

Dynamique de l'occupation du sol dans les carrières d'exploitation des modèles rocheux dans le canton d'Agbelouvé et ses environs

Awèdéo MALOUKOU* et Minkilabe DJANGBEDJA

Université de Lomé, Département de Géographie, Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (LaRBE)

(Reçu le 11 Juillet 2022 ; Accepté le 27 Août 2022)

* Correspondance, courriel : awedeomaloukou@gmail.com

Résumé

La télédétection spatiale d'observation de la surface de la Terre a permis de générer les bases de données dont l'exploitation fournit des informations sur l'état des ressources naturelles. Le canton d'Agbelouvé et ses environs présentent des ressources naturelles inestimables dont leur exploitation impacte l'occupation du sol. Il s'agit de l'exploitation des modelés rocheux granito-gneissiques à des fins de granulats. Cette étude vise ainsi à évaluer l'impact de l'exploitation de ces modelés rocheux sur le couvert végétal, afin de contribuer à la gestion durable des ressources végétales. L'approche rétrospective adoptée s'appuie sur la comparaison entre les signatures spectrales dites de « référence » issues des vérités de terrain et celles des classes résultant de la classification multispectrale supervisée des images prises à des dates antérieures. Il s'agit des images Landsat TM4-5 de 1986 et Landsat8 (OLI/TIR) de 2020, soumis aux logiciels ENVI5.1 et le QGIS3.6. Le résultat montre la régression de forêt (-5,7 %) et des savanes arbustives/herbeuses (-0,47 %) et une progression de savane arbustive/boisée (6,32 %) et sol nu (3,62 %). Ceci nécessite une exploitation rationnelle et la restauration des sites d'exploitation.

Mots-clés : *modelés rocheux, dynamique, occupation du sol, Agbelouvé, Sud - Togo.*

Abstract

Dynamics of land use in the rock model quarries in the Agbelouvé canton and its surroundings

Remote sensing of the Earth's surface has made it possible to generate databases whose exploitation provides information on the state of natural resources. The canton of Agbelouvé and its surroundings present invaluable natural resources whose exploitation impacts the occupation of the ground. This is the exploitation of the granite-gneissic rock formations for aggregate purposes. This study aims to evaluate the impact of the exploitation of these rocky shapes on the vegetation cover, in order to contribute to the sustainable management of vegetal resources. The retrospective approach adopted is based on the comparison between the so-called "reference" spectral signatures from the ground truths and those of the classes resulting from the supervised multispectral classification of images taken at earlier dates. These are

Landsat TM4-5 images of 1986 and Landsat8 (OLI/TIR) of 2020, submitted to ENVI5.1 and QGIS3.6 software. The result shows the regression of forest (-5.7 %) and shrub/herbaceous savannah (-0.47 %) and an increase in shrub/herbaceous savannah (6.32 %) and bare soil (3.62 %). This requires rational exploitation and restoration of exploitation sites.

Keywords : *rock formations, dynamics, land use, Agbelouvé, South Togo.*

1. Introduction

Depuis toujours, l'Homme utilise des matériaux naturels pour la construction de son habitat et l'aménagement de son environnement [1]. Aujourd'hui, avec les besoins de logements et le développement des infrastructures, l'exploitation de carrière de roches granito-gneissiques connaissent un essor important suite à la réduction progressive des gisements alluvionnaires et à la demande permanente et croissante des produits tels que granulats et ciment [1]. L'exploitation industrielle de carrière de granite est une activité qui est en plein essor ces dernières années. Au Togo le développement de cette activité et son importance dans les travaux publics dans toutes les régions du pays a poussé les autorités à y accorder un intérêt particulier. Ceci s'est traduit par l'application de la Loi n°96-004/PR portant code minier de la République togolaise de l'article 16 et 18. L'expérience du Togo dans le domaine de l'exploitation de carrière de granite industrielle laisse apparaître une prédominance d'intérêt pour les matériaux de construction. En raison de sa grande valeur dans le domaine immobilier, ce matériau se commercialise facilement [1]. Le canton d'Agbelouvé et ses environs, situé dans la préfecture de Zio au sud-Togo a vu naître plusieurs sociétés pour l'exploitation de ces roches granito-gneissiques. Malgré l'importance de cette activité, elle engendre la dégradation de l'environnement en particulier le couvert végétal. Cette région est soumise à des changements sociaux-environnementaux, le suivi de l'occupation du sol est donc capital pour établir un diagnostic et mieux comprendre les causes de la modification du couvert végétal. En effet, les cartes d'occupation et de changements du sol constituent de véritables outils de planification et d'aide à la décision surtout en matière de gestion et de préservation des ressources naturelles et des écosystèmes [2]. Plusieurs approches méthodologiques capables d'exploiter au mieux les images satellites existent pour ces cartes. Parmi celles-ci, l'analyse multi-temporelle de l'occupation du sol, considérée comme l'une des plus utilisées réside dans sa capacité à prendre en compte la répartition spatiale des changements [3, 4]. Cependant l'étude de l'occupation du sol est primordiale dans l'évaluation des interactions entre l'homme et son milieu [5]. La dynamique d'évolution du paysage de cette région met l'accent sur le suivi de l'évolution à l'échelle local des forêts et des savanes arborées/arbustive boisées à travers une approche supervisée. L'étude se situe dans la continuité de cette dernière approche éclairée toutefois par le recours à des réalités terrain datant d'une période récente. La cartographie des changements qui en est issue vise à répondre aux questions portant sur la dynamique d'évolution des paysages végétaux du Canton d'Agbelouvé et ses environs entre 1986 et 2020. Cette recherche vise donc à analyser la dynamique de l'occupation du sol du canton d'Agbelouvé et ses environs entre 1986 et 2020 afin d'évaluer les différentes tendances de l'évolution subies par le paysage naturel durant ces périodes liés à l'exploitation des modelés rocheux. Elle est fondée sur l'hypothèse qui prédit que la végétation naturelle d'Agbelouvé subie une forte dégradation. La présentation du milieu d'étude, le matériel et les méthodes, les résultats et la discussion constituent les principales sections du présent article.

2. Matériels et méthodes

Le suivi de l'évolution du paysage par l'analyse de l'occupation du sol de l'espace de canton d'Agbelouvé et ses environs se base sur l'analyse des cartes topographiques, les images satellites Landsat (1986 et 2020), ainsi que les relevés de terrain.

2-1. Secteur d'étude

La connaissance du cadre géographique de la présente étude s'avère nécessaire, afin d'apprécier les impacts de l'exploitation des modelés rocheux sur la végétation. Avec une superficie de 760km², le Canton d'Agbelouvé et ses environs se situent entre 6°18' et 7°23' de latitude Nord et 0°52' et 1°39' de longitude Est. Il est limité au Nord-Est par le canton Gamé, au Sud par Gblinvié et Gativa, au Nord-Ouest par le canton d'Assahoun et au sud-ouest par le canton de Kévé.

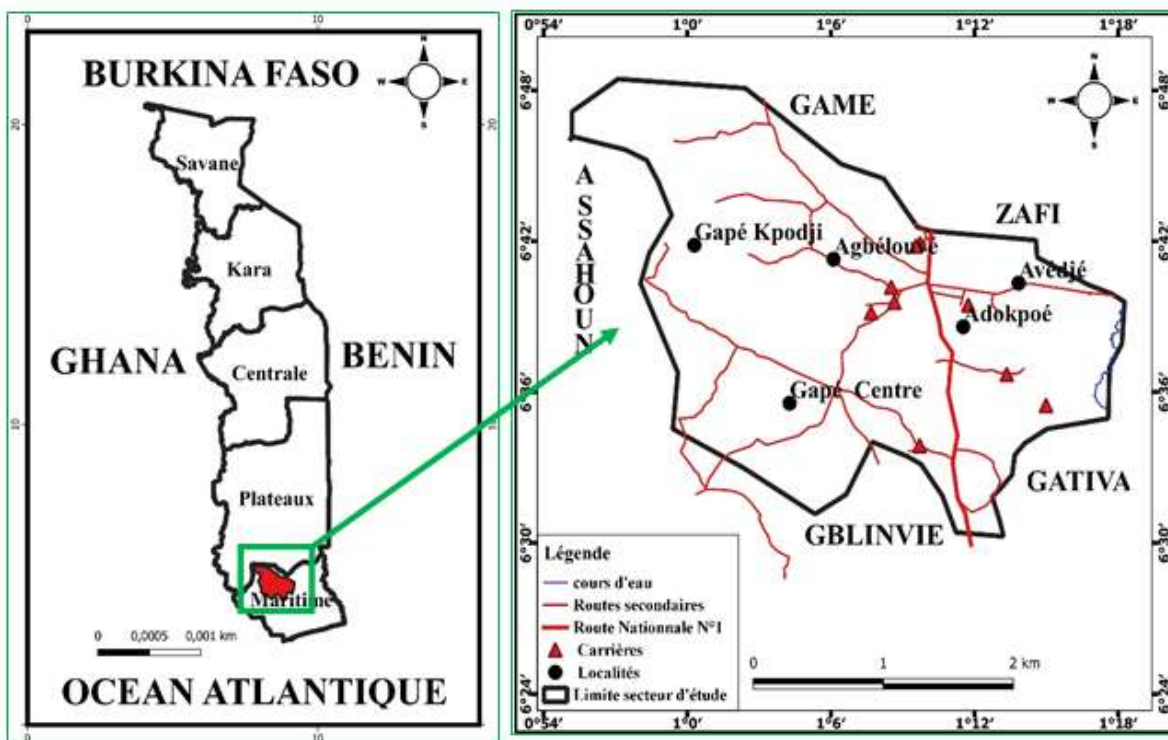


Figure 1 : Carte de localisation du secteur d'étude

Source : Réalisée à partir des vecteurs OSM (OpenstreetMap) et des points GPS

Le périmètre d'étude s'inscrit entièrement, sur le plan physique dans la vaste pénéplaine bénino-togolaise. Il est affecté par le socle granito gneissique précambrien situé au Nord du bassin sédimentaire côtier du Togo d'âge fini-tertiaire. C'est un modelé polyconvexe qui s'élève de façon régulière depuis le bassin sédimentaire côtier jusqu'aux Monts-Togo avec des altitudes qui varient entre 100 et 400 m du Sud en direction du Nord et du Nord-ouest avec des altitudes modestes nettement inférieures à 200 m [6]. C'est une surface d'aplanissement faite de larges croupes d'interfluves à peu près planes et surbaissées alternant avec des vallées peu profondes à fonds plats associant de longs versants convexo-concaves à pentes faibles, rarement supérieures à 3 % dominant bien souvent de 20 m à 25 m les cours d'eau qui les limitent

[7]. Le canton d'Agbelouvé et ses environs est caractérisé par des sols ferrallitiques non indurés et les sols ferrugineux tropicaux. Il jouit d'un régime climatique guinéen caractérisé par deux saisons des pluies (la grande saison des pluies, de fin mars ou avril à juin et la petite saison des pluies, de mi-septembre à fin octobre) et deux saisons sèches (la grande saison sèche, de décembre à mars et la petite saison sèche, en juillet et en août). La température moyenne est généralement élevée. Elle est de 28°C. Les précipitations varient entre 1000 et 1200 mm/an. Il est baigné par les cours d'eau Zio (à l'Ouest) et Lili (à l'Est). Les formations végétales sont très dégradées. C'est une végétation de savanes arborées et de savanes arbustives caractérisées par des espèces comme *Anogeissus leiocarpus*, *Ceiba pentandra*, *Sterculia setigera*, *Khaya senegalensis* [8]. Avec une population de 26312 habitants dont 12641 hommes et 13671 femmes [9], le Canton d'Agbelouvé et ses environs est habité des Ewé et les Adja qui sont les autochtones auxquelles s'ajoutent les Losso, les Kabyè, les Moba, les peuhls qui constituent la population allochtone. Ces différents groupes sociaux culturels exercent diverses activités économiques. L'agriculture, l'élevage, le commerce et l'artisanat sont les activités économiques qui s'exercent dans le canton d'Agbelouvé et ses environs. L'agriculture est l'activité économique la plus pratiquée à cause de la fertilité des sols. Elle est plus pratiquée par des migrants Kabyè, Losso, Kotokoli et Peuhl. Ils font la culture de maïs (*Zea mays*), d'igname (*Dioscorea sp.*), du riz (*Oryza sativa*), du niébé (*Vigna unguiculata*), de l'élevage des ovins, des porcs, des volailles, les bœufs, etc. Les activités artisanales telles que la transformation agroalimentaire (farine du manioc, l'huile rouge, sodabi, savon local, etc.) sont exercées par la majorité des populations autochtones. D'autres activités comme la poterie, la menuiserie, la coiffure, la couture, la broderie, le tissage, la maçonnerie, la mécanique de véhicules, la soudure, la cordonnerie se font aussi dans le canton. Toutes ces activités permettent à la population de subvenir à leurs besoins quotidiens.

2-2. Données topographiques

La carte topographique, au 1/200000^{ème} de la feuille de NB-31-XIV-XIII d'Agbelouvé a été utilisée pour l'étude spatio-temporelle du couvert végétal. Cette carte a permis de digitaliser les limites administratives, le réseau hydrographique ainsi que les voies de communication du secteur d'étude.

2-3. Images satellitaires

Les images satellitaires Landsat 4-5 TM (1986), Landsat8 (OLI/TIR) (2020) de 30 mètres résolution de 1 à 11 bandes sont téléchargées sur le site (www.usgs.gov). Seules les bandes 1 à 4 qui correspondent à la composition colorée vraie couleur et fausse couleur (4, 3, 2) sont utilisées. Ces images sont gratuitement accessibles et représentent aujourd'hui les modèles complets avec une couverture de 90 % des surfaces terrestres. Les caractéristiques de ces images sont consignées dans les **Tableaux 1 et 2** suivants :

Tableau 1 : Caractéristiques de l'image Landsat de 1986

Caractéristiques générales			
Type de capteur		TM (Thematic Mapper)	
Date de prise de vue		23 /01/1986	
Taille de la scène		185 X 185	
Path / Row		193 /53	
Caractéristiques de chaque bande			
Nombre	Nom	Résolution	Intervalle de longueur d'ondes
1	BLEU	30 m	[0,45, 0,52 µm]
2	VERT	30 m	[0,52- 0,60 µm]
3	ROUGE	30 m	[0,60- 0,69 µm]
4	Infra-rouge (IR)	30 m	[0,76- 0,90 µm]
5	Moyen Infra-rouge (IRM)	30 m	[1,55-1,75 µm]
6	Infra-rouge Thermique (IRT)	30 m	[10,4-12,5 µm]
7	Moyen Infra-rouge (IRM)	30 m	[2,08-2,35µm]

Source : <https://www.usgs.gov/media/images/landsat-4-5> 29/06/2020 à 17 : 42

Légende: OLI & TIRS : Landsat8 operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS); SWIR: Shortwave Infrared, TIR: Thermal Infrared

Tableau 2 : Caractéristiques de l'image Landsat 2020

Caractéristiques générales			
Type de capteur		Landsat8 (OLI &TIRS)	
Date de prise de vue		03 /02/2020	
Taille de la scène		1878 X 965 km	
Path / Row		193 /53	
Caractéristiques de chaque bande			
Nombre	Nom	Résolution	Intervalle de longueur d'ondes
1	Bleu	30 m	[0,45- 0,52 µm]
2	Vert	30 m	[0, 52,-0,60 µm]
3	Rouge	30 m	[0,63- 0,69 µm]
4	Infra-rouge (IR)	30 m	[0,77-0,90 µm]
5	Moyen Infra-rouge (IRM)	30 m	[1,55-1,75 µm]
6	Infra-rouge Thermique (IRT)	30 m	[10,4-12,5 µm]
7	Moyen Infra-rouge (IRM)	30 m	[2,08-2,35µm]
8	Panchromatique 8(pan)	15 m	[0,52-0,90µm]
9	CRRUS	30 m	[1,363-1,384µm]
10	SWIR	30 m	[10,60-11,10µm]
11	SWIR	30 m	[11,50-12,51µm]

Source : <https://www.usgs.gov/media/images/landsat-8>- 29/06/2020 à 17 :46

3-3. Méthodes de traitement et d'analyse des données satellitaires

Plusieurs méthodes d'analyse des images satellitaires ont permis de réaliser la cartographie des unités d'occupation du sol.

3-3-1. Prétraitement des images satellitaires

Avant de procéder à la classification thématique des images satellitaires, une série d'opérations de prétraitement a été effectuée afin de faciliter leur exploitation. Il s'agit de la combinaison des bandes dans le but d'obtenir une seule image multispectrale. Les images Landsat sont conçues sous forme de bandes individuelles en niveau de gris sous format Geotif. Toutes les bandes furent combinées sous le logiciel ENVI 5.1 à l'aide du module « *Layer Stacking* ». Le rehaussement des images afin d'améliorer leur apparence et faciliter l'interprétation et l'analyse visuelle des scènes. Le contraste entre les différents éléments des images fut amélioré en jouant sur la dynamique des valeurs radiométriques. L'extraction du secteur d'étude à partir des images multispectrales obtenues, suivant les limites administratives du canton d'Agbelouvé et ses environs par l'outil « *Resize data* » dans *Basic Tools* sous ENVI 5.1. Les améliorations géométriques n'ont pas été nécessaires, car les images obtenues ont déjà fait l'objet des corrections géométriques sur la base de la projection UTM WGS84 zone 31. Cependant, les autres données cartographiques complémentaires (limites administratives, données de GPS, données hydrographiques, voies de communication) ont toutes été projetées UTM WGS84 zone 31.

3-3-2. La classification numérique des images

Ce processus de classification numérique des images s'est déroulé sous le logiciel ENVI 5.1, à travers le choix des compositions colorées, la définition de la légende ou le renseignement du ROI (Regions Of Interest) ; la sélection des échantillons de parcelles d'entraînement ; la description et renseignement des différentes classes et le choix de l'algorithme de classification. Des compositions colorées, ayant pour objectif de permettre une bonne discrimination des unités d'occupations du sol, ont été obtenues à l'issue des affectations dans l'ordre aux trois couleurs primaires (rouge, vert et bleu) les bandes du proche infrarouge (0,76-0,90 μm), du rouge (0,63- 0,69 μm) et du vert (0,52-0,60 μm). L'interprétation visuelle des images après la composition colorée a permis d'identifier des types d'occupation du sol et donc de délimiter les zones d'entraînement. La délimitation de ces zones d'entraînement fut renforcée par le réseau des données de GPS collectés sur le terrain. La connaissance du secteur d'étude a guidé le choix en faveur de la classification supervisée qui consiste à appliquer le même traitement à chaque pixel, indépendamment des pixels voisins. L'algorithme maximum de Vraisemblance (*Maximum Likelihood*) a été choisi pour la classification des images. C'est une méthode qui calcule la probabilité d'appartenance d'un pixel à une classe donnée plutôt qu'à une autre. Les pixels seront affectés à la classe pour laquelle la probabilité est la plus forte.

3-3-3. Traitement post-classification et validation des résultats

Une fois la classification terminée, des traitements ont été effectués pour affiner, évaluer la précision et valider les résultats. Le premier traitement a consisté à faire passer l'image classée dans un filtre majoritaire 3x3 (les pixels isolés sont transformés en pixels voisins majoritaires dans un carré de 3 pixels sur 3 autour du pixel considéré). La classification est simplifiée et débarrassée des pixels isolés. Enfin, la précision des classifications a été évaluée à travers l'utilisation d'une matrice de confusion. Deux indices de validation de classification que sont la précision globale (proportion de pixels bien classés, calculée en

pourcentage) et l'indice de Kappa (rapport entre les pixels bien classés et le total des pixels sondés) sont déterminés. La détection du changement des unités d'occupation du sol de deux dates différentes sont observés par rapport à la superficie de chaque classe d'occupation du sol. L'évolution spatio-temporelle de chaque classe d'occupation du sol a été évaluée à travers une série de transformations ensemblistes [10]. La relation entre la même classe à deux dates différentes, a permis d'extraire les zones « stables », de « régression » et de « progression » de ladite classe. On considère que S1 représente la superficie occupée par les classes d'occupation du sol à la date 1 et que S2 est la surface de ces mêmes classes pour la date 2. Afin de quantifier les changements au niveau des classes d'occupation du sol, le taux de changement a été calculé. Ces taux de changement (taux d'évolution annuel et taux de changement global) des superficies des classes d'occupation du sol entre les années 1986 et 2020 furent déterminés respectivement à travers l'équation proposée par la [11] (1) et celle de [12] (2) [5] couramment employée pour mesurer la croissance des agrégats macroéconomiques entre deux périodes données.

$$Tg = \frac{S2 - S1}{S1} \times 100 \tag{1}$$

$$TC = \frac{\ln S2 - \ln S1}{(t2 - t1) \times \ln e} \times 100 \tag{2}$$

Avec S1 la surface d'une classe d'unité de surface à la date t1 ; S2 la superficie de la même classe d'unité de surface à la date t2 ; ln le logarithme népérien ; e : la base des logarithmes népériens (e = 2,71828). Les valeurs positives représentent une progression de la superficie de la classe pendant la période analysée tandis que les valeurs négatives indiquent la perte de surface d'une classe entre les deux dates. Quant aux valeurs proches de zéro, elles expriment une relative stabilité de la classe des deux périodes.

3. Résultats

3-1. Evaluation de la précision de la classification et résultat cartographique

Tableau 3 : Matrice de confusion et le coefficient de kappa de l'image Landsat 1986

1986					
Classes	Fd	Sa/h	SA/b	Sn	Total
Fd	96,76	4,05	0,12	0,39	13,57
Sa/h	2,5	72,59	4,38	4,76	29,55
SA/b	0,05	15,33	93,88	0,82	51,17
Sn	0,69	8,03	1,62	94,03	5,58
Total	100	100	100	100	100
Matrice de confusion : 86,02%, Coefficient de kappa : 0,77					

Légende : Fd : Forêts dégradées ; Sa/h : Savanes arbustives/herbeuses ; SA/b : Savanes arborées/boisées ; Sn : Sols nus

Source : Traitement statistique d'image Landsat 1986

Tableau 4 : Matrice de confusion et le coefficient de kappa de l'image Landsat 2020

2020					
Classes	Fd	Sa/h	SA/b	Sn	Total
Fd	91,52	28,84	0,25	0	4,27
Sa/h	8,23	69,65	7,58	0,99	8,21
SA/b	0,25	0,92	91,81	1,84	69,29
Sn	0	0,59	0,36	97,17	26,24
Total	100	100	100	100	100

Matrice de confusion : 92,38 %, Coefficient de kappa : 0,85

Source : Traitement statistique d'image Landsat 2020

3-2. Cartographie des classes d'occupation du sol à travers les images Landsat 1986 et 2020

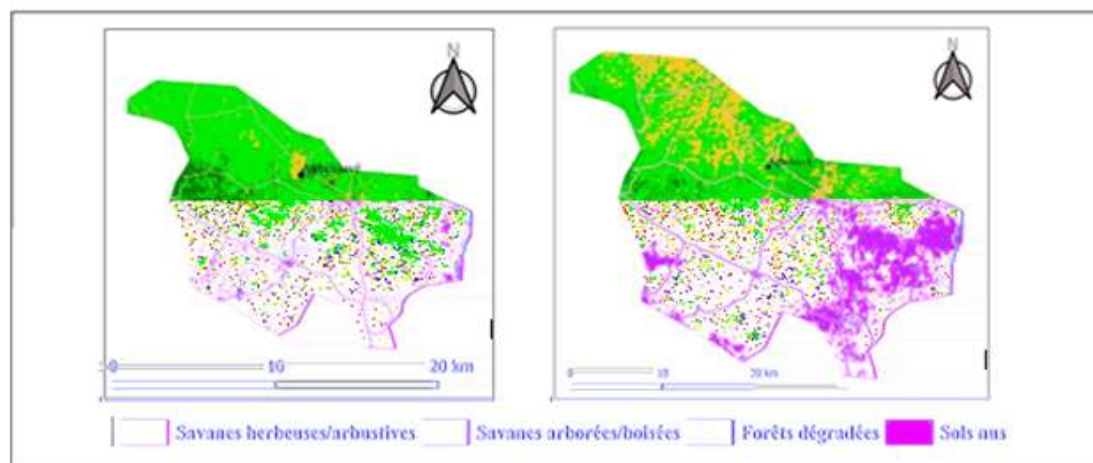


Figure 2 : Carte de l'occupation du sol de 1986 et 2020

La **Figure 2** représente les cartes obtenues à partir de la classification supervisée des images Landsat de 1986 et 2020. Au total, quatre unités d'occupation de sol ont été cartographiées. Il s'agit entre autres : Forêt dégradée, Savanes arbustives/herbeuses, Savane arborées/boisées et sols nus. Ces classes sont définies à partir de l'observation directe du paysage.

3-3. Dynamique de l'occupation du sol sur les images Landsat de 1986 et 2020

L'analyse de **Tableau 5** illustre l'état d'occupation du sol de 1986 et 2020. Il montre qu'il y a un changement entre les unités d'occupation du sol à travers les superficies obtenues. Cependant, en 1986, le paysage était dominé par les savanes arbustives/herbeuses qui occupaient de 70767,3 hectares soit (49,42 %) suivi des Savanes arborées/boisées 41652,0 hectares soient (29,15 %) un peu plus confondus à la classe précédente. La forêt dégradée de 17571,6 hectares soit (12,30 %), localisée au sud-ouest du canton d'Agbelouvé et les sols nus, moins représentés de 12907,6 hectares soit (9,03 %). En 2020, on observe une légère régression des Savanes arbustives/herbeuses (42,57 %) et les Savanes arborées/boisées (24,67 %), une augmentation de 31% des sols nus et une forte régression de la forêt (1,76 %) au profit des autres classes.

Tableau 5 : Etat d'occupation du sol de 1986 et 2020

Classes d'occupation du sol	Superficie 1986		Superficie 2020	
	ha	%	ha	%
Fd	17571,6	12,30	2512,8	1,76
Sa/h	70767,3	49,52	60827,2	42,57
SA/b	41652,0	29,15	35250,7	24,67
Sn	12907,6	9,03	44293,2	31,00
Total	142898,4	100	142883,9	100

Source : Traitement statistique d'image Landsat 1986 et 2020

3-4. Evaluation de l'évolution de l'occupation du sol

L'évolution de l'occupation du sol dans le canton d'Agbelouvé et ses environs entre 1986 et 2020 est présentée dans le **Tableau 6**. Ce tableau résume les différentes classes d'occupation du sol, leur superficie et leur taux de variation. Tc = Taux moyen annuel d'expansion spatial ; Tg = Taux de changement global

Tableau 6 : Evaluation de l'évolution de l'occupation du sol 1986 et 2020

Classes d'occupation du sol	Superficie (ha)		Tc (%)	Tg (%)
	1986	2020		
F/d	17571,6	2512,8	-599,3	-5,7
Sa/h	41652,0	35250,7	-18,2	-0,47
SA/b	70767,3	60827,2	-16,3	6,32
Sn	12907,6	44293,2	70,9	3,62

Source : Traitement statistique d'image Landsat 1986 et 2020

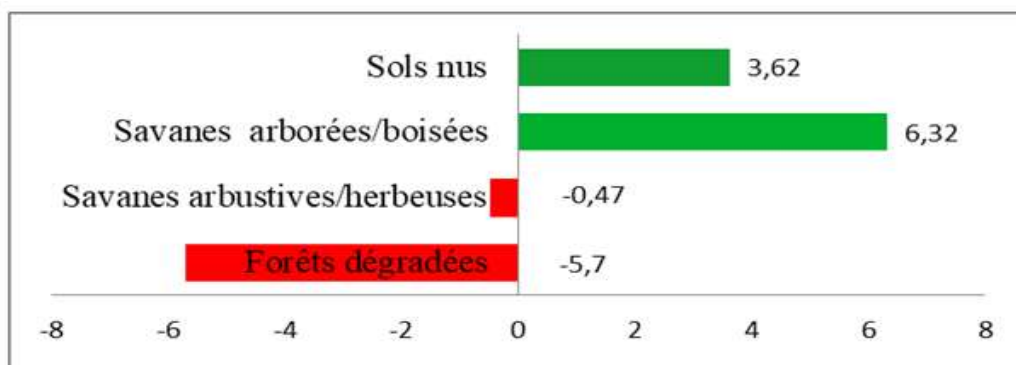


Figure 3 : Bilan du changement des différentes classes d'occupation du sol

Source : Traitement statistique des images Landsat 1986 et 2020

Sur les quatre classes d'occupation du sol identifiées dans le canton d'Agbelouvé et ces environs deux classes ont connu une régression relativement importante (**Figure 3**). Ces classes sont les Forêts dégradées et les Savanes arbustives / herbeuses qui ont enregistré au cours de cette période une régression respectivement de 5,7 % et les 0,47 %. Les deux autres classes d'occupation du sol à savoir les Savanes arborées/boisées et Sols nus ont quant à elles connu d'importantes augmentations.

4. Discussion

Les résultats obtenus des traitements montrent que les extractions réalisées sur les images satellites Landsat, à partir de classifications supervisées sont bonnes pour pouvoir établir que, les changements observés. Ces images correspondent effectivement à des variations de l'occupation du sol. La classification supervisée est, parmi les méthodes relatives à l'étude de l'évolution de l'occupation du sol par télédétection [5, 6], la plus représentative. La qualité de la classification est d'ailleurs confirmée par les valeurs de l'indice de Kappa que sont 0,77 (1986) et 0,85 (2020). On peut conclure que les résultats de cette analyse sont statistiquement bons car selon Pointus 2000 [13], les résultats d'une analyse d'image dont la valeur de Kappa est supérieure à 0,50 sont bons et exploitables. On observe plus de précision au niveau de certaines classes d'occupation du sol. Toutes les classes d'occupation du sol de la matrice de confusion des images Landsat de 1986 et 2020 sont bien classifiées avec une précision supérieure à 70 %. Sauf la classe savanes arbustives/herbeuses (69,65 %), valeur plus proche de 70 %. Une importante confusion a été remarquée entre les classes de forêts dégradées et les savanes arbustives/herbeuses (28,84 %). Cette confusion s'est légèrement remarquée au niveau de chaque classe. On peut déduire cependant que ces erreurs sont acceptables, car, toutes les erreurs sont largement en dessous de la valeur limite établies à 70 % [6]. L'analyse des résultats montre que la dynamique du milieu naturel dans le Canton d'Agbelouvé et ses environs est régressive entre les deux dates. Les taux d'évolution moyens annuels révèlent des régressions pour les classes de forêts (-5,7 %) et savanes arbustives/herbeuses (-0,47 %). Cette remarque de dégradation du paysage dans le canton d'Agbelouvé et ses environs est aussi observée à d'autres endroits au sud du Togo. [6], dans la préfecture de Yoto au sud-est du Togo, sont parvenus aux mêmes constats. La dégradation des formations naturelles n'est pas essentiellement liée aux seules activités de l'exploitation des modelés rocheux, mais d'autres facteurs interviennent pour amplifier la situation. Il s'agit de l'activité socio-économique telle que la culture sur brûlis, l'exploitation des bois d'œuvre et éventuellement le dérèglement climatique.

5. Conclusion

La cartographie de l'occupation du sol et de ses changements réalisés à l'aide de la méthode classique de classification multispectrale supervisée, a permis l'interprétation du comportement spectral des images satellitaires. La carte d'occupation du sol et le bilan de changement obtenu des différentes unités d'occupation du sol illustrent l'évolution de la végétation de 1986 à 2020. On note une forte régression de la forêt (-5,7) et des Savanes arbustives/herbeuses (-0,47) et une progression de savanes arborées boisées (6,32) ; et les sols nus (3,62). Ce changement obtenu entre les classes d'occupation du sol confirme plus ou moins l'hypothèse selon laquelle l'hypothèse qui prédit que la végétation naturelle d'Agbelouvé et ses environs subissent une forte dégradation sous l'influence de l'exploitation des modelés rocheux. Mais, il faut noter que d'autres activités anthropiques telles que les cultures sur brûlis, l'exploitation du bois-énergie et du bois d'œuvre ont contribué à la dégradation du couvert végétal.

Références

- [1] - KOUADIO KOUAME ARNAUD, Impact environnemental et sanitaire de l'exploitation artisanale de dome de granite dans la ville de daloa (centre-ouest de la cote d'ivoire), *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, N°3 (2020) 182 - 195
- [2] - AUDE NUSCIA TAÏBI, Éléments de controverses autour des changements socio-environnementaux et de la dynamique des paysages en pays dogon (Mali) <https://www.cairn.info/revue-espace-geographique>, Vol.48 (2019) 103 - 116
- [3] - JERRY F. FRANKLIN , THOMAS A. SPIESB, ROBERT VAN PELTA, ANDREW B. CAREYC, DALE A. THORNBURGH, DEAN RAE BERGE , DAVID B. LINDENMAYERF , MARK E. HARMONG , WILLIAM S. KEETONA , DAVID C. SHAWH , KEN BIBLEA , JIQUAN CHEN, Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example, *Forest Ecology and Management*, Vol.155 (2002) 399 - 423
- [4] - TIDJANI ALOU AMINA., OZER ANDRE, & KARIMOUNE SALIFOU, Apports de la télédétection dans l'étude de la dynamique environnementale de la région de Tchago, (nord-ouest de Gouré, Niger) , *Geo-Eco-Trop.*, Vol.33 (2009) 69 - 80
- [5] - KPEDENOU KOFFI DJAGNIKPO, BOUKPESSI TCHAA, TCHAMIE THIOU TANZIDANI, « Quantification des changements de l'occupation du sol dans la préfecture de yoto (sud-est togo) a l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat », *HAL* N°1 (2016) 137 - 156
- [6] - GNONGBO TAK. YOUSSEF, Le Togo méridional : Etude de géographie physique. Thèse de doctorat de Géographie Tropicale, Université de Bordeaux, (1996) 306 p.
- [7] - AYIVI DZIEMEDO ATSOU BIDI, OLANLO KODZO TINI, GNONGBO YOUSSEF TAK, « Dimension socio-économique et Impacts environnementaux de l'exploitation des modelés rocheux de la pénéplaine Bénino-togolaise suivant l'axe Lilicope-rodokpe (sud-togo) », *Ahoho*, N°17 (2016) 28 - 43
- [8] - FOLEGA FOUSSENI, WALA KPERKOUMA, AGBELESSISSI YAO WOEGAN, MADOUMA KANDA, DOURMA MARRA, KOMBAN BATAWILA & AKPAGANA KOFFI, Flore et communauté végétale des inselbergs du Sud-Est du Togo ». *Physio Géo*, Vol.12 (2018) 1 - 21
- [9] - DGSCN, Résultat de Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH4), <https://cnilstogo.org>, (2010) 82
- [10] - NOYOLA-MEDRANO, Maria Cristina, Facteurs menant à l'exploitation des aquifères dans les environnements arides, le cas de la vallée de San Luis Potosi, *Revista mexicana de ciencias geológicas*, Vol.26, N°2 (2009) 395 - 410
- [11] - FAO, model code of forest harvesting practice, 95 (1996), <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/17586>
- [12] - BERNIER BERNARD, Introduction à la macroéconomie. Dunod, Paris, 217 (1992), <https://www.google.com/search>
- [13] - JR. R. G. PONTIUS, Quantification error versus location error in compararison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and remote Sensing*, 66(8), (2000)1011 - 1016. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Pontius+Jr>