

DYNAMIQUE SPATIALE D'OCCUPATION DU SOL À LA PÉRIPHÉRIE DU BARRAGE DE BAGRÉ AU BURKINA FASO

Aïcha TAPSOBA^{1*}, Kouami KOKOU² et Zezouma SANOU¹

¹*Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Département Environnement et Forêts, Laboratoire de l'Environnement et des Ecosystèmes Forestiers, Agroforestiers et Aquatiques (Labo-EcoFAA), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso*

²*Université de Lomé, Faculté des Sciences, Laboratoire de Recherche Forestière (LRF), BP 80825 Lomé, Togo*

(reçu le 17 Janvier 2023; accepté le 20 Mai 2021)

* Correspondance, e-mail : aïcha_taps@yahoo.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de l'étude est d'évaluer l'ampleur de la dégradation du couvert biophysique autour du Barrage de Bagré. Les images Landsat de 1989, 1999, 2009, et 2019 sont traitées avec le logiciel ENVI 5.1 et les données météorologiques de 1989 - 2019 de la station qui abrite la zone d'étude, utilisées pour déterminer l'Indice Standardisé de Précipitation-Evapotranspiration. L'Indice de sécheresse et les données démographiques de 1985 - 2020 ont montré la corrélation entre la variabilité climatique, la mobilité humaine et la dynamique d'occupation des sols. Les résultats révèlent une forte répercussion de la migration agraire au long des décennies étudiées et un impact assez négligeable de la variabilité climatique dont l'Indice de sécheresse est de -1,34. De 1989 à 2019, la savane et la forêt ont perdu 76 % et 74 % de leur superficie, alors que les parcs agroforestiers et les habitats ont eu un regain de 148 % et 495 %, respectivement. La dynamique dégradante du couvert biophysique engendrée par la surexploitation des ressources naturelles communes suscite la recherche d'un consensus institutionnel pour leur gestion pérenne.

Mots-clés : *barrage de Bagré, dynamique d'occupation du sol, Burkina Faso.*

ABSTRACT

Spatial dynamics of land cover around the Bagré dam in Burkina Faso

The aim of this study is to assess the extent of the biophysical cover degradation around the Bagré dam. Landsat images from 1989, 1999, 2009, and 2019, obtained from a meteorological station that covers the study area, were processed using ENVI 5.1 software to determine the Standardised Precipitation-Evapotranspiration index. The use of the drought index and demographic data from 1985-2020 has shown the correlation between climate variability, human mobility, and land cover dynamics. The main results of this study revealed that throughout the studied decades, there is a strong impact of agricultural migration and a fairly negligible impact of climate variability whose drought index is -1.34. Savannah and forest have lost 76 % and 74 % of their area respectively from 1989 to 2019. However, land dedicated to agroforestry and settlements have increased by 148 % and 495 % respectively during the same period. Thus, this dynamic of biophysical cover degradation due to the overexploitation of common natural resources calls for an institutional consensus for their sustainable management.

Keywords : *bagre dam, land use dynamics, Burkina Faso.*

I - INTRODUCTION

La couverture biophysique à la surface de la Terre peut dans le temps indiquer l'évolution ou le maintien d'un équilibre des différentes formations végétales naturelles, des composantes environnementales ainsi que des facteurs climatiques [33, 36]. En Afrique subsaharienne les ressources naturelles végétales, composante principale de la couverture biophysique, constituent le support de subsistance pour la majorité de la population surtout rurale [4, 27]. Malheureusement, des actions anthropiques et même des facteurs naturels en affectent l'équilibre suscitant ainsi des problèmes sociaux, économiques et environnementaux [25, 32]. Le Burkina Faso, avec son faible Indicateur de Développement (IDH = 0,423 en 2017) et son économie basée sur l'agropastoralisme, a une population à 81 % rurale dépendante de ses ressources naturelles [24]. Cette dépendance favorise le déséquilibre écologique depuis plusieurs décennies et les ressources naturelles du pays se dégradent rapidement du fait de leur utilisation irrationnelle [27, 22]. Dans ses écosystèmes humides, le constat est plus inquiétant. Ce qui amène le Burkina Faso à mettre ainsi en place des mécanismes institutionnels, réglementaires et stratégiques de sa gestion durable et à ratifier le 27 octobre 1990 la Convention de Ramsar, afin de faire

de ces espaces une priorité de développement, [31]. L'Aménagement des Vallées des Volta (AVV) amorcé le 05 mai 1974 avec pour objets la promotion des techniques agricoles améliorées, la protection des réserves naturelles et celle des forêts a fait des rives du Nakambé (volta blanche) une zone privilégiée pour l'agriculture irriguée et pluviale, pour le pastoralisme et la pisciculture, [29]. Pour le même auteur, la recolonisation de ladite vallée intervient avec l'aménagement hydraulique de Bagré suite à la sécheresse des années 70 et 80. Cela a favorisé ainsi un accroissement de la population de la localité de 58,21 % puis de 29,93 % de 1985 à 1994 et de 1995 à 2004 respectivement contre 23,4 % et 22,57 % respectivement à l'échelle nationale pour les mêmes périodes. Dans le district du Barrage de Bagré construit sur le Bassin versant du Nakambé, cette dégradation se trouve être causée entre autres par l'extension des terres agricoles, la faiblesse et la mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace des précipitations [12]. Pourtant, ce barrage est inscrit le 7 Octobre 2009 sur la liste des sites Ramsar, [32]. L'exploitation des ressources en eau, en terre et végétales (forêt et savane) pour répondre aux besoins socio-économiques, modifie l'équilibre du couvert biophysique, créant ainsi des contraintes à sa gestion, [24]. L'afflux de la population de 17 959 de 1996 à 944 958 en 2020, engendré par l'aménagement des plaines irriguées en amont du Barrage de Bagré semble avoir joué un rôle dans la dégradation des ressources naturelles [6]. Ce problème, plus crucial, se caractérise par des environnements de sol et de végétation de plus en plus contraignants et clairsemés. Dans le contexte actuel des changements climatiques et au regard de la croissance conjointe de la population et de leurs besoins vitaux et en terre dont la superficie est constante, une appréhension de la dynamique d'occupation du sol devient impérieuse pour développer des stratégies de préservation et de restauration des écosystèmes. L'objectif de cette étude est d'analyser les changements opérés dans la structure spatio-temporelle de l'occupation du sol à la périphérie du Barrage de Bagré. Il s'agit spécifiquement : i) d'évaluer l'étendue de la dégradation du couvert végétal occupé par les ressources eau, terre et formations végétales (forêt et savane) à partir d'images Landsat, ii) d'analyser l'impact des paramètres climatiques et des actions anthropiques sur la disponibilité des ressources eau, terre et végétales.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Cadre de l'étude

L'étude est conduite dans la Région du Centre-Est du Burkina Faso qui abrite le Barrage de Bagré (11°34'57"N 00°41'13"E, latitude 11°28' à 11°32' et de longitude 0°30' à 0°45'), de capacité de 1,7 milliard de m³ (**Figure 1**). Il a été construit en 1992 et s'étend sur une superficie de 36 793 ha en aval sur le sous-Bassin versant du Nakambé, lui-même rattaché au Bassin de la Volta qui s'étend sur 178 000 km².

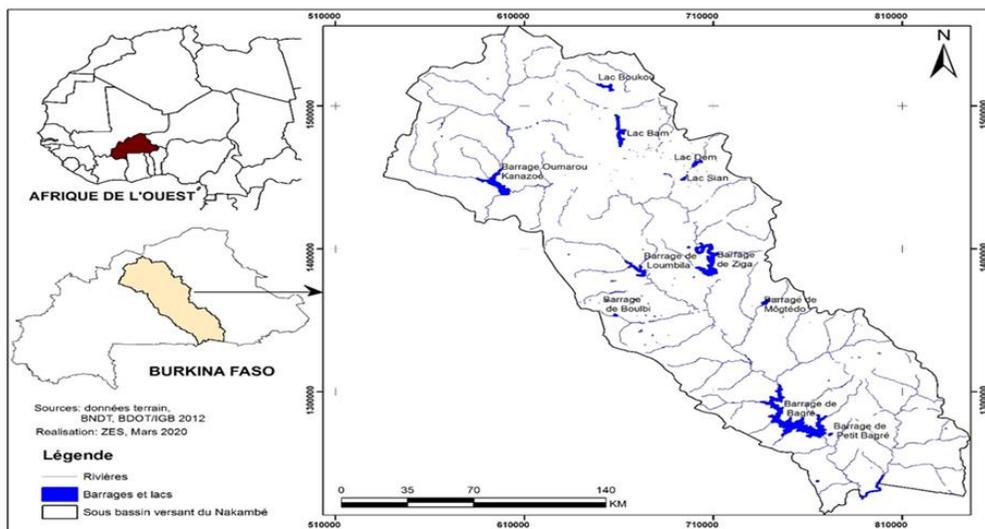


Figure 1 : Localisation du barrage de Bagré dans le Sous bassin versant du Nakambé

Le Barrage porte le nom d'une commune rurale de la province du Boulgou de ladite Région. Les 2/3 de sa superficie (**Figure 2**) sont situées dans la Région du Centre-Est du Burkina Faso

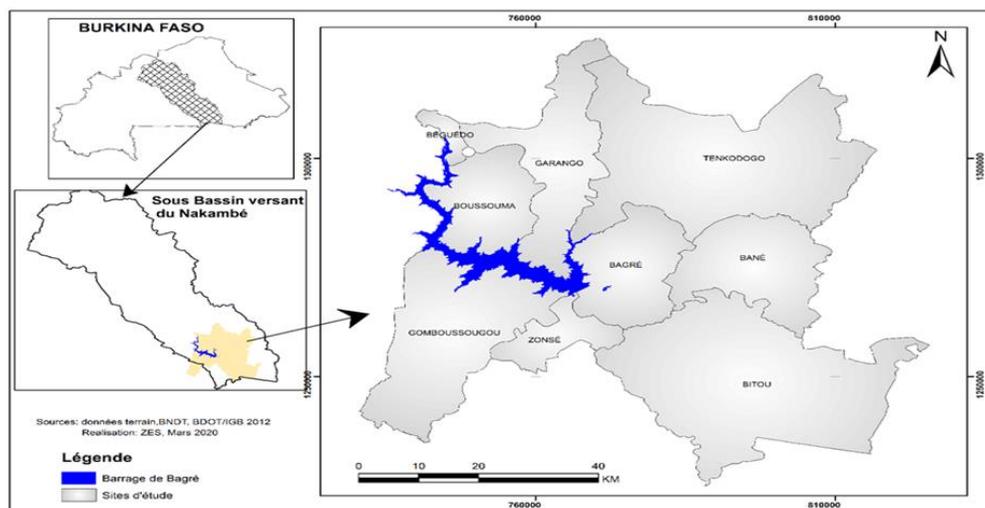


Figure 2 : Localisation du barrage de Bagré dans la Région du Centre-Est

Il est situé dans le domaine phytogéographique nord soudanien [30] avec des températures annuelles moyennes supérieures à 28°C et des averses de 950 mm en moyenne par an [3, 30].

II-2. Matériel d'étude

Dans le cadre de cette étude, des données climatiques, des scènes d'images satellitaires, des informations recueillies auprès des populations et provenant de la littérature sont utilisées. La revue bibliographique est exploitée pour avoir un état sur la biophysique et l'évolution de la population du site d'étude ainsi que des connaissances sur les techniques de traitement d'images. Les données climatiques, d'une série allant de 1989 à 2019, obtenues auprès de la Direction de la Météorologie Nationale du Burkina Faso sont utilisées pour analyser l'évolution des paramètres climatiques. Les données d'enquête ont porté principalement sur les coordonnées de vérification terrain des images satellitaires Landsat. Sur 87 plots projetés sur la carte de vérification, 34 n'ont pu être vérifiés pour des raisons d'insécurité et d'inaccessibilité à cause du relief. Par ailleurs, des informations concernant les changements du milieu ont été collectées spontanément et de manière aléatoire lors de la vérification terrain auprès des individus, 31 au total dont l'âge est supérieur à 40 ans. Les scènes d'images satellitaires Landsat utilisées sont celles de 1989, 1999, 2009 et 2019. Elles sont obtenues auprès du Ministère de l'environnement, de l'économie verte et du changement climatique (MEEVCC) du Burkina Faso et sur le site web de la NASA (www.earthexplorer.usgs.gov). Ces images équipées, soit de senseur *Thematic Mapper (TM)* ou de senseur *Operational Land Imager (OLI)*, soit celui d'*Enhanced Thematic Mapper plus (TM+)* ou encore de senseur *Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor (OLI_TIRS)*, ont été capturées courant mois de novembre. Ce mois se distingue par un faible risque de couverture nuageux et de passage de feu. Les caractéristiques de ces images sont consignées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Caractéristiques des images satellitaires utilisées

Localité	Dates	Type de senseur	Type de satellite	Zone de fausse (Path/Row)	Résolution (m ²)
Zone humide de Bagré	11/11/1989	Landsat 4	TM	P: 194/R: 52	30
	7/11/1999	Landsat 7	ETM+	P: 194/R: 52	30
	26/11/2009	Landsat 5	TM	P: 194/R: 52	30
	6/11/2019	Landsat 8	OLI_TIRS	P: 194/R: 52	30

Ces images ont été les principaux supports utilisés pour l'analyse de la dynamique temporelle de l'occupation spatiale des ressources en eau, en terre et des formations végétales (forêt et savane). En outre, l'outil de relevé des coordonnées sur le terrain (GPS GARMIN 12), ainsi qu'une carte d'occupation comme support cartographique de la zone d'étude circonscrite dans un rayon de 15 km autour du Barrage (**Figure 4**) ont été utilisés.

II-3. Définition des classes d'occupation

Les unités de végétation dans le site d'étude sont caractérisées par des formations savanicoles arbustives et arborées, des formations ripicoles et des complexes parcs agroforestiers. Cette étude analyse six classes d'occupation spatiale du sol que sont : (i) les Forêts constituées de forêts galeries et communautaires, (ii) les Savanes qui regroupent les savanes arborées, arbustives et herbeuses, (iii) les Parcs agroforestiers constitués de champs et de jachères, (iv) les Zones aménagées qui caractérisent les plaines aménagées pour l'irrigation, (v) les Cours d'eau qui rassemblent tous les réservoirs d'eau de surface et enfin (vi) une classe Habitat qui définit toutes les habitations et les terres dénudées.

II-4. Analyse des données collectées

L'analyse diachronique des scènes d'images satellitaires permet de caractériser le changement observé à la surface de la terre dans la périphérie du Barrage de Bagré. L'utilisation de l'approche descriptive a fourni une explication visuelle des images, validée par une observation de terrain et des enquêtes (*Figure 3*). Cette approche confronte les réalités observées sur le terrain aux résultats de la composition colorée de base des cartes conçues.

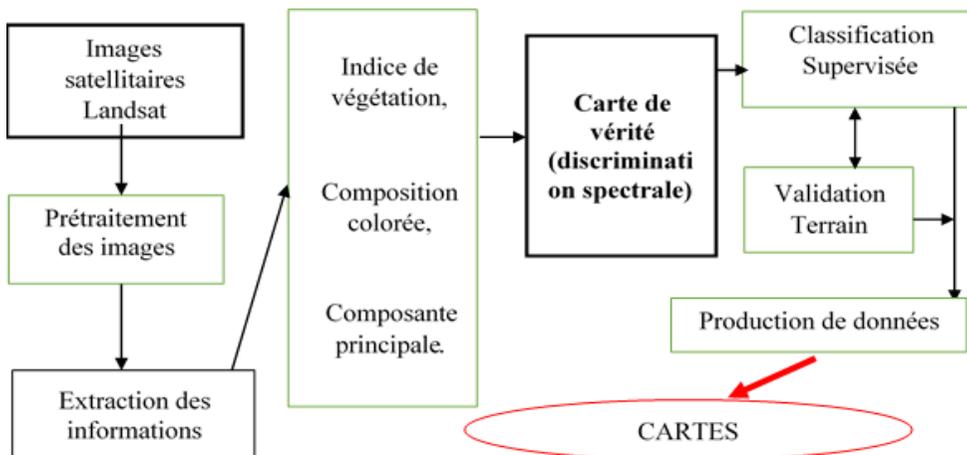


Figure 3 : Schéma de production des cartes à partir des images satellitaires

En effet, dans la présente étude, l'outil « Resize data » (spatial/spectral) du Logiciel Envi 5.1 a été utilisé pour l'extraction de la sous-scène couvrant la zone circonscrite de 15km de rayon autour du Barrage. Les images brutes fournies par les satellites ont d'abord été visualisées afin de s'assurer de leur qualité. Une correction géométrique n'a pas été nécessaire car les images ont été enregistrées dans le même système géographique de projection UTM

Zone 30 N, Sphéroïde WGS 84 et datum WGS 84. L'application « *Radiometric calibration* » est utilisée pour corriger les images afin de réduire le bruit associé au capteur. Avec la correction atmosphérique par calibrage les perturbations du rayonnement électromagnétique (aérosols, vapeur d'eau, CO₂, Oxygène et ozone) provoquées par l'atmosphère sont corrigées. Le logiciel ENVI 5.1 utilisé à cet effet offre les corrections par le *Quick Atmospheric Correction* (QUAC) et par le *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes* (FLAASH). Le FLAASH qui s'applique bien aux images Landsat a été utilisé au cours de cette étude pour sa performance et la qualité des résultats fournis, [2, 17, 19, 25, 33]. Pour la combinaison colorée, la combinaison 5/4/3 moyens infrarouges, proche infrarouge, rouge respectivement, qui offre plus de contraste entre les différentes unités d'occupation du sol a été retenue [37]. La classification supervisée des images avec l'algorithme du maximum de vraisemblance est utilisée pour détecter les formes, les signatures spectrales des objets et les textures du sol. Pour évaluer la qualité de la classification, une matrice de confusion qui permet d'estimer la fiabilité est utilisée. Cette classification est acceptable pour une précision supérieure à 60 %, [37]. La classification des quatre images (1989, 1999, 2009 et 2019) est dans l'ensemble recevable car les précisions globales sont d'environ 90 %, 95 %, 88 et 98 % respectivement. L'analyse des impacts du changement climatique sur la dynamique d'occupation a été possible grâce au "Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)" ou *l'indice standardisé de précipitation évapotranspiration* (en langue française) calculé sur la base annuelle de 1989 à 2019. Cet indice mensuel prend en compte la variabilité de la température pour voir l'influence de celle-ci sur l'évolution de la sécheresse [16, 28]. Les valeurs du SPEI varient entre -5 et 5 et les niveaux de sécheresse ont été catégorisés comme indiqué dans le **Tableau 2**, [36]. Pour la présente étude, le paquet SPEI pour R développé par [28] est utilisé pour calculer l'indice de sécheresse SPEI.

Tableau 2 : *Caractérisation de la sécheresse selon les valeurs de l'indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisée*

Catégories de sécheresse	Valeurs SPEI
Extrêmement humide	[2.0, +1)
Gravement humide	[1.5, 2.0].
Modérément humide	[1.0, 1.5].
Légèrement humide	[0.5, 1.0].
Presque normal	(-0,5, 0,5)
Légèrement sec	(-1,0, -0,5)
Modérément sec	(-1,5, -1,0)
Sévèrement sèche	(-2,0, -1,5)
Extrêmement sèche	(-∞, 2.0]

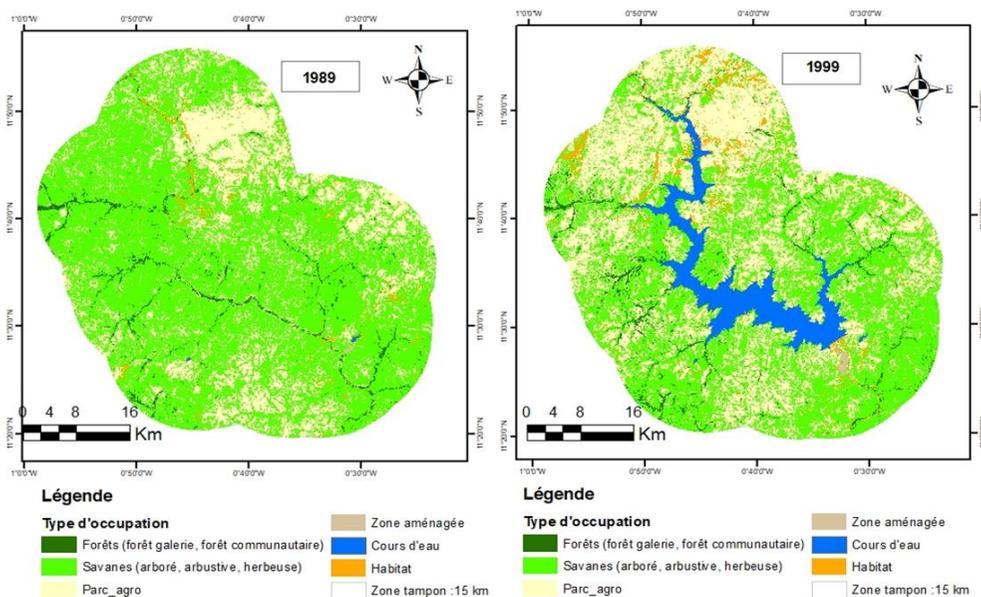
Source : [36]

III - RÉSULTATS

La dégradation du couvert végétal à la périphérie du barrage de Bagré est imputable aux actions combinées de facteurs anthropiques et de facteurs climatiques.

III-1. Pression anthropique

L'analyse des données démographiques démontre un accroissement rapide de la population. En effet de 7 504 en 1985 à 17 959 en 1996, le nombre d'habitants à la périphérie du barrage de Bagré est passé à 633 282 en 2006 puis à 954 179 habitants en 2020, soit un taux de croissance d'environ 360 % entre 1985 et 2020. Cette croissance rapide de la population entraîne la densification de l'espace et l'anthropisation des essences naturelles. L'analyse des images Landsat de 1989, 1999, 2009 et 2019 qui a permis de mettre en évidence des types d'occupations du sol montre une évolution dégradante des formations naturelles au profit des superficies anthropisées. L'évolution spatiale des types d'occupations qui sont entre autres : les savanes, les cours d'eau, les forêts, l'habitat, la zone aménagée et les parcs agroforestiers, qu'illustre la **Figure 4** révèle un recul drastique des forêts et des savanes.



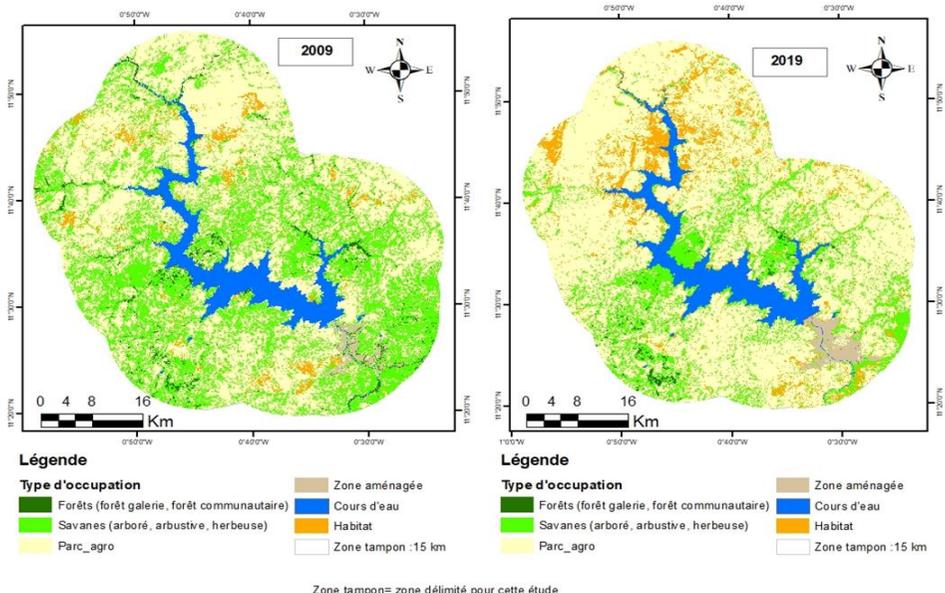


Figure 4 : Évolution des unités d’occupation du sol dans un rayon de 15 km du Barrage de Bagré aux années 1989, 1999, 2009 et 2019

La superficie totale de la zone tampon circonscrite examinée pendant les quatre périodes d’observation est de 302 588, 21 ha. L’examen des images satellitaires n’a pas permis de réaliser une discrimination entre les parcs agroforestiers et les jachères. L’évolution temporelle des six unités d’occupation étudiées est représentée par la **Figure 5**.

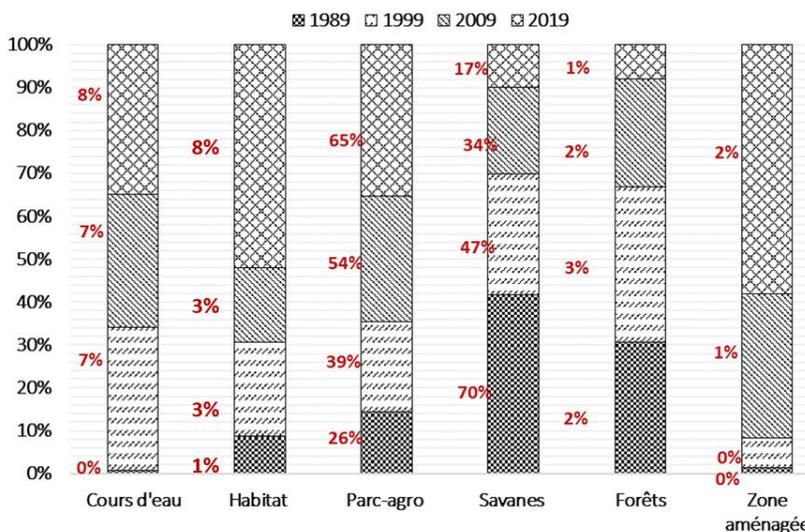


Figure 5 : Part (%) des types d’occupation dans un rayon de 15 km du Barrage de Bagré aux années 1989, 1999, 2009 et 2019

Une régression progressive de la superficie occupée par le couvert végétal est observée en général. Par contre, celle impactée par les actions anthropiques connaît une augmentation assez importante au cours de la dernière décennie. En 1989 les savanes couvraient encore 70 % de la superficie délimitée pour l'étude ; soit 211 811,75 km². Les parcs agroforestiers à cette même époque s'étendaient sur 79 489,92 km² soit 26 % de la superficie totale. En 2019, ces superficies sont passées à 50 812,3 km² et 197 399,9 km² respectivement, les savanes diminuant de 76 % et les parcs agroforestiers augmentant de 148 %. La superficie occupée par les forêts s'est dégradée de 1989 à 2019. De 6 790 km² en 1989, elle est passée à 1 777,38 km² en 2019, soit une perte significative d'environ 74 %. En une trentaine d'années, l'espace occupé par les Habitats a connu une hausse de 198 631 km², soit une augmentation globale de 495 %. En effet, de 1989 à 1999, cette aire a connu une augmentation de 150 %, puis une perte de 20 % la deuxième dizaine d'années, suivies d'un regain de 199 % la dernière décennie. La superficie occupée par la classe thématique qui caractérise l'eau est déterminante à partir de l'année de construction et de mise en eau du Barrage de Bagré (1994), d'où cette importante recrudescence de son étendue.

III-2. Effets climatiques

L'analyse des données de la station météorologique de Fada N'Gourma qui couvre la zone d'étude a révélé des valeurs de SPEI variant de -1,69 à -0,67. Par conséquent, les conditions climatiques du site étudié, relevant de station de Fada (SPEI=-1,34), ont été en général modérément sèches ($-1,5 < \text{SPEI} \leq -1,0$) sur les trois décennies (*Figure 6*).

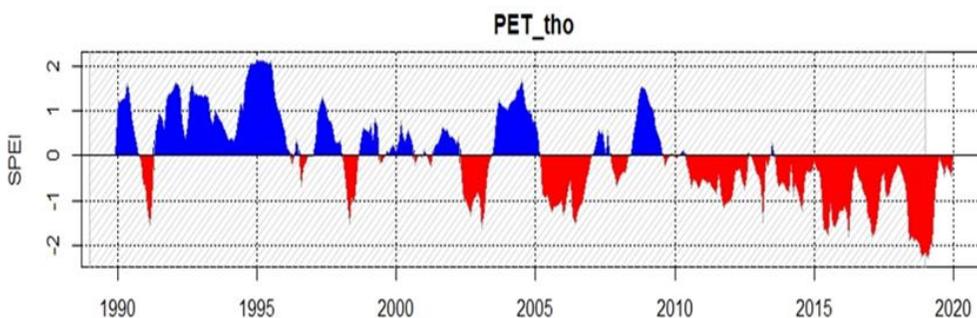


Figure 6 : Évolution de l'indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé (SPEI) de la station climatique de Fada, Burkina Faso

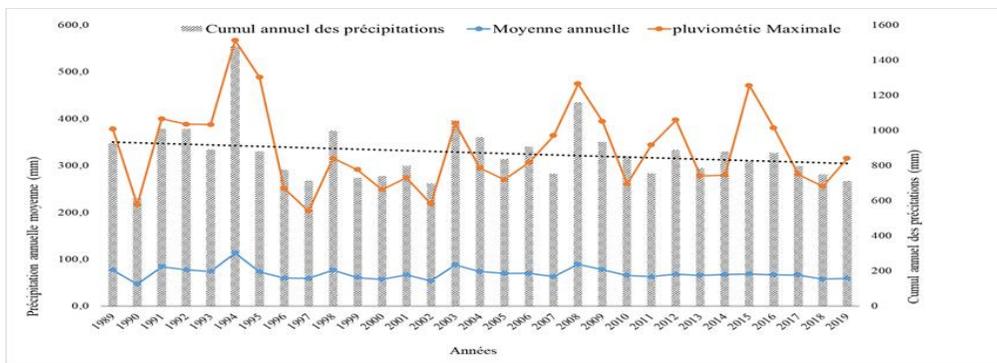


Figure 7 : *Évolution des précipitations de 1989 à 2019*

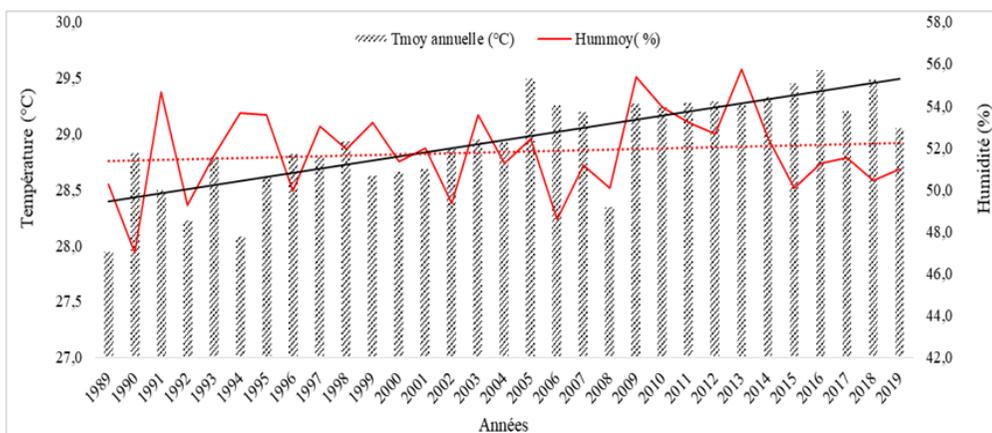


Figure 8 : *Évolution de la température et du taux d'humidité dans l'air de 1989 à 2019*

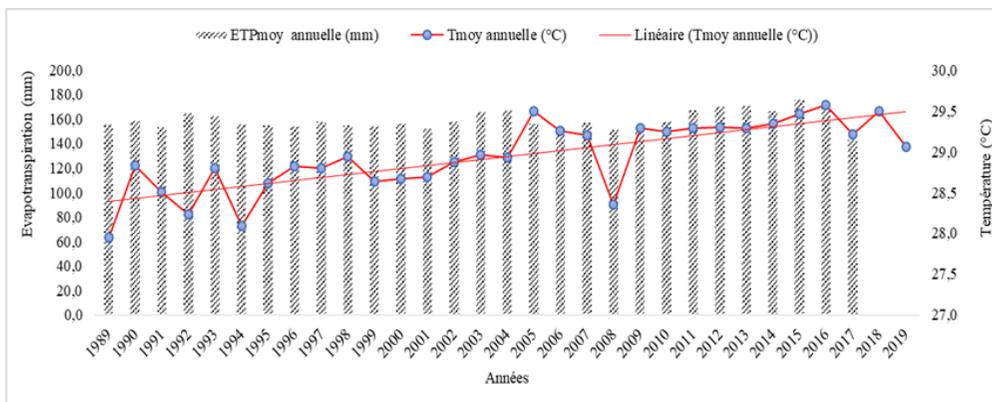


Figure 9 : *Évolution de la température (1989 à 2019) et de l'évapotranspiration (1984 à 2017)*

Les données climatiques révèlent une tendance à la baisse au fil des années des précipitations et une aptitude à la hausse de la température (*Figure 7, Figure 8 et Figure 9*). L'humidité dans l'air et l'évapotranspiration sont presque statiques. Pris individuellement, le déficit enregistré dans les précipitations ne favorise pas une reconstitution de façon naturelle le couvert végétal.

IV - DISCUSSION

La dynamique de l'occupation du sol en général, et du couvert végétal en particulier, est liée aux effets combinés des impacts du changement climatique et des cataclysmes induits par l'Homme [13].

IV-1. Action humaine et dégradation des ressources naturelles

Les images satellitaires montrent une dégradation du couvert végétal au fil des années. Cette dégradation à la périphérie du barrage de Bagré est en partie due à la croissance rapide de la population et à la mobilité agricole. C'est aussi le cas de la dégradation des domaines forestiers favorisée par la grande anthropisation et la proximité des villages, [11, 18]. En effet, l'onchocercose a provoqué dans les années 1960, un exode de la région et les villages disparus se sont reconstruits avec les aménagements des vallées de la Volta, [6, 10]. Avec la construction de la retenue d'eau, dénommée « petit Bagré » dans les années 1980 et du Barrage de Bagré dans les années 1990, de nouveaux villages se sont créés, engendrant ainsi un afflux démographique [5]. La croissance de la demande en besoins de consommation avec la population empiète conséquemment sur le potentiel disponible des ressources naturelles. Ces résultats corroborent avec ceux de [35] qui ont montré que la croissance de la population et de leurs besoins vitaux entraîne une dégradation des formations végétales au profit des habitations, des terres agricoles et pastorales. Pour ces derniers, l'influence anthropique est l'une des principales raisons de la dégradation du couvert végétal. L'augmentation de la demande pour les besoins de subsistance induit inévitablement une augmentation de la demande en terre alors constante en superficie. Ce qui entraîne par conséquent la destruction de la structure végétale naturelle. Ces faits observés aussi par [8, 19] révèlent que le surpâturage, l'extension des espaces cultivables ainsi que la pression démographique accélèrent la dégradation du couvert végétal déjà impacté par les changements climatiques. Pour [14, 30] la dégradation des écosystèmes naturels résulte de l'influence de la densité de la population et de l'impact de l'action combinée des facteurs climatiques et anthropiques.

IV-2. Aléas climatiques et dégradation de la végétation

Les aléas climatiques caractérisés par la baisse des précipitations et la hausse des températures déterminant l'évapotranspiration, sont dans la logique en défaveur de la reconstitution naturelle du couvert végétal. Ces conclusions ont été également tirées par [7]. La hausse des températures jumelées à la baisse des précipitations impacte négativement sur les efforts de régénération naturelle des jeunes pousses, sur l'humidité des sols et sur la diversité biologique entraînant leur mort prématurée, leur aridification et la disparition de certaines espèces, respectivement ce qui corrobore avec les conclusions de [35]. De plus, les températures élevées peuvent provoquer une importante évaporation des réserves d'eau, qui à long terme s'assèchent avec le transport des matériaux (le sable). Pourtant, l'évapotranspiration est restée presque constante sur ces dernières décennies (1984 à 2017) dans la zone d'étude. Bien que le climat soit modérément sec (SPEI = -1,43), l'importance des précipitations et la stabilité de l'évapotranspiration devraient maintenir le couvert végétal malgré ces conditions de température élevées. Les activités humaines dégradent plus le couvert végétal ainsi que les facteurs climatiques dans une certaine mesure, [37].

V - CONCLUSION

La dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol à la périphérie du Barrage de Bagré a été considérablement impactée au cours des trois dernières décennies. Outre les observations de terrain, l'analyse des scènes d'images Landsat montre que le couvert végétal s'est dégradé de 165 998 km² (76 %) de 1989 à 2019 au profit des parcs agroforestiers et de l'habitat dont les superficies ont augmenté de 117 910 km² (148 %) et de 19863 km² (495 %) respectivement. L'impact de la variabilité climatique dans la zone d'étude est assez négligeable et les données météorologiques révèlent un climat modérément sec avec une valeur de SPEI de -1,34. La dégradation des ressources naturelles résulte par conséquent de l'augmentation générale de la population et de la migration agricole favorisée par la construction dudit Barrage dans les années 1990.

RÉFÉRENCES

- [1] - A. K. KOUAMÉ, A. KOUDOU, F. K. KOUAMÉ, M. A. KOUASSI, S. OULARÉ et R. C. G. ADON, “Evolution de l’occupation du sol et rythme saisonnier de la végétation du bassin versant du Bandama en côte d’ivoire”. *Rev. Ivoir.Sci. Technol.*, 26 (2015) 173 - 193
- [2] - B. ARABI, S. SALAMA, M. R. WERNAND and W. VERHOEF, “MOD2SEA : A coupled atmosphere-hydro-optical model for retrieval of chlorophyll-a from remote sensing observations in complex turbid waters”, *Remote Sensing*, 722 (8) (2016) 1 - 22 <https://www.mdpi.com/2072-4292/8/9/722/htm>
- [3] - B. IBRAHIM, “Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé”. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, (2012) 246 p.
- [4] - B. TANKOANO, M. HIEN, N. H. DIBI, Z. SANON, J. T. YAMEOGO et I. SOMDA, “Dynamique spatio-temporelle des savanes boisées de la forêt classée de Tiogo au Burkina Faso” *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (4) 1983 - 2000, August 2015 ; <http://www.ifg-dg.org>; ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print), 18 p.
- [5] - BAGREPOLE, “Elaboration du schéma directeur d’aménagement et de mise en valeur de la zone d’utilité publique de Bagré. Analyse de la situation existante et ébauche de scénarii de développement”, Rapport d’étape 1, Ouagadougou : Bagrépôle, (2012) 200 p.
- [6] - BAGREPOLE, “Plan d’action de réinstallation des personnes affectées par le projet d’aménagement de 51,5 km de route en terre ordinaire”. Rapport définitif, Ouagadougou : Bagrépôle, (2016) 166 p.
- [7] - C. FAYE et D. D. BA, “Quantification de la sécheresse météorologique par des indices standardisés de précipitations dans la vallée du fleuve Sénégal de 1980 à 2017”. *Revue de géographie du Laboratoire de Leïd; Dynamique des territoires et développement*. ISSN 0851-2515, Université Gaston Berger-Sénégal, (2019) 15 p.
- [8] - D. A. WARDELL, A. TAPSOBA, M. LOVETT, M. ZIDA, K. ROUSSEAU, M. GAUTIER, M. ELIAS et T. BAMA, “Karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn) - l’émergence de réseaux mondiaux de production au Burkina Faso, 1960-2021”. *International Forestry Review*, Vol. 23, (4) (2021) 534 - 561. <https://doi.org/10.1505/146554821834777189>
- [9] - D. N. E. THIOMBIANO, N. LAMIEN, D. S. DIBONG, I. J. BOUSSIM et B. BELEM, “Le rôle des espèces ligneuses dans la gestion de la soudure alimentaire au Burkina Faso”. *Sécheresse*, 23 (2) (2012) 86 - 93. DOI: 10.1684/sec.2012.0341

- [10] - E. ROBERT, “Le fleuve Nakambé et le réservoir de Bagré: facteurs explicatifs des recompositions territoriales et des mobilités villageoises agraires et sanitaires en Pays Bissa (Burkina Faso)”. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, (2011) 18 p.
- [11] - F. S. SOUMAH, K. KOKOU, M. DIAKITÉ, Y. CAMARA, S. KOUROUMA, et S. KOURAMA, “Analyse diachronique grâce aux images LANDSAT de la dynamique spatiale des forêts sacrées du haut bassin du Niger en république de Guinée”. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 223 (1) (2022) 250 - 66
- [12] - G. MAHÉ, P. DIELO, J. E. PATUREL, B. BARBIER, H. KARAMBIRI, A. DEZETTER, C. DIEULIN et N. ROUCHÉ, “Baisse des pluies et augmentation des écoulements au Sahel : impact climatique et anthropique sur les écoulements du Nakambe au Burkina Faso” *Sécheresse*, 21 (1e) (2010) 1 - 6
- [13] - H. DIALLO, I. BAMBA, Y.S.S. BARIMA, M. VISSER, A. BALLO, A. MAMA, I. VRANKEN, M. MAIGA et J. BOGAERT, “Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la végétation d’une zone protégée du Mali (Réserve de Fina, Boucle du Baoulé)”. *Sécheresse*, Vol. 22, (2011) 97 - 107
- [14] - I. BAMBA, Y. S. S. BARIMA et J. BOGAERT, “Influence de la densité de la population sur la structure spatiale d’un paysage forestier dans le bassin du Congo en R. D. Congo”, *Tropical Conservation Science*, 3 (1) (2010) 31 - 44
- [15] - INSD, “Enquête nationale sur l’emploi et le secteur informel, (ENESI-2015) Phase 1; Thème 2 : Caractéristiques sociodémographiques”. Rapport, Ouagadougou, Burkina Faso, (2018) 31 p.
- [16] - J. LORENZO-LACRUZ, S. M. VICENTE-SERRANO, J. I. LÓPEZ-MORENO, S. BEGUERÍA, J. M. GARCÍA-Ruiz and J. M. CUADRAT, “The impact of droughts and water management on various hydrological systems in the headwaters of the Tagus River (central Spain)”. *Journal of Hydrology*, 386 (2010) 13 - 26
- [17] - J. ROSAS, R. HOUBORG and M. F. Mc CABE, “Sensitivity of Landsat 8 surface temperature estimates to atmospheric profile data : a study using MODTRAN in Dryland irrigated systems”. *Remote Sensing*, 988 (9) (2017) 1 - 27. <https://www.mdpi.com/2072-4292/9/10/988/htm>
- [18] - K. ADJONOU, I. A. K. BINDAOUDOU, R. IDOHOU, V. SALAKO, R. GLELE-KAKAÏ et K. KOKOU, “Suivi satellitaire de la dynamique spatio-temporelle de l’occupation des terres dans la réserve de biosphère transfrontière du Mono entre le Togo et le Bénin de 1986 à 2015”, Conférence OSFACO: Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Cotonou, Bénin (hal-02174848v2), (2019)

- [19] - K. J. KYALE, D. A. WARDELL, J-F. MIKWA, J. M. KABUANGA, N. A. MONGA, O. J. MAINDO et C. DOUMENGE, “Dynamique de la déforestation dans la Réserve de biosphère de Yangambi (République démocratique du Congo): variabilité spatiale et temporelle au cours des 30 dernières années”. *Bois & Forêts Des Tropiques*, 341 (2019) 15 - 28. <https://doi.org/10.19182/bft2019.341.a31752>
- [20] - L. TRAORE, I. OUEDRAOGO, A. OUEDRAOGO et A. THIOMBIANO, “Perceptions, usages et vulnérabilité des ressources végétales ligneuses dans le Sud-Ouest du Burkina Faso”. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5 (1) (2011) 258 - 278
- [21] - L. YE, K. SHI, H. ZHANG, Z. XIN, J. HU and C. ZHANG, “Spatio-temporal Analysis of Drought Indicated by SPEI over Northeastern China”. *Water* 2019, 11 (5) (2019) 908, <https://www.doi.org/10.3390/w11050908>
- [22] - M. BELEM, M. ZOUNGRANA et M. NABALOUM, “Les effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la forêt classée de Toéssin, Burkina Faso”. *International Journal of Biological and Chemical Sciences. Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 12 (5) (2018) 2186 - 2201
- [23] - M. MOUAMFON, N. M. GUEDJE, I. PEPAINYIENE, L. ZAPFACK, J. R. NGUEGUIM et J. LEJOLY, “Pentaclethra macrophylla Benth dans la forêt communautaire de Payo (Est-Cameroun) : inventaire, productivité et commercialisation”. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (1) (2015) 200 - 216
- [24] - M. M. INOUSSA, A. MAHAMANE, C. MBOW, M. SAADOU et B. YVONNE, “Dynamique spatiotemporelle des forêts claires dans le Parc national du W du Niger (Afrique de l’Ouest)”. *Sécheresse*, 22 (2) (2011) 108 - 116
- [25] - N. RANI, T. SINGH and R. V. MANDLA, “Comparison of atmospheric correction of Hyperion image using FLAASH and QUAC methods”. *Geoinformatics applications in Rural Developments*, (2015) 452 - 459
- [26] - R. LAL, “Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation”, *Sustainability*, 7 (2015) 5875 - 5895. Doi: 10.3390/su7055875
- [27] - R. M. CURTIS, “Access and use of forest resources: Evidence from common property forest management in Swaziland”. *African Journal of Estate and Property Management*, 1 (1) (2014) 008 - 017. <Http://Hdl.Handle.Net/10535/9785>
- [28] - S. M. VICENTE-SERRANO, S. BEGUERIA, and J. I. LOPEZ-MORENO, “A multi-scalar drought index sensitive to global warming : The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index”. *Journal of Climate*, 23 (2010) 1696 - 1718

- [29] - S. RAPINEL, "Contribution de la télédétection à l'évaluation des fonctions des zones humides : De l'observation à la modélisation prospective". Université de Rennes 2, Rennes, France, (2012) 385 p.
- [30] - S. SOUNGALO, A. I. KADEBA, B. M. I. NACOULMA, S. TRAORÉ, Y. BACHMANN et A. THIOMBIANO, "Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique", *Journal of Applied Biosciences*, 87 (2015) 8047 - 8064
- [31] - SP/CNDD, "Fiche descriptive Ramsar pour le site N°1874, Barrage de Bagré, Burkina Faso". Ouagadougou, (2017) 19 p.
- [32] - SP/CNDD, "*Politique nationale sur les zones humides du Burkina Faso*". Ouagadougou, (2013) 36 p.
- [33] - V. C. JOFACK-SOKENG, F.K. KOUAMÉ, N. H. DIBI, B. AKPA, L. YOU et N. B. NGOUNOU, "Cartographie de l'Occupation TANKOANO de sol des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun par réseaux de neurones appliqués à une image LANDSAT 8 OLI". *International Journal of Innovation and Scientific Reserch*, 02 (23) (2016) 443 - 454
- [34] - W. W. ADIMASU, "Land Use Land Cover Change Detection by Using Remote Sensing Data in Akaki River Basin", *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 1 (1) (2016) 1 - 10
- [35] - Y. SIEZA, A. P. K. GOMGNIMBOU, I. SERME et A. BELEM, "Etude de la variabilité climatique sur la dynamique d'occupation et d'utilisation des terres à des fins agro-pastorales dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso" *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 13, N°4 (2019), Doi: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i4.6>; 15p
- [36] - Z. A. KOUADIO, "Dynamique de l'occupation du sol et comportement hydrologique: cas des bassins versants côtiers de l'Agneby et du Boubo (Côte d'Ivoire)" Thèse Unique de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire), (2011) 188 p.
- [37] - Z. SANON, M. HIEN, B. TANKOANO, M. KARLSON et I. SOMDA, "Spatio-temporal Analysis Dynamics of the Landscape in the Classified Forest of koulbi, Southwestern of Burkina Faso", *International Journal of Natural Resource Ecology and Management*, Vol. 4, N° 6 (2019) 205 - 215. Doi: 10.11648/j.ijnrem.20190406.17