, les savanes étaient dominantes avec un taux de 85,79% (628 ha), suivies des parcs agroforestiers, jachères et cultures (7,10%, soit 52 ha), des forêts (5,74%, soit 42 ha), des installations humaines (0,96%, soit 7 ha), et des zones humides (0,41%, soit 3 ha).

En 2014, les savanes couvraient la majeure partie du sol avec un taux de 84,74% (622 ha), suivies des forêts (8,719%, soit 64 ha), des parcs agroforestiers, jachères et cultures (5,18%, soit 38 ha), des installations humaines (0,95%, soit 7 ha), et des zones humides (0,41%, soit 3 ha).

En 2015, les savanes occupaient une superficie de 627 ha soit 85,42%, suivies des forêts (64 ha, soit 8,72%), des parcs agroforestiers, jachères et cultures (33 ha, soit 4,49%), des installations humaines (7 ha, soit 0,95%), et des zones humides (3 ha, soit 0,41%).

En 2016, les savanes occupaient une superficie de 84,99% soit 623 ha, suivies des forêts (80 ha, soit 10,91%), des parcs agroforestiers, jachères et cultures (20 ha, soit 2,73%), des installations humaines (7 ha, soit 0,95%), et des zones humides (3 ha, soit 0,41%).

En 2017, les savanes dominaient cette forêt avec un taux de 86,20% (631 ha), suivies des forêts (10,66%, soit 78 ha), des parcs agroforestiers, jachères et cultures (1,77%, soit 13 ha), des installations humaines (0,96%, soit 7 ha), et des zones humides (0,41%, soit 3 ha).

En 2018, les savanes occupaient une superficie de 634 ha soit 86,61%, suivies des forêts (83 ha, soit 11,34%), des installations humaines (7 ha, soit 0,96%), des parcs agroforestiers, jachères et cultures (6 ha, soit 0,82%), et des zones humides (2 ha, soit 0,27%).

En 2019, les savanes étaient dominantes, avec un taux de 61,48% soit 450 ha, suivies des forêts (36,89%, soit 270 ha), des installations humaines (1,50%, soit 11 ha), et des zones humides (0,14%, soit 1 ha).

En 2020, les savanes occupaient une superficie avec un taux de 64,75% soit 474 ha suivies des forêts (33,61% soit 246 ha). Les installations humaines n'occupaient que 1,50% du sol soit 11 ha, ensuite les zones humides (0,14% soit 1 ha).

En 2021, la forêt communautaire d'Aboudjokopé était dominée par les savanes (430 ha soit 58,74%), suivies des forêts (290 ha soit 39,62%). Les Installations humaines n'occupaient que 11 ha soit 1,50%. Et les zones humides occupaient une très faible proportion (1 ha soit 0,14%).

En 2022, cette forêt était dominée par les savanes avec un taux de 60,16% soit 441 ha, suivies des forêts (38,34% soit 281 ha), des Installations humaines (1,36% soit 10 ha) et des zones humides qui sont à une très faible proportion (0,14% soit 1 ha).

En 2023, les savanes sont des formations qui occupent une grande superficie avec un taux de 58,79% soit 431 ha suivies des forêts (39,84% soit 292 ha). Les Installations humaines n'occupent que 1,23% du sol soit 9 ha, suivies des zones humides (0,14% soit 1 ha).

3.1.2. Dynamique des unités d'occupations du sol de la série temporelle 2000 à 2023

L'analyse de la dynamique d'occupation du sol de la forêt protégée d'Aboudjokopé entre 2000 et 2023 révèle des fluctuations significatives (Figure 5) comme suit : entre 2000 à 2002, les installations humaines ont connu une légère augmentation passant de 1,23% à 2,59%, puis ont diminué en 2003 à 1,09%. En parallèle, les zones humides ont subi une baisse constante, passant de 6,56% en 2000 à 0,27% en 2003. Les forêts ont également diminué de manière significative en 2003 après une légère augmentation en 2001 et 2002, tandis que les savanes ont montré une tendance à la baisse jusqu'en 2002, suivie d'une légère augmentation en 2003.

Les parcs agroforestiers, jachères et cultures ont affiché une forte croissance, passant de 2 hectares en 2000 à 395 hectares en 2007. Les savanes ont diminué de manière significative entre 2004 et 2007 soit une régression de 31,48 %, tandis que les forêts ont connu des fluctuations légères, mais globalement stables.

Durant la période allant de 2008 à 2011, les parcs agroforestiers, jachères et cultures ont maintenu leur superficie, tandis que les savanes ont montré une tendance à la baisse. Les installations humaines sont demeurées relativement stables, tout comme les forêts qui ont augmenté en 2011 après une légère diminution en 2008.

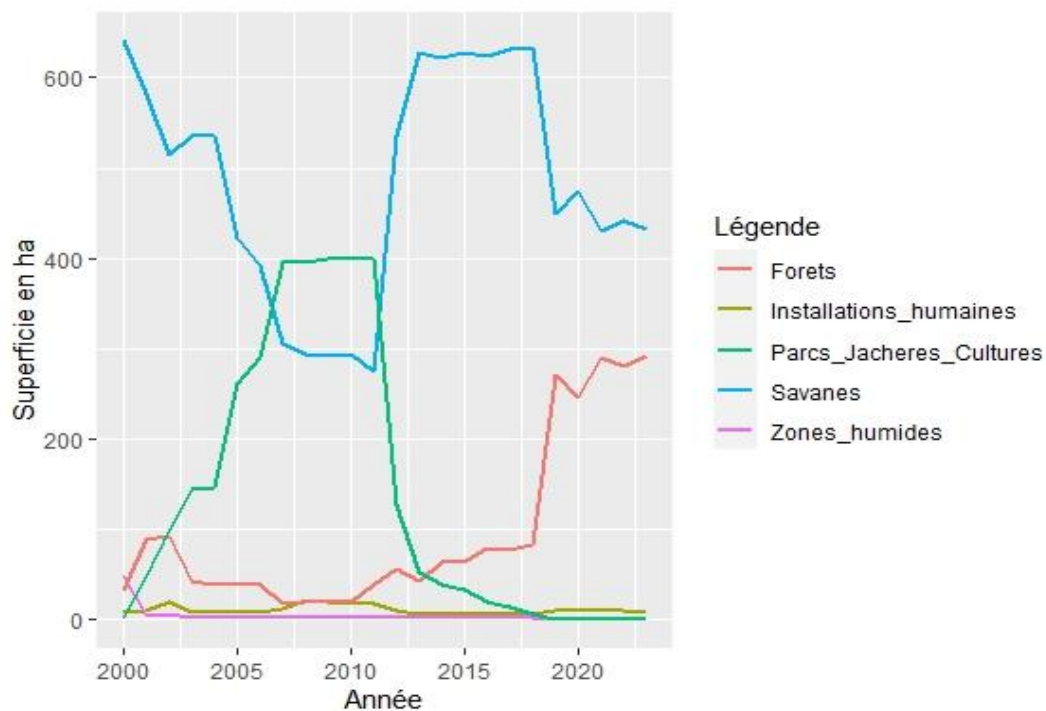


Figure 5 : Évolution des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé de 2000 à 2023

Les savanes ont montré une légère augmentation en 2013, suivie d'une diminution en 2014 et 2015. Les forêts, en revanche, ont montré une tendance inverse, avec une légère diminution en 2013 suivie d'une augmentation en 2014 et 2015. Les parcs agroforestiers, jachères et cultures ont montré une diminution constante sur la période allant de 2012 à 2015.

Les savanes ont diminué de manière significative en 2019, tandis que les forêts ont montré une augmentation considérable. Les installations humaines sont restées relativement stables tout au long de la période 2016 - 2019, tout comme les zones humides, qui ont maintenu une superficie constante avec de très petites fluctuations.

En 2021, les savanes ont connu une légère diminution, suivie d'une augmentation en 2022 avant de diminuer à nouveau en 2023. Les forêts, quant à elles, ont montré une tendance inverse, avec une légère augmentation en 2021, puis une diminution en 2022 avant une nouvelle augmentation en 2023. Les installations humaines et les zones humides sont restées relativement stables tout au long de la période 2020 à 2023.

3.2. Écologie des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé

3.2.1. Parcs agroforestiers, jachères et cultures

Cette formation comprend 61 espèces, réparties dans 60 genres et 30 familles. On distingue notamment *Chromolaena odorata* (L.) RMKing avec un taux de présence de 4,59% et *Azadirachta indica* A. Juss à 3,44%. Les Papilionaceae, avec 12,64 % de représentativité, et les Rubiaceae avec 10,34%, se démarquent en tant que familles les plus abondantes, suivies des Mimosaceae avec 8,04%.

Cette formation, comprenant des parcs agroforestiers, jachères et cultures, évolue sur des sols à texture sablo-limoneuse et se trouve éloignée des cours d'eau, présente une faible densité de peuplement ligneux. Typiquement localisée dans les plaines, elle se caractérise par l'absence d'incidences telles que les feux de végétation, les coupes de bois, les traces de chasse ou de collecte de miel. On y observe la présence d'insectes tels que les termites (Figure 6), les fourmis, et les chenilles, ainsi que des champignons et de vers de terre. Les mille pattes sont également présentes, et le niveau de ruissellement est faible.



Figure 6 : Présence de termite (xylophagie)

Des indices de présence de la faune tels que les chants d'oiseaux sont notables (100% chants d'oiseaux sur l'ensemble des superficies de cette formation), tandis que les cultures sont évaluées à une hauteur de 13%. On y trouve des défriches occupant un pourcentage de 61 %. Sur cette formation, on a des érosions fréquentes de 48 %, avec un taux d'insolation de 61 %.

3.2.2. Formations forestières

Cette formation regroupe dix-sept (17) relevés, avec une diversité floristique remarquable, comptant 102 espèces réparties en 90 genres et 38 familles distinctes.

Parmi les espèces les plus saillantes de cette formation, on relève *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr avec un taux d'occurrence de 5,51%, *Rouera coccinea* (Thonn. ex Schumach.) Benth (4,77%), et *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) Kunth avec un taux de 3,67%. En ce qui concerne les familles les plus représentées, les Combretaceae et les Papilionaceae se distinguent avec un taux de présence similaire de 8,82%, suivies des Mimosaceae (7,72%) et des Malvaceae avec un taux de 6,98%.

Cette formation évolue dans les plaines, sur des sols sablo-limoneux, fréquemment observée le long des berges, en proximité des cours d'eau et se caractérise par la présence d'espèces dominantes telles que *Anogeissus leiocarpa* (De.) GuUl. & Perr avec un pourcentage élevé de 19,49%, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. à 15,44%, *Hymenocardia acida* Tul à 12,86%, *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Am. à 7,35%. De plus, on observe une densité du peuplement ligneux atteignant 83,83%.

Dans cette formation, on constate l'absence de curasse, de défrichement et d'érosion, signalant une intervention humaine très limitée. Aucune incidence de feu de végétation, de coupe de bois ou de chasse n'est observée. Il n'y a non plus de collecte de miel dans cette zone. En revanche, on note une présence croissante d'insectes tels que les termites, les fourmis et les chenilles. On y retrouve également des champignons.

Une forte présence des vers de terre est observée dans cette formation. La présence des mille pattes est fréquente avec un taux de 67%. Les ruissellements au sein de ces formations de forêts sont parfois faibles (89% de ruissellement de faible intensité) ou moyens (11% de ruissellement d'intensité moyenne). La présence d'indices de présence de la faune, tels que les chants d'oiseaux, est également observée.

3.2.3. Mosaïques de savanes

Cette formation abrite une richesse floristique remarquable, comprenant 283 espèces réparties en 211 genres et 68 familles. Parmi les familles les plus représentées, on retrouve les Poaceae avec un pourcentage de 9,62%, suivies des Papilionaceae à 7,89%, et des Combretaceae avec un taux de 6,95 %. En ce qui concerne les espèces les plus dominantes, on compte *Chromolaena odorata* (L.) R.M.King (4,02%), *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn (3,60%), *Sarcocephalus latifolius* (Sm.) E.A.Bruce (2,96%), *Azadirachta indica* A. Juss (2,85%), *Rourea coccinea* (Thonn. ex Schumach.) Benth (2,81%), *Piliostigma reticulatum* (De.) Hochst (2,66%), *Terminalia glaucescens* Planch. ex Benth (2,63%), et *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr (2,63%).

Les mosaïques de savanes, caractérisées par la domination de plusieurs espèces, évoluent sur des sols à texture sablo-limoneuse, principalement dans les plaines, en absence de curasse et à une certaine distance des cours d'eau. Ainsi, 57% des mosaïques de savanes sont éloignés des cours d'eau, 26% se trouvent dans les berges, 17% dans les zones marécageuses, et seulement 1% au bord des mares.

Cette formation est moins fréquentée, avec une présence de zone de transhumance (Figure 7) estimée à 0,71% de la superficie totale et se distingue par une moyenne densité de peuplement ligneux (57%), une insolation généralement moyenne (29,81%), l'absence de coupe de bois, de chasse, de feu de végétation et d'érosion, ainsi qu'un taux de défrichement relativement faible (1,24%).



Figure 7 : Zone de transhumance (a, b)

Dans cette formation on remarque une faible présence de collecte de miel (1,13%). Les insectes dominants sont les termites, les fourmis et les chenilles. La présence (60%) de champignons, des vers de terre (44,10%), de mille pattes (78,19%) est également observée. Le ruissellement est caractérisé par sa faible occurrence, représentant 94,25% de la situation observée. En ce qui concerne les indices de présence de la faune, cette formation est principalement caractérisée par la dominance des chants d'oiseaux.

3.3. Structure du paysage

Entre 2000 et 2010, l'analyse paysagère révèle une légère fragmentation des zones humides, une très forte fragmentation des installations humaines, une forte fragmentation des savanes et des forêts. Cette fragmentation est caractérisée par l'augmentation du nombre de taches et de la densité des taches dans ces formations. Durant cette même période, on note une homogénéisation des parcs agroforestiers, jachères et cultures caractérisés par une diminution presque nulle du nombre de

taches et de densité de taches. La connectivité quant à elle a connu une diminution dans ces formations à l'exception des installations humaines qui a connu une moyenne augmentation (Figure 8, Tableau 3).

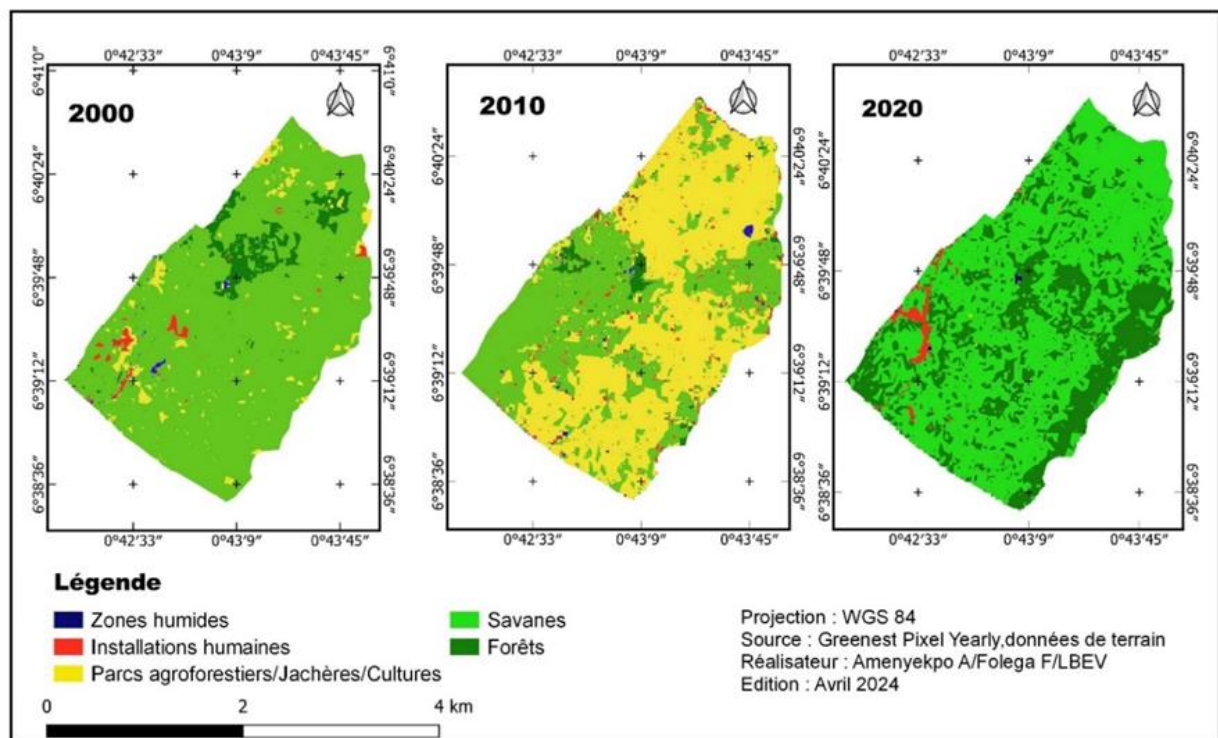


Figure 8 : Occupation décennale de la végétation (2000, 2010, 2020)

De 2010 à 2020, l'analyse paysagère révèle une homogénéisation des zones humides, des installations humaines et des savanes. Les forêts ont subi une fragmentation continue assez élevée. Les parcs agroforestiers, jachères et cultures ont connu une légère fragmentation. Ces formations sont toutes marquées par une augmentation du nombre de fragment avec pour conséquence la diminution de la connectivité et la perte des habitats (Figure 8, Tableau 3).

En 20 ans (de 2000 à 2020), on note une homogénéisation des zones humides et des parcs agroforestiers, jachères et cultures. Les installations humaines, les savanes et les forêts ont subi le phénomène de fragmentation. Durant cette période, on note une stabilité de la connectivité entre les savanes et une légère augmentation de la connectivité entre les forêts (Figure 8, Tableau 3).

Tableau 3 : Analyse paysagère de la forêt communautaire d'Aboudjokopé de 2000, 2010 et 2020

Année	Zones humides				
	Superficies	LP	NP	PD	PCI
2000	2	0	35	$5,92.10^{-6}$	8,04
2010	3	0,00322	43	0,00002	7,93633
2020	1	0	0	0	0
	Installations humaines				
	Superficies	LP	NP	PD	PCI
2000	9	0	0	0	0
2010	18	0,02117	465	0,00017	6,00623
2020	11	0,0083	62	$1,04.10^{-5}$	9,36
	Parcs agroforestiers, jachères et cultures				
	Superficies	LP	NP	PD	PCI
2000	33	0,03	169	$2,86.10^{-5}$	8,8
2010	400	0	0	0	0
2020	0	0,0001	5	$8,36.10^{-7}$	5,2
	Savanes				
	Superficies	LP	NP	PD	PCI
2000	640	0,47	56	$9,47.10^{-6}$	9,91
2010	294	0,30593	237	0,00009	9,83584
2020	474	0,3443	148	$2,48.10^{-5}$	9,9
	Forêts				
	Superficies	LP	NP	PD	PCI
2000	48	0,04	138	$2,33.10^{-5}$	9,69
2010	19	0,02052	184	0,00007	9,1415
2020	246	0,1838	546	$9,13.10^{-5}$	9,71

LP : proportion du paysage, NP : nombre de taches, PD : densité de taches, PCI : indice de cohérence des taches

3.4. Dynamique prédictive des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé à l'horizon 2049

L'évaluation des résultats de la précision des classifications à partir des matrices de confusion des pixels donne 88,26% avec un coefficient de Kappa de 0,75. La modélisation prédictive des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé à l'horizon 2049 montre plusieurs tendances (Figure 9, 10, Tableau 4).

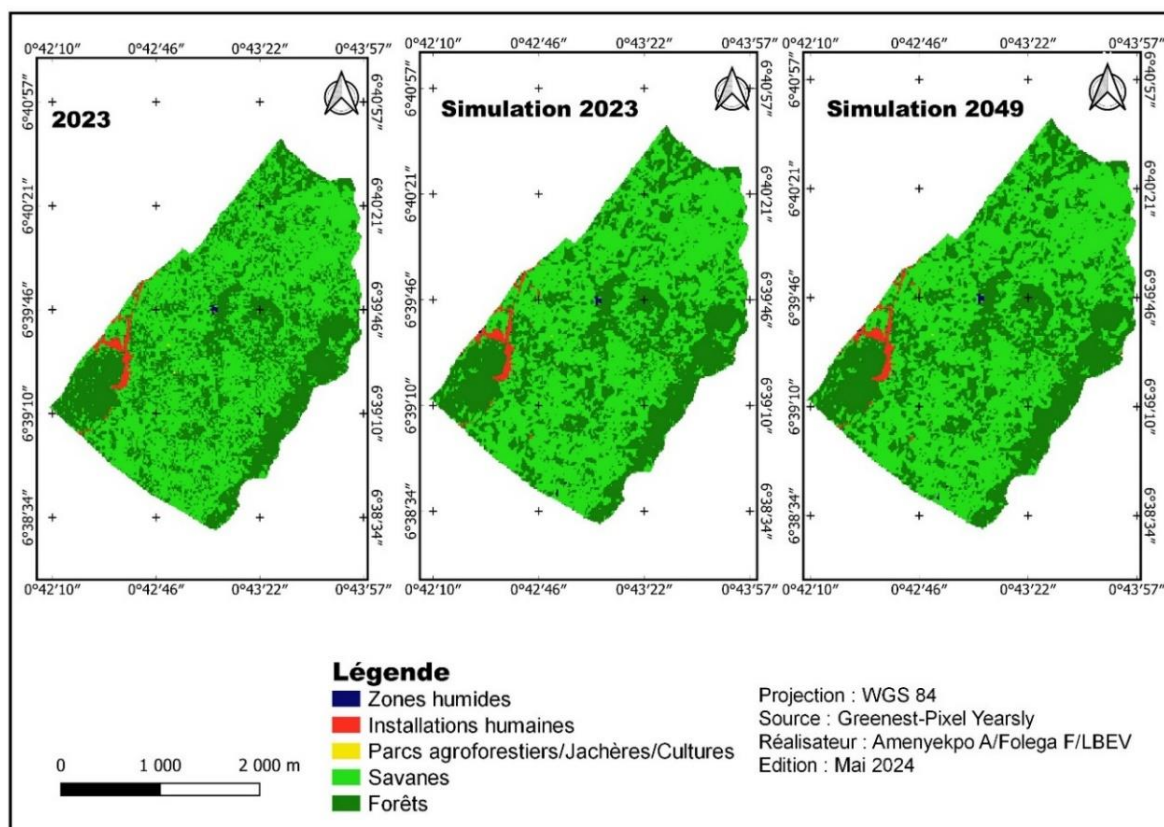


Figure 9 : Simulation des occupations du sol à l'horizon 2049

Entre l'image classifiée de 2023 et la simulation de 2023 (Figure 9), les zones humides, ont connues une augmentation significative de 0,06% en termes de superficie, passant de 0,08% à 0,14%, soit une augmentation de 0,42 ha. Cette expansion suggère une croissance des zones humides dans la simulation par rapport à la réalité. Les installations humaines affichent également une augmentation de 0,05% en termes de superficie, passant de 1,27% à 1,32%, soit une augmentation d'environ 0,33 ha. Cette hausse indique une croissance des sols nus et agglomération légèrement accrue dans la simulation par rapport à la situation réelle. Cependant, pour Les parcs agroforestiers, jachères et cultures, bien que les variations soient minimales, une légère diminution de 0,01% en termes de superficie est observée, passant de 0,02% à 0,01%, représentant une régression de 0,09 ha. En revanche, les savanes montrent une augmentation de 0,47% en termes de superficie, passant de 57,81% à 58,28%, soit une augmentation d'environ 3,40 ha, suggérant une légère expansion dans la simulation par rapport à la réalité. Les forêts présentent une diminution de 0,56% en termes de superficie, passant de 40,82% à 40,26%, ce qui correspond à une régression d'environ 4,07 ha, indiquant une légère diminution de la couverture forestière dans la simulation par rapport à la réalité (Figure 9, 10, Tableau 4).

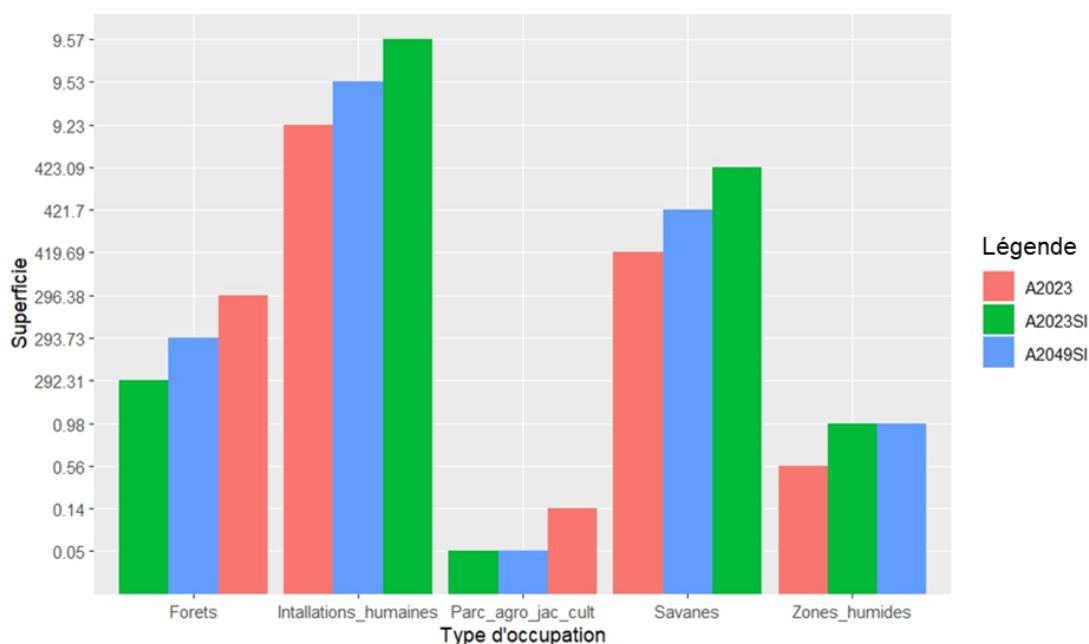


Figure 10 : Évolution prédictive des occupations du sol

A2023 : Forêt communautaire d'Aboudjokopé en 2023, A2023SI : Forêt communautaire d'Aboudjokopé simulé en 2023, A2049SI : Forêt communautaire d'Aboudjokopé simulé en 2049

Entre la simulation de 2023 et celle de 2049, les changements sont globalement minimes (Figure 9). Les zones humides, les installations humaines et les parcs agroforestier, jachères et cultures affichent des pourcentages relativement stables entre les deux périodes. Cependant, les savanes montrent une diminution de 0,19%, passant de 58,28% à 58,09%, soit une régression d'environ 1,39 ha, indiquant une légère diminution dans la simulation de 2049 par rapport à celle de 2023. À l'inverse, les forêts présentent une augmentation de 0,2% en termes de superficie, passant de 40,26% à 40,46%, ce qui équivaut à une augmentation d'environ 1,42 ha, suggérant une légère expansion de la couverture forestière dans la simulation de 2049 par rapport à celle de 2023 (Figure 9, 10, Tableau 4).

Entre l'image classifiée de 2023 et la simulation de 2049, plusieurs évolutions significatives sont observées dans les différentes catégories d'unités d'occupation du sol (Figure 9). Les zones humides ont connu une augmentation remarquable de 0,06%, passant de 0,08% à 0,14%, soit une augmentation de 0,42 ha. Cette expansion suggère une augmentation des zones humides dans la simulation de 2049 par rapport à 2023. Parallèlement, les installations humaines connaissent une légère augmentation de 0,04%, passant de 1,27% à 1,31%, ce qui représente une augmentation d'environ 0,30 ha. Bien que cette augmentation soit modeste, elle témoigne d'une croissance continue des installations humaines entre les deux périodes.

Tableau 4 : Taux d'évolution des unités d'occupation du sol de 2023 à 2049

UOS	2023 classifiée à 2023 Simulation		2023 simulations à 2049 simulation		2023 à 2049 simulation	
	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)
Zones humides	0,06	0,42	0,00	0,00	0,06	0,42
Installations humaines	0,05	0,33	0,00	-0,04	0,04	0,30
Parcs agroforestiers, jachères et cultures	-0,01	-0,09	0,00	0,00	-0,01	-0,09
Savanes	0,47	3,40	-0,19	-1,39	0,28	2,01
Forêts	-0,56	-4,07	0,20	1,42	-0,36	-2,65

En revanche, les parcs agroforestiers, jachères et cultures montrent une diminution significative 0,01%, passant de 0,02% à 0,01%, soit une régression de 0,09 ha. Cette diminution montre une conversion des terres agricoles vers d'autres utilisations ou une réduction de l'activité agricole entre 2023 et la simulation de 2049. Par ailleurs, les savanes présentent une augmentation de 0,28%, passant de 57,81% à 58,09%, ce qui correspond à une augmentation d'environ 2,01 ha. Cette augmentation suggère une légère expansion des savanes en 2049 (Figure 9, 10, Tableau 4). Cependant, les forêts montrent une légère diminution de 0,36% de leur superficie, passant de 40,82% à 40,46%, soit une régression d'environ 2,65 ha. Cette diminution est attribuée à une possibilité de conversion des zones forestières en d'autres types d'utilisation des terres entre les deux périodes (Figure 9, 10, Tableau 4).

QUATRIÈME PARTIE : DISCUSSION

4.1. Dynamique de l'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé

Les résultats cartographiques de la dynamique de l'occupation du sol ont permis d'obtenir cinq formes d'utilisations des terres. Ces cinq unités d'occupation du sol reflètent majoritairement les différents changements d'affectation et d'utilisation des terres rencontrées au Togo (Polo-Akpisso *et al.*, 2016 ; Atsri *et al.*, 2018b ; Kpatcha, 2017). L'analyse des unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé entre 2000 et 2023 montre des changements notables. Les savanes ont connu une expansion remarquable, tandis que les installations humaines et les zones humides ont diminué de manière significative. Ces résultats soulignent l'importance d'une gestion équilibrée des différentes unités d'occupation du sol pour assurer la durabilité des écosystèmes de cette forêt, en mettant l'accent sur la préservation de la biodiversité et sont comparables à ceux des travaux réalisés par Egbelou *et al.* (2021) dans la même zone.

Les parcs agroforestiers, jachères et cultures ont généralement augmenté entre 2002 et 2012. Cette dynamique progressive des parcs agroforestiers, jachères et cultures s'est faite au détriment des savanes et des forêts. Ainsi, les savanes et les forêts ont subi des actions de dégradation dues aux actions de l'homme. Ce même constat a été fait dans la forêt communautaire d'Agbédougbe (Folega *et al.*, 2017a) et dans la forêt communautaire d'Alibi-I (Tchagodomou Samarou, 2017). Batawila & Akpagana (2010) ont fait également le même constat que les actions anthropiques notamment la pratique d'agriculture sur brûlis, les coupes anarchiques du bois de service et de bois-énergie impactent négativement sur les formations forestières. De même les études d'Adjonou *et al.* (2010) dans la Réserve de Faune d'Abdoulaye (RFA) met l'accent sur une dégradation et une régression du couvert forestier dues aux activités anthropiques (Adjonou *et al.*, 2010).

Les forêts ont connu une forte augmentation allant de 33 ha à 292 ha entre 2000 et 2023. Des études antérieures réalisées sur ladite forêt ont également noté une dynamique progressive des forêts avec des variations dans les superficies des différentes classes (Egbelou *et al.*, 2021). Cette dynamique de la végétation reflète les changements dans l'utilisation des sols et met en évidence l'effort de l'ONG Ecocent-Togo sur la gestion durable des ressources naturelles pour préserver la biodiversité des écosystèmes forestiers de la forêt communautaire d'Aboudjokopé.

Les efforts d'Ecocent-Togo sont entre autres : la mise en place des pare-feu, l'interdiction de prélèvement des ressources végétales de la forêt et l'enrichissement de cette forêt par des espèces locales telles que *Khaya senegalensis* (Desr.) A.Jus. à travers diverses méthodes (les layons et les rings). Les actions de l'ONG Ecocent-Togo ont contribué à la conservation de la biodiversité et à la gestion efficace des ressources naturelles de ladite forêt.

4.2. Mutation paysagère de la forêt communautaire d'Aboudjokopé

Les analyses paysagères décennales de la forêt communautaire d'Aboudjokopé révèlent des mutations significatives dans l'occupation du sol entre 2000 et 2020. En 2000, les savanes dominaient, suivies des forêts, des parcs agroforestiers, jachères et cultures, les installations humaines, et les zones humides. La superficie des forêts et des savanes a augmenté de manière significative, tandis que celle des installations humaines et des zones humides a considérablement diminué. La conversion massive des installations humaines, passant de 87,43 % en 2000 à seulement 1,50 % en 2020, ainsi que la disparition des parcs agroforestiers, jachères et cultures, indique un changement substantiel dans l'utilisation des terres, potentiellement lié à des politiques de reboisement et de protection mises en œuvre par l'ONG Ecocent-Togo, confirmant des tendances observées par Egbelou *et al.* (2021) dans la même zone. Au fil du temps, on note une augmentation de la connectivité entre les formations végétales ce qui pourrait impacter sur les services écosystémiques de ladite forêt.

En 2000, malgré la domination des savanes, les forêts montraient une densité de taches élevée, suggérant une fragmentation importante. Les parcs agroforestiers, jachères et cultures étaient les plus fragmentés. En 2010, malgré une diversification des occupations du sol, les installations humaines et les savanes continuaient à montrer une forte fragmentation du paysage, tandis que les savanes et les parcs agroforestiers, jachères et cultures perdaient en connectivité. En 2020, bien que la superficie des forêts ait augmenté, leur fragmentation est restée élevée, de même que celle des installations humaines. Les savanes tendent à s'homogénéiser.

La conversion des terres agricoles en forêts et savanes suggère des processus de régénération naturelle ou des politiques de reboisement réussies, mais la fragmentation persistante des forêts souligne la nécessité d'élaborer des stratégies de conservation pour maintenir la connectivité écologique et préserver la biodiversité

(Dimobe *et al.*, 2017). Ces résultats mettent en évidence l'importance d'une gestion équilibrée des différentes unités d'occupation du sol afin d'assurer la durabilité des écosystèmes de la forêt communautaire d'Aboudjokopé. Une attention particulière doit être portée à la préservation de la biodiversité et à la minimisation de la fragmentation pour garantir la résilience et la fonctionnalité écologique de cet environnement forestier unique.

Ces résultats ont plusieurs implications importantes pour la gestion et la conservation de la forêt communautaire d'Aboudjokopé. La fragmentation persistante des forêts, malgré leur augmentation en superficie, suggère que la connectivité écologique reste un défi majeur. Les forêts fragmentées peuvent entraîner une isolation des populations d'espèces, réduisant la diversité génétique et augmentant la vulnérabilité aux perturbations (Kombate *et al.*, 2020). La réduction significative des zones humides est préoccupante, car ces écosystèmes jouent un rôle crucial dans la régulation hydrologique, la filtration de l'eau et la fourniture d'habitats pour de nombreuses espèces aquatiques et terrestres (Mabafei *et al.*, 2021). Leur diminution peut avoir des conséquences négatives sur la biodiversité et les services écosystémiques. La conversion des terres agricoles et des installations humaines en forêts et savanes peut indiquer des succès dans les efforts de régénération naturelle ou de reboisement. Cela peut renforcer la résilience écologique et la séquestration de carbone, contribuant ainsi à la lutte contre le changement climatique (Kombate *et al.*, 2022). Les résultats montrent également l'impact positif des initiatives de conservation menées par l'ONG Ecocent-Togo, telles que la mise en place de pare-feu et l'enrichissement de la forêt par des espèces locales. Ces efforts semblent avoir contribué à la protection et à la restauration des écosystèmes locaux.

4.3. Changements prédictives dans les occupations du sol

La modélisation de la forêt communautaire d'Aboudjokopé à 2049 montre une légère expansion des savanes et la diminution des forêts entre l'image classifiée de 2023 et la simulation de 2023, suivies par une inversion de ces tendances entre 2023 et 2049, pourraient indiquer des dynamiques naturelles de succession écologique ou des effets de la gestion humaine, tels que des politiques de conservation et de reforestation (Kombate *et al.*, 2023 ; Kombate *et al.*, 2024). Les fluctuations minimales dans les unités d'occupation du sol suggèrent que, malgré les changements, le paysage de la forêt communautaire d'Aboudjokopé reste relativement stable à long terme. Cela peut

refléter une gestion efficace des ressources naturelles par des initiatives locales, telles que celles de l'ONG Ecocent-Togo soulignant l'importance d'une gestion proactive et adaptative pour maintenir la résilience écologique et la biodiversité de la forêt communautaire d'Aboudjokopé.

Des études plus approfondies pourraient se concentrer sur les facteurs spécifiques conduisant à ces changements, tels que les variations climatiques, les pressions anthropiques, et les interventions de gestion. La mise en place de programmes de suivi environnemental utilisant des technologies avancées de télédétection de basse résolution pourrait améliorer la précision des prévisions et aider à élaborer des stratégies de gestion adaptative. Il serait également bénéfique de renforcer les mesures de conservation pour les habitats critiques, tels que les zones humides, qui montrent une stabilité, mais restent vulnérables aux perturbations. Enfin, impliquer davantage les communautés locales dans les efforts de gestion et de conservation, par le biais d'initiatives éducatives et de projets participatifs, pourrait renforcer la résilience des écosystèmes locaux et assurer une gestion durable à long terme (Issifou *et al.*, 2022). La dynamique positive dans laquelle cette forêt communautaire évolue à l'horizon 2049 mérite une attention particulière pour préserver la biodiversité pour un meilleur approvisionnement des services écosystémiques.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'analyse approfondie de l'évolution de unités d'occupation du sol de la forêt communautaire d'Aboudjokopé révèle des tendances significatives et des implications importantes pour la gestion et la conservation de cet écosystème précieux. Cette étude révèle une expansion notable des savanes, une diminution des installations humaines et des zones humides, ainsi qu'une augmentation relative des forêts. Ces changements sont le résultat de divers facteurs, notamment les activités anthropiques, les politiques de conservation et les pratiques de gestion des ressources naturelles. Ces changements dans l'occupation du sol ont des implications importantes pour la biodiversité, la connectivité entre les différentes formations végétales et l'équilibre écologique de cette forêt. L'analyse paysagère montre une fragmentation élevée pour les forêts et les savanes, soulignant une altération de la connectivité des habitats naturels.

En projetant l'évolution future de la forêt communautaire d'Aboudjokopé à l'horizon 2049, il est clair que des mesures de conservation supplémentaires seront nécessaires pour préserver sa biodiversité et maintenir sa connectivité écologique. La diminution des parcs agroforestiers, jachères et cultures offrent des opportunités pour la régénération de la végétation naturelle, mais cela nécessitera une gestion équilibrée et des politiques efficaces pour assurer la durabilité à long terme de cet écosystème. Ainsi, la gestion durable de cette forêt nécessite une approche multisectorielle et collaborative, impliquant les autorités gouvernementales, les communautés locales, les organisations non gouvernementales et le secteur privé. En œuvrant ensemble pour préserver la biodiversité, promouvoir un développement durable et renforcer la gouvernance, il est possible de garantir la conservation de ce précieux écosystème pour les générations futures. Un suivi régulier de l'évolution des unités d'occupation du sol et de la fragmentation des habitats est essentiel pour évaluer l'efficacité des mesures de gestion mises en œuvre.

Vu l'importance des forêts dans la conservation des habitats naturels, de la biodiversité et la lutte contre le changement climatique actuel, il est souhaitable que :

- les autorités du Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières de fournissent un soutien technique et multiforme à l'ONG Ecocent-Togo pour encourager la protection de la forêt communautaire d'Aboudjokopé ;
- l'ONG Ecocent-Togo devrait renforcer la gestion, la surveillance, l'enrichissement avec des espèces locales et d'introduire des espèces fruitières

afin d'accroître le potentiel des espèces ligneuses de la forêt communautaire d'Aboudjokopé ;

- la population d'Aboudjokopé devrait éviter de mener des activités illicites notamment le prélèvement abusif des produits forestiers non ligneux (PFNL), pouvant entraîner la dégradation des formations végétales de la forêt communautaire d'Aboudjokopé ;
- les études supplémentaires sur les services écosystémiques notamment le potentiel de séquestration de carbone de la forêt communautaire d'Aboudjokopé soit mener afin d'accéder au crédit carbone.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acharya A. K., Kafle N., 2009** Land degradation issues in Nepal and its management through agroforestry. *J. Agri. Env.*, **10**: 133-143.
- Adjonou K., Ali N., Kokutse A. D., Novigno S. K., 2010.** Etude de la dynamique des peuplements naturels de *Pterocarpus ericaceus* Poir.(Fabaceae) surexploités au Togo. *BFT*, **306**: 45-55.
- Akakpo K. M., Quensièrè J., Gadal S., Kossi A., Kokou K., 2017.** Caractérisation et dynamique spatiale de la couverture végétale dans les aires protégées du Togo: étude par télédétection satellitaire de la forêt classée de Missahoé dans la région des plateaux. *Rev. Int. Géo. Amén. Gestion Res.*, **1**(1): 181-194.
- Arouna O., Etene C. G., Issiako D., 2016.** Dynamique de l'occupation des terres et état de la flore et de la végétation dans le bassin supérieur de l'Alibori au Bénin. *JAB*, **108**: 10543-10552. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v108i1.7>
- Atsri H. K., Abotsi K. E., Kokou K., 2018a.** Enjeux écologiques de la conservation des mosaïques forêt-savane semi-montagnardes au centre du Togo (Afrique de l'Ouest). *JAPS*, **38**(1): 6112-6128.
- Atsri H. K., Konko Y., Cuni-Sanchez A., Abotsi K. E., Kokou K., 2018b.** Changes in the West African forest-savanna mosaic, insights from central Togo. *PloS one*, **13**(10): e0203999.
- Badabaté D., Koffi H., Kpérkouma W., Komlan B., Thierry T., Koffi A., 2012.** Agriculture de contre saison sur les berges de l'Oti et ses affluents. *African Crop Sci. J.*, **20**: 613-624.
- Badjaré B., Kokou K., Bigou-laré N., Koumantiga D., Akpakouma A., Adjayi M. B., Abbey G. A., 2018.** Étude ethnobotanique d'espèces ligneuses des savanes sèches au Nord-Togo: diversité, usages, importance et vulnérabilité. *BASE*, **22**(3): 152-171. <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=16690&file=1&pid=16487>
- Baghel S., Kothari M., Tripathi M., Singh P. K., Bhakar S. R., Dave V., Jain S., 2024.** Spatiotemporal LULC change detection and future prediction for the Mand catchment using MOLUSCE tool. *Env. Earth Sci.*, **83**(2): 66.
- Baillie J., Hilton-Taylor C., Stuart S. N., 2004.** 2004 IUCN red list of threatened species: a global species assessment: IUCN, 169 p.
- Bastien Y., Bournérias M., 2023.** Evolution de la forêt et du milieu forestier. *Encyclopædia Universalis France. Tous droits de propriété industrielle et intellectuelle réservés.*

- Batawila & Akpagana, 2010.** Contribution a la gestion durable des ecosystemes de la plaine de l'oti : Biodiversite, dynamique spatiale, influence des facteurs climatiques et extractivisme. 29
- Bawa D. M.-E., Folega F., Atato A., Diwediga B., Wala K., Akpagana K., 2022.** Écologie et anthropisation des habitats naturels de trois micros bassins versants adjacents du centre du Togo. *Rech. Agron.*, **20**(1): 16-41.
- Bouko B. S., Sinsin B., Soulé B. G., 2007.** Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin. *Tropicultura*, **25**(4): 221-227.
- Brashares J. S., Arcese P., Sam M. K., Coppolillo P. B., Sinclair A. R., Balmford A., 2004.** Bushmeat hunting, wildlife declines, and fish supply in West Africa. *Sciences*, **306**(5699): 1180-1183.
- Brockerhoff E. G., Barbaro L., Castagneyrol B., Forrester D. I., Gardiner B., González-Olabarria J. R., Lyver P. O. B., Meurisse N., Oxbrough A., Taki H., 2017.** Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiv. Cons.*, **26**: 3005-3035.
- Bruneau M., Cabaussel G., Saez G., 1981.** Télédétection et cartographie de l'occupation du sol en milieu tropical densément peuplé (Thaïlande). *Ann. Géo.*: 327-353.
- Burley J., 2002.** La diversité biologique forestière: tour d'horizon. *Unasylva*, **53**(2): 3-10.
- Collins J. B., Woodcock C. E., 1994.** Change detection using the Gramm-Schmidt transformation applied to mapping forest mortality. *Rem. Sens. Env.*, **50**(3): 267-279.
- Coppin P. R., Bauer M. E., 1996.** Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery. *Rem. Sens. Rev.*, **13**(3-4): 207-234.
- Dauriac F., 2004.** *Suivi multi-échelle par télédétection et spectroscopie de l'état hydrique de la végétation méditerranéenne pour la prévention du risque de feu de forêt.* ENGREF (AgroParisTech), 297 p.
- De Galbert M., 2013.** World forests for mitigation of climate change. *Rev. For. Franç.*, **65**(6): 499-513.

- Dimobe K., Goetze D., Ouédraogo A., Forkuor G., Wala K., Porembski S., Thiombiano A., 2017.** Spatio-temporal dynamics in land use and habitat fragmentation within a protected area dedicated to tourism in a Sudanian savanna of West Africa. *J. Land. Ecol.*, **10**(1): 75-95.
- Dourma M., Atakpama W., Folega F., Akpagana K., 2020.** Dynamique spatio-temporelle et structure de la végétation de la forêt classée d'Atakpamé au Togo. *Ann. Sci. Tech.*, **19**(1): 1-22.
<http://www.annalesumng.org/index.php/st/article/view/642/182319>
- Durango C. T. C., 2021.** *Estimation de l'importance relative des facteurs abiotiques et biotiques influençant la distribution spatiale de la paludification dans les forêts boréales du nord-ouest du Québec.* Univ. Québec en Abitibi-Témiscamingue, 58 p.
- Egbelou H., Atakpama W., Dourma M., Folega F., Akpagana K., 2021.** Dynamique spatio-temporelle et flore de la forêt d'Aboudjokopé au Togo. *Synthèse*, **27**(2): 37-50.
- Ern H., 1979.** Die vegetation togos. gliederung, gefährdung, erhaltung. *Willdenowia*: 295-312.
- Fahrig L., 2003.** Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Ann. Rev. Ecol., Evol. Syst.*, **34**(1): 487-515.
- FAO, 2006.** Évaluation mondiale des ressources forestières 2005: Progrès vers la gestion forestière durable. FAO, Rome.
- FAO, 2010.** Évaluation des ressources forestières mondiales 2010. Rapport principal. Rome, 348 p.
- FAO, 2015.** Évaluation des ressources forestières mondiales 2015-Répertoire de données de FRA 2015, Rome (Italie). 253 p.
- Folega A. A., Folega F., Woegan Y. A., Wala K., Akpagana K., 2021.** Dynamique des émissions de gaz à effet de serre liées au secteur foresterie et autres affectations des terres (FAT) dans le paysage du socle Eburnéen au Togo. *Rev Écosyst. Pays.*, **1**: 58-72.
- Folega F., Atakpama W., Pereki H., Djiwa O., Dourma M., Kombate B., Abreni K., Wala K., Akpagana K., 2017a.** Potentialites ecologiques et socio-economiques de la foret communautaire d'agbedougbe (region des Plateaux-Togo). *J. Rech. Sci. Univ. Lomé*, **19**(2): 31-50.

- Folega F., Datche-Danha K. E., Akim Folega A., Woegan A. Y., Wala K., Akpagana K., 2022.** Diversité des services écosystémiques et utilisation des terres dans le paysage du socle Eburnéen au Togo. *Rev. Nat. Tech.*, **14**(2): 61-75.
<https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/47/14/2/196616>
- Folega F., Rakotondrasoa Miaratiana A., Wala K., Woegan Y. A., Kanda M., Pereki H., Polo-Akpisso A., Batawila K., Akpagana K., 2017b.** Écologie et dynamique spatio-temporelle des mangroves au Togo. *VertigO*, **17**(3).
- Folega F., Zhang C., Woegan Y., Wala K., Dourma M., Batawila K., Seburanga J., Zhao X., Akpagana K., 2014.** Structure and ecology of forest plant community in Togo. *J. Trop. Forest Sci.*: 225-239.
- Folega F., Zhao X., Zhang C., Wala K., Akpagana K., 2010.** Ecological and numerical analyses of plant communities of the most conserved protected area in north Togo. *IJBC*: 359–369.
- Greenest-Pixel,** Landsat 7 Collection 1 Tier 1 Annual Greenest-Pixel TOA Reflectance Composite.
- Guelly A., Pereki H., Djiwa O., 2020.** Cartographie des acteurs et des écosystèmes de mangrove du littoral togolais. FAO, Lomé, Togo, 43 p.
- Hamza N., 2002.** Inventaire forestier national, outil d'évaluation et de suivi de la gestion forestière. *Forêt méditerranéenne*, **23**(4): 363-367.
- Issifou A., Folega F., Kombate B., Atakpama W., Batawila K., Ketoh G. K., Akpagana K., 2022.** Cartographie participative des terroirs riverains de la réserve de faune d'Abdoulaye au Togo. *Rev. Écosyst. Pays. (Togo)*, **2**(1): 83-97.
- Kaptue A., 2010.** *Cartographie des écosystèmes et paramètres biophysiques satellitaires pour l'étude des flux hydriques sur le continent africain.* Université Paul Sabatier-Toulouse III, 203 p p.
- Khoudiri F., Chakal A., 2024.** Study of the Dynamics of Vegetation Through the Use of Vegetation Indices in the Region of Djelfa, Algeria. *2024 IEEE Mediterranean and Middle-East Geoscience and Remote Sensing Symposium (M2GARSS)*: IEEE. 260-264.
- Koffi N'dere A., Kokou K. B., Atakpama W., Kombate B., Egbelou H., Kanda M., Sambieni K. R., Batawila K., 2024.** Empreinte anthropique sur la dynamique des écosystèmes de la forêt classée d'Amou-Mono au Togo. *Rev. Nat. Tech.*, **16**(1): 51-62.

- Kombate B., Atakpama W., Egbelou H., Ahuide K., Dourma M., Folega F., Batawila K., Akpagana K., 2022.** Dynamique de l'occupation de sol et modélisation du carbone de la Forêt Communautaire d'Alibi 1. *Ann. Rech. For. Algerie*, **13**(01): 13-26.
- Kombate B., Atakpama W., Egbelou H., Yandja M., Bawa A., Dourma M., Batawila K., Akpagana K., 2023.** Structure et modélisation du carbone de la Forêt Classée de Missahohoé au Togo. *AJLP-GS*, **6**(1): 42-61. <https://revues.imist.ma/index.php/AJLP-GS/article/view/35320/19253>
- Kombate B., Atakpama W., Klevor K. J. A., Egbelou H., Kanda M., Dourma M., Batawila K., Akpagana K., 2024.** Feu de végétation entraîne la dégradation et la déforestation du Parc National Fazao-Malfakassa (PNFM) au Togo. *AJLP-GS*, **7**(1): 218-229.
- Kombate B., Dourma M., Folega F., Atakpama W., Wala K., Akpagana K., 2020.** Spatio-temporal dynamics and habitat fragmentation within a central region of Togo. *Agri. Sci. Res. J.*, **10**(11): 291 – 305.
- Kombate B., Dourma M., Folega F., Woegan A. Y., Wala K., Akpagana K., 2019.** Structure et potentiel de séquestration de carbone des formations boisées du Plateau Akposso en zone sub-humide au Togo. *Afrique SCI.*, **15**(2): 70-79.
- Kpatcha Y., 2017.** *La forêt classée de Foukpa (préfecture de Sotoubou, Togo) : Dynamique spatio-temporelle, diversité et structure démographique.* DTSA, INFA de Tové Tové, Togo, 77 p p.
- Kpedenou K. D., Boukpassi T., Tchamie T. T. K., 2016.** Quantification des changements de l'occupation du sol dans la préfecture de Yoto (sud-est Togo) à l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat. *Rev. Sci. Env.* (13): 137-156.
- Laamrani A., Valeria O., Fenton N., Bergeron Y., Cheng L. Z., 2014.** The role of mineral soil topography on the spatial distribution of organic layer thickness in a paludified boreal landscape. *Geoderma*, **221**: 70-81.
- Lopez P. M., 2021.** Écosystème terrestre - Définition, caractéristique et types. 9.
- Luedeling E., Neufeldt H., 2012.** Carbon sequestration potential of parkland agroforestry in the Sahel. *Clim. Chan.*, **115**: 443-461.
- Luiselli L., Hema E. M., Segniagbeto G. H., Ouattara V., Eniang E. A., Di Vittorio M., Amadi N., Parfait G., Pacini N., Akani G. C., 2019.** Understanding the influence of non-wealth factors in determining bushmeat consumption: Results from four West African countries. *Acta Oecologica*, **94**: 47-56.

- Mabafei A., Diwediga B., Folega F., Wala K., Akpagana K., 2021.** Landscape-based analysis of wetlands patterns in the Ogou River basin in Togo (West Africa). *Env. Chall.*, **2**: 100013.
- Madelaine-Antin C., 2009.** *Dynamique des peuplements forestiers tropicaux hétérogènes: variabilité inter et intraspécifique de la croissance des arbres et trajectoires de développement en forêt dense humide sempervirente, dans les Ghâts occidentaux de l'Inde.* Univ. Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc, 203 p p.
- Madzous I., Ludovic G., Kamgang S. A., Mokpidie D., Doumenge C., 2021.** Les aires protégées: un atout majeur pour la lutte contre les changements climatiques. *In Aires protégées d'Afrique centrale*: 356-397.
- MEA, 2005.** *Ecosystems and human well-being*: Island Press, Washington, DC, p.
- MERF, 2016.** Inventaire forestier national. Lomé : MERF, 16 p.
- Muhammad R., Zhang W., Abbas Z., Guo F., Gwiazdzinski L., 2022.** Spatiotemporal change analysis and prediction of future land use and land cover changes using QGIS MOLUSCE plugin and remote sensing big data: a case study of Linyi, China. *Land*, **11**(3): 419.
- Musubao K. M., Ozer P., Pierre O., Mulondi Kayitoghera G., Ahadi Mahamba J., Uzimati Djurua I., Musongora Kambale M., Kahambu Matimbya H., Muhindo Sahani W., 2022.** Dynamics of Land Use and Land Cover Change in the South Taliha Watershed North Kivu, Eastern Democratic Republic of Congo. *Indonesian J. Soc. Env. Iss.*, **3**(2): 179-193.
- N'konou R., 2024.** Types d'écosystèmes terrestres et exemples. 13 p.
- Nda H. D., Kouassi K., Bi F. T., Konan K., Bohoussou N., 2019.** Apport de l'imagerie satellitaire SPOT dans la gestion durable des écosystèmes de mangroves de Toukouzou-Hozalem, départements de Grand-Lahou et Jacqueville, Sud de la Côte d'Ivoire. *Conférence OSFACO: Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique.*
- O'Connor T., Goodman S., B C., 2007.** A functional hypothesis of the threat of local extirpation of woody plant species by elephant in Africa. *Biol. Cons.*, **136**(3): 329–345.
- Parry M. L., 2007.** *Climate change 2007-impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC*: Cambridge University Press, 114 p.

- Polo-Akpisso A., Wala K., Ouattara S., Foléga F., Tano Y., 2016.** Changes in land cover categories within Oti-Kéran-Mandouri (OKM) complex in Togo (West Africa) between 1987 and 2013. *Implementing Climate Change Adaptation in Cities Communities: Integrating Strategies Educational Approaches*: 3-21.
- Rahnama M. R., 2021.** Forecasting land-use changes in Mashhad Metropolitan area using Cellular Automata and Markov chain model for 2016-2030. *Sus. Cit. Soc.*, **64**: 102548.
- Richter F., 2012.** Méthodologie et instructions pour l'exécution des inventaires dans la zone écogéographique du bassin arachidier. *PERACOD, Dakar, Sénégal*.
- Rolando J. L., Turin C., Ramírez D. A., Mares V., Monerris J., Quiroz R., 2017.** Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. *Agri. Ecosyst. Env.*, **236**: 221-233.
- Samarou M., Atakpama W., Bandawa M. D., Tchagodomou S. R., Folega F., Kanda M., Batawila K., 2023.** Espèces végétales produites et plantées dans la région des plateaux au Togo : diversité floristique et importance économique. *Rev. Agrobiol.*, **13**: 3645-3656.
- Seagle C., 2010.** Deforestation and impoverishment in rural Madagascar: links between state governance, land degradation, and food insecurity over time. *Taloha Rev. Sci. Int. Civ.*, **19**(20).
- Solomon S., 2007.** IPCC (2007): Climate change the physical science basis. *Agu fall meeting abstracts*. U43D-01.
- StudySmarter, Biologie / Les enjeux contemporains de la planète / Écosystème. 12.**
- Tchagodomou Samarou R., 2017.** *Dynamique spatio-temporelle, diversité floristique, structure et potentiel de séquestration du carbone de la forêt communautaire d'Alibi-I (Tchamba)*. 73 p.
- UICN, 1994.** Lignes directrices pour les catégories de gestion des aires protégées Commission des parcs nationaux et des aires protégées de l'Union mondiale pour la conservation de la nature avec l'assistance du Centre mondial de la surveillance continue de la conservation.
- Wala K., Woegan A. Y., Borozi W., Dourma M., Atato A., Batawila K., Akpagana K., 2012.** Assessment of vegetation structure and human impacts in the protected area of Aledjo (Togo). *AJE*, **50**(3): 355-366.

ANNEXES

Annexe 1. Fiche floristique : FICHE D'INVENTAIRE FLORISTIQUE : Ligneux + Herbacées

Fiche N° Informateur Date

Localité.....Long.....Lat.....Attitude.....N° Placette

[illegible][illegible]

NB : A/D : Abondance/Dominance : + (<1%), 1 (1<r<5%), 2 (5<r<25%), 3 (25%<r<50%), 4 (50%<r<75%), 5 (r>75%).

Annexe 2. FICHE D'INVENTAIRE ECOLOGIQUE

Fiche N°.....Informateur.....Date

Localité.....Long.....Lat.....Altitude.....N° Placette.....

Caractéristiques écologiques	Informations
1. Types de formation 1.1. Savane herbeuse 1.2. Savane boisée 1.3. Savane arbustive 1.4. Savane arborée 1.5. Forêt dense sèche 1.6. Forêt ripicole 1.7. Forêt claire 1.8. Champs 1.9. Jachère 1.10. Autre (à préciser) 2. Situation topographique 2.1. Plaine 2.2. Dépression 2.3. Autres (à préciser) 3. Situation par rapport au cours d'eau/mare 3.1. Bords de marres 3.2. Zone marécageuse 3.3. Zone inondable 3.4. Berge 3.5. Autres (à préciser)	
Degré de fermeture du couvert : < 25% ; 25 – 50%, 50 – 80%, > 80%	
Densité du peuplement ligneux : peu dense, moyennement dense, très dense	
Type de relief : Plaine, Plateau, Versant, Vallée,	
Cuirasse : Sans, Petites plaques, Grandes Plaques, Continue	
Texture du sol : Sablonneuse, Limoneuse, Argileuse, Sablo-limoneuse, Sablo-argileux, Argilo limoneux	
Défrichement : Absent, Faible, Moyen, Fréquent	
Signe d'érosion : Sans, Faible, Moyens, Accentués	
Actions anthropiques : Absent, Faible, Moyen, Fréquent	
Feux de végétation : Absent, Faible, Moyen, Fréquent	
Coupe de bois : Absent, Faible, Moyen, Fréquent	
Chasse : Absente, Faible, Moyenne, Fréquente	
Collecte de miel : Absente, Faible, Moyenne, Fréquent	
Espèces dominantes	
Présences d'arbre calcinés	
Taux de couverture au sol	
Présence : termite, Fourmies, chenilles, autres insectes (à préciser)	
Champignon : présent/absent	
Vers de terre : présent/absent	
Mille pattes : présent/absent	
Ruissellement : forte/faible/moyen	
Indices de présence d'animaux sauvages : Empreintes, plumes, fesses, nids, os, autres (à préciser), contacts visuels (à d'écrire ce que l'on a vu)	