

Études Diachroniques Par Télédétection Spatiale De La Dynamique De La Végétation Des Corridors Au Parc National De La Bénoué (Nord- Cameroun)

Amadou Zoua Hamadou^{1*}, Maigari Pale², Boubakary², Tchobsala², Megueni Clautilde³

¹Department of Plant Sciences, Faculty of Science, University of Bamenda, P.O. Box 39 Bambili

²Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Maroua; B.P. 46 Maroua, Cameroun

³Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, B.P. 455 Ngaoundéré, Cameroun

*E-mail : amadou.zoua10@gmail.com

RÉSUMÉ

Le parc national est la portion de territoire dans laquelle la faune, la flore et le milieu naturel sont protégés des activités anthropiques. Bien que connu de tous comme une zone protégée, le parc national est caractérisé par une anthropisation et une perturbation naturelle. Une étude diachronique a été réalisée sur les corridors du parc national de la Bénoué au Nord du Cameroun et les villages riverains. L'objectif de cet 'étude était d'évaluer les changements opérés dans la végétation sous l'influence du climat et de l'Homme. Des images Landsat de 2000, 2010 et 2018 ont permis faire la classification de la végétation et établir le lien entre les sites dégradés et leur mode d'utilisation. Les résultats indiquent une réduction des formations végétales et une augmentation de la végétation savanicole, sols nus et mosaïques champs-habitations. La carte typologique des changements d'occupation du sol et l'analyse des données a montré que les savanes boisées (35545,77 ha) et les savanes herbeuses (18330,03 ha) en 2000 ayant des superficies importantes ont vu leur surface être réduite dans l'ensemble des corridors respectivement de -23,9% et -11,85% en 2010. La savane boisée qui avait augmenté en 2018 de 20324,121644 ha par rapport à l'année 2010 qui était de 17273,190432 ha en superficie a été réduite dans les sites Cobe défassa avec 67,52 % en 2000 et de 16,50 % en 2010 soit une réduction de plus de 51,02 % et le site Éland de derby avec 59,50% en 2000 et 20,94% en 2010 soit une différence de 38,56%. Les superficies des savanes arbustives continuent de régresser avec -20,61 % soit 22,31 % de surface en 2010 et 1,70 % de surface occupée en 2018. Les phytocénoses situées dans les corridors près des habitations protégées semblerait être plus dégradées

Mots clés : Bénoué, Corridor, Dynamique, Parc national, Images Landsat ; Télédétection.

ABSTRAT

The national park is the part of the territory in which the fauna, flora and natural environment are protected from human activity. Although known to all as a protected area, the national park is characterised by anthropisation and natural disturbance. A diachronic study was carried out on the corridors of the Benoué National Park in the north of Cameroon and the riverside villages. The aim of the study was to assess changes in vegetation under the influence of climate and man. Landsat images from 2000, 2010 and 2018 were used to classify the vegetation and establish the link between degraded sites and their use. The results indicate a reduction in plant formations and an increase in savannah vegetation, bare soil and field-habitat mosaics. The typological map of changes in land use and the analysis of the data showed that wooded savannah (35,545.77 ha) and grassy savannah (18,330.03 ha), which had large areas in 2000, have seen their area reduced in all the corridors by 23.9% and 11.85% respectively in 2010. Wooded savannah, which had increased by 20,324.121644 ha in 2018 compared with 17,273.190432 ha in 2010, was reduced at the Cobe Defassa site by 67.52% in 2000 and 16.50% in 2010, i.e. a reduction of more than 51.02%, and at the Éland de Derby site by 59.50% in 2000 and 20.94% in 2010, i.e. a difference of 38.56%. The surface area of shrub savannahs continues to decline, falling by 20.61%, or 22.31% in 2010 and 1.70% in 2018. The plant communities located in the corridors near the protected areas appear to be more degraded.

Keywords: Benoué, Corridor, Dynamics, National park, Landsat images; teledetection.

I. INTRODUCTION

La compréhension de l'évolution des modes d'utilisation des sols et du couvert végétal est une préoccupation majeure pour les pays dont les écosystèmes subissent des dégradations sévères. En effet, les dynamiques d'occupation des sols ont des impacts directs sur la disponibilité des ressources naturelles. Les savanes d'Afrique connaissent des processus rapides de transformation des paysages ruraux et une dégradation des ressources naturelles

[1, 9, 11]. Depuis longtemps épargnés par le phénomène de dégradation des terres en raison de la faible pression anthropique, les ZICs 1 et 4 du parc national de la Bénoué sont désormais soumises à une crise environnementale de plus en plus inquiétante. La migration interne de populations des zones dégradées vers celles favorables aux activités agropastorales contribue à accélérer la dégradation de ces dernières [30, 19, 18]. C'est le cas dans du corridor Galerie forestière qui abrite d'importantes activités de passage de la faune sauvage et de la conservation de la biodiversité, où diverses études font cas de la dégradation des ressources naturelles [12, 19, 16]. L'ampleur de la pression foncière dans cette région peut s'observer à travers l'installation des populations dans des enclaves à l'intérieur des corridors et à l'occurrence des conflits d'usage [7, 8]. [6] souligne que presque tous les groupements végétaux de la zone sont soumis à l'influence anthropozoïque. Les changements d'occupation des terres sont souvent connus mais c'est leur ampleur qui diffère selon le type de pression et les conditions écologiques et environnementales. À cet effet, la télédétection permet d'effectuer l'étude de la dynamique de la dégradation et des causes sous-jacentes à ce phénomène [23, 3, 21]. La détection du changement des unités d'occupation du sol est possible grâce à la technique de postclassification et l'établissement des matrices de transition [24]. Compte tenu de l'importance du complexe d'aires protégées de l'Est du Burkina Faso dans la conservation de la diversité biologique, de nombreuses études ont été effectuées

[6, 12, 20, 22]). En dépit de ces efforts, les dynamiques de déforestation sont rarement mises en évidence, d'où l'absence de cartes d'évolution spatiotemporelle de la dégradation au niveau local. La présente étude vise à combler cette insuffisance. Ces travaux met à jours la carte de l'occupation du sol des corridors situés dans les ZIC de type Co-Gestion Communautaires 1 et 4 dans la région du Nord Cameroun. Le but de ce travail est de faire une comparaison diachronique de l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol afin d'évaluer le niveau de dégradation des sols dans les corridors. La perception laisse donc entrevoir une dynamique progressive de différents types de couverture végétale dans la zone étudiée.

Cette étude a pour objectif général d'analyser les dynamiques des changements d'occupation des sols

en vue de déterminer les causes de la dégradation des phytocénoses, dans les corridors des ZICs 1 et 4.

Spécifiquement, il s'agit de :

- cartographier les unités d'occupation des sols dans les corridors et les agrosystèmes adjacents,
- évaluer l'impact des types d'utilisation des terres dans la dynamique des agrosystèmes de la zone d'étude.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODE

II.1. Zone d'étude

Ces travaux mettent à jours la carte d'occupation du sol des corridors situés dans les ZIC de type Co-Gestion Communautaires 1 et 4 dans la région du Nord Cameroun.

ZIC 1 et 4 à Cogestion

Les ZIC N° 1 (dite Sakdjé) et ZIC N° 4 (dite Bel Eland) ont des superficies respectives de 39.552 ha et 40.640 ha [26]. Ces deux zones constituent le site de la présente étude (figure 1). Les limites réelles de ces ZIC sont définies par l'arrêté N° 0580/A/MINEF/DFAP/SDF/SRC du 27 août 1998.

Pour la ZIC N° 1, les limites sont définies comme suit :

- Au Nord : le Mayo Wani, depuis sa rencontre avec la route Nigba-Gouna et la route Guidjiba-Banda au village Dogba ; la nouvelle route jusqu'au village Bouk, puis la piste jusqu'à sa rencontre avec la route nationale N° 1 (Ngaoundéré-Garoua), à la limite du parc national de la Bénoué ;
- A l'Est : la limite du parc national de la Bénoué jusqu'au village Banda (vers le sud) ;
- Au sud : la limite du parc national de la Bénoué du village Banda au village Nigba ;
- A l'Ouest : remonter la route du village Nigba jusqu'à sa rencontre avec le Mayo Wani.

Pour la ZIC N° 4, les limites sont les suivantes :

- Au nord : du village Gouna, suivre la route Garoua-Ngaoundéré jusqu'à sa rencontre avec le parc national de la Bénoué ;
- A l'est : de ce point de rencontre, descendre la limite du parc national de la Bénoué jusqu'à l'ancienne piste allemande ;
- Au sud : suivre cette ancienne piste allemande jusqu'à sa rencontre avec la piste allant du village Banda au village Guidjiba ; remonter cette autre piste jusqu'au village Dogba (où elle se rencontre avec la route reliant les villages Gouna et Nigba) ; -
- A l'ouest : remonter cette route jusqu'au village Gouna.

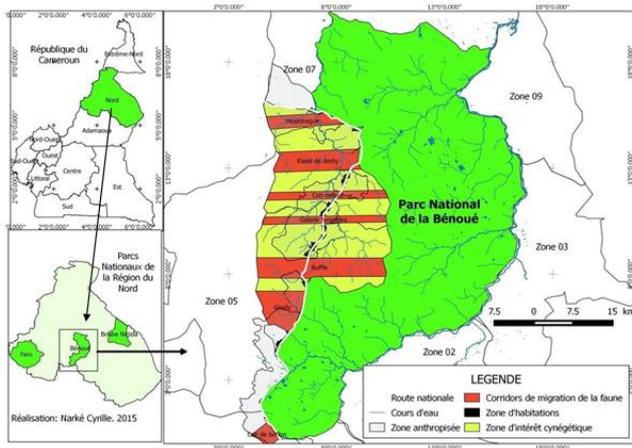


Figure 1: Micro zonage de Zone d'intérêts Cynégétiques 1 et 2

II.2. Méthode d'obtention des cartes

II.2.1. Etude diachronique et technique de production des cartes d'occupation du sol

Il a été ici question d'acquérir les images passées et présente afin d'évaluer l'évolution de la végétation. C'est pourquoi les coordonnées géographiques ont été enregistrées à l'aide du GPS Garming pour le positionnement géographique des corridors et d'autre type de végétation ou d'occupation du sol.

II.2.1. Acquisition des images

Les images satellitales utilisées dans cette étude sont celles des capteurs ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) de Landsat 7 et des capteurs OLI (Operational Land Imager) de Landsat 8. Les images ont résolution spatiale de 30 m et la période de prise de vues se situe en janvier 2018 et en février 2000-2010 (tableau 1), ce qui correspond à un état de changement du couvert végétal, au cours de la saison sèche. Ces images ont été téléchargées sur le site <http://earthexplorer.usgs.gov>.

Tableau 1: Période d'acquisition d'images satellites

Satellites	Date d'acquisition d'images
Landsat 7 ETM+	05/02/2000
Landsat 7 ETM	16/02/2010
Landsat 8 OLI	21/01/2018

II.2.3. Le rehaussement d'image

La technique de la composition colorée a été utilisée pour obtenir la meilleure visualisation des objets de l'image. Les capteurs ETM+ et OLI disposent des bandes spectrales, allant du visible à l'infrarouge thermique. Ce nombre important de canaux permet d'essayer de multiples combinaisons de 3 canaux pour obtenir des synthèses en couleurs additives mettant en évidence les différents thèmes. Dans le cadre de notre travail dont la problématique est d'analyser principalement le changement progressif des espaces végétaux, nous avons utilisé

diverses combinaisons bandes afin de juger celles qui conviennent le mieux pour la classification. Par exemple, la combinaison des bandes 3-4-5 affichées respectivement en RGB c'est-à-dire en rouge, vert et bleu, fortement conseillée par les ouvrages spécialisés de télédétection pour l'étude des couverts végétaux, nous a permis d'identifier les types de végétation ainsi que des champs agricole et des sols nus dans les zones d'intérêt Cynégétiques (ZIC) [5].

En revanche, une panoplie des zones ombrages apparaissent pour la délimitation précise des différents espaces végétaux. La technique de la classification non dirigée selon algorithme ISO DATA et K-MEAN a été utilisée dans le but d'avoir un aperçu spatial global des différentes unités d'occupation du sol. les compositions colorées.

II.2.4. La classification supervisée

Les méthodes de classification utilisées dans ce travail appartiennent à celles dites « supervisées » c'est-à-dire qu'elles dépendent de l'assistance et des décisions d'un praticien.

Cette méthode sous attend une bonne connaissance et maîtrise de l'occupation réelle du sol de la zone d'image ou celle-ci a été prise. Cette connaissance peut provenir de diverses sources notamment les enquêtes de terrains et des photos d'interprétations (les archives d'images Google Earth). La classification supervisée est une procédure de plusieurs étapes à savoir :

- La définition des classes thématiques c'est-à-dire la classification des zones testes et évaluation ;
- Le choix des parcelles d'entraînement nommées ROI (Region Of Interest) permet de définir chaque classe thématique dans la zone étudié ;
- L'analyse des signatures spectrales des ROI permet de voir le comportement du spectre des régions d'entraînement en fonction de la réflectance des objets et la définition des longueurs d'ondes transmis ;
- Le choix des règles de décision et de l'algorithme de classification dont le Maximum Likelihood a été celui que nous avons appliqué ;
- La classification des zones d'entraînement et pré-évaluation
- L'évaluation du résultat de la classification à travers la l'application de la matrice de confusion pour la validation des résultats obtenus de la classification ;

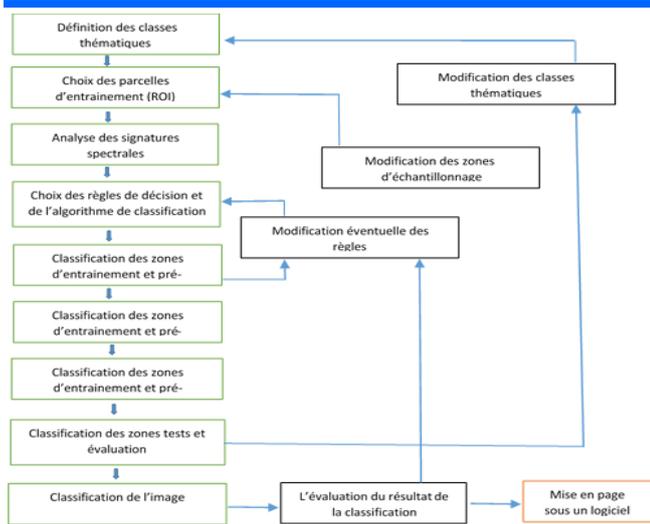


Figure 2: Schéma de traitement de la classification supervisée

II.2.5. Création de géodatabase, importance des shapefiles et calcul des superficies des classes thématiques

Une géodatabase est créée après la classification supervisée, et ceci avec ArcMap10. Ensuite, les fichiers raster résultant de la classification sont convertis en attributaire associée, on ajoute un attribut appelé Area, qui contiendra la surface de chaque polygone.

Evaluation de la classification

Elle se fait par le biais des signatures spectrales des objets. Elle se fait par la matrice de confusion.

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1. Physionomie et dynamique l'évolutive des corridors entre 2000, 2010 et 2018

III.1.1. Physionomie de la végétation des corridors entre 2000 et 2010

L'observation minutieuse des figures 4a et 4b qui correspond respectivement aux images de la végétation de la zone d'étude située dans parc national de la Bénoué plus précisément dans les corridors entre 2000 et 2010 montre clairement que la carte 4a de 2000 est bien plus colorée en vert foncé et en vert moyennement foncé, par rapport à la carte 4b de 2010. La couleur foncée et verte moyennement correspond respectivement Savane boisée (35545,77 ha) et à la savane herbeuse (18330,03 ha) en 2000. À cette période nous constatons que la dégradation de cette zone n'était pas encore accentuée. Il existe évidemment de types de formations végétales dominantes (Savane boisée et de savane herbeuse considérant peu d'activité humaine sur ces ressources. Cependant, il y a une augmentation de la couleur jaune et verte claire sur la carte 4b par rapport

à la figure 4a. Ces deux colorations correspondent respectivement aux forêts claires qui ont augmenté en superficie soit 17161,28 et au bâti et sols nus qui ont accru en si peu de temps soit 10923,86 de superficie en hectares. La diminution de la surface de la savane boisée 35545,77 ha à 17273,19 ha qui de montre un début incontrôlé de l'utilisation de la ressource des corridors qui servait nettement à l'habitat de faune sauvage.

Ces résultats sont semblables à ceux de [25] lorsqu'ils affirment que les observations qualitatives des zones prouvent que les formations végétales des hautes de l'Adamaoua sont bien visible. De même [14] mentionne aussi que nos zones souffrent de problème de destruction des forêts et de modification de structure de formation végétale. Nos enquêtes menées aux près de la population riveraines aux corridors y sont ajoutées. Ces données statistiques des surfaces des formations végétales des corridors nous donnent sans doute des informations avec une précision égale à 0,96 selon le Coefficient de Kappa pour l'année 2000 et de 0,79 d'après Coefficient de Kappa pour l'année de 2010. Soit < 0,61-0,80 bonne et < 0,81-1,00 très bonne.

Ecart de l'évolution de la formation végétale des corridors de 2000 à 2010

Il ressort du tableau 2 que la savane boisée, la savane herbeuse et eau et brûlis ont perdu leurs surfaces au profit des savanes arbustives, forêt claire et des sols bâtis/sol nus. La savane boisée et la savane herbeuse sont les formations végétales qui ont perdu plus de surface dans l'ensemble des corridors, avec une réduction respectives des surfaces de -23,9% et -11,85% à seulement une décennie entre 2000 et 2010. Par rapport à la surface elles ont perdu respectivement pour la savane boisée de -18272,58 ha et de -9058,94 ha pour la savane herbeuse. En une décennie, savanes arbustives et forêt claire ont plus gagné en surface, ce qui traduit un déboisement accéléré de la végétation soit une anthropisation incontrôlée et exagérée, la forte pression d'activités humaines (agriculture, coupe de bois et autres) dans ces corridors.

Ces résultats confirment en même temps les observations faites sur les figures 4a et 4b présentées ci-dessus. Alors faudra dire que les rythmes poussés de la dégradation des corridors sont alarmant, puis que chaque année nous assistons à une régression drastique ces corridors milieu de liaison entre les différentes parcs du Nord. Cette situation est d'autant plus alarmante pour l'environnement que la faune sauvage qui utilise ce couloir pour circuler d'un milieu à un autre sans toutefois ressentir cette fragmentation de son milieu.

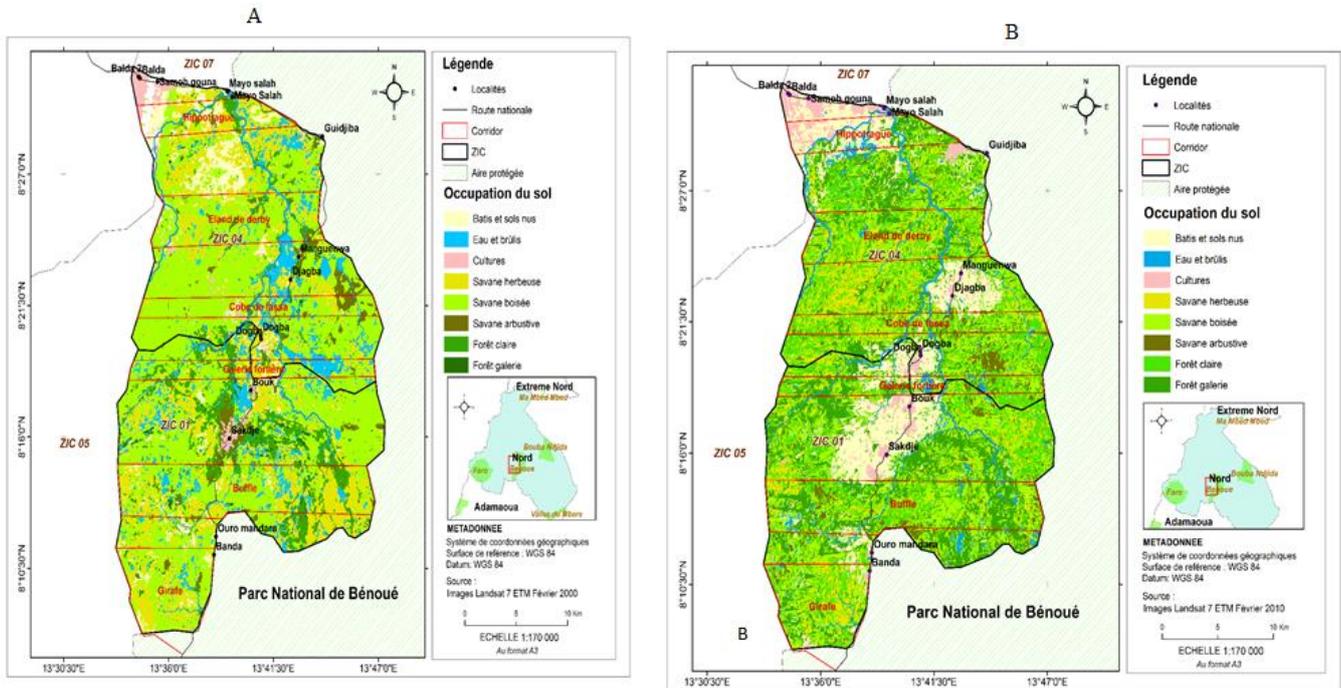


Figure 3: Carte occupation du sol en 2000 (A) et 2010 (B)

Le tableau 2 montre que la savane boisée est réduite dans l'ensemble des sites mais encore plus accentuée dans les sites Cobe défassa avec 67,52% en 2000 et de 16,50% en 2010 soit une réduction de plus de 51,02% de la savane boisée dans ce site, suivi du site Eland de derby avec 59,50% en 2000 et 20,94% en 2010 soit une différence de 38,56%. Il y a le site Galerie forestière avec 43,59% en 2000 et de 8,34% en 2010 soit un écart de 35,25%. Dans ce même tableau 3 on constate aussi, les zones bâties et sols nus, eau et brûlis, savane arbustive, forêt claire ont augmenté considérablement de leurs espaces en réduisant tout de même les zones de savane boisée, forêt galerie.

Ces résultats se rapprochent des données de la [29], qui ont montré que la diminution et la dégradation de la surface des corridors ont entraîné la fuite de la faune vers l'intérieur les empêchant d'aller et de revenir dans les différents parcs du Nord. D'autres ont aussi obtenu des résultats similaires tel que [31] lorsqu'il a souligné que la pression sur les terres et les ressources naturelles au Cameroun apparaissent de plus en plus forte, entraînant ainsi un déboisement considérable. Ces travaux scientifiques nous alertent que la savane boisée recule et les arbres avec, et si rien n'est fait par l'ensemble des acteurs nous risquerons de les suivre.

Tableau 2: Évolution des formations végétales (ha) des corridors de 2000 à 2010 en %

Thèmes	2000	2010	2010-2000	2010-2000
Bâties et sols nus	6,5	14,2	+7,67	+5912,82
Eau et brûlis	8,11	1,98	-6,13	-4694,93
Cultures	1,92	3,6	+1,68	+1298,78
Savane herbeuse	23,9	12,05	-11,85	-9058,94
Savane boisée	46,35	22,45	-23,9	-18272,58
Savane arbustive	2,79	22,31	+19,52	+12740,22
Forêt claire	8,72	19,35	+10,63	+10473,18
Forêt galerie	1,67	4,06	+2,39	+1836,98

Tableau 3: Évolution de la formation végétale dans les corridors entre 2000 à 2010 (%)

Occupation du sol	Bu		Gi		GF		CD		ED		Hi	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
Bâties et sols nus	3,29	3,76	6,79	5,60	3,41	10,39	2,93	3,18	4,67	1,66	28,44	36,33
Eau et brûlis	9,13	2,57	3,87	0,87	16,96	5,19	7,49	1,03	5,25	0,69	4,00	3,94
Cultures	0,28	0,39	0,69	1,87	0,35	0,66	1,74	0,24	0,62	0,09	3,60	24,46
Savane herbeuse	35,76	29,94	31,29	27,75	22,55	21,99	10,31	28,17	21,04	27,30	32,96	6,64
Savane boisée	36,99	9,25	52,20	21,93	43,59	8,34	67,52	16,50	59,50	20,94	15,70	2,29
Savane arbustive	1,66	31,76	2,34	17,90	0,73	26,49	6,55	12,70	2,93	23,97	0,71	20,89
Forêt claire	11,07	16,53	2,31	20,94	11,14	20,69	2,17	32,01	5,76	23,99	9,49	5,26
Forêt galerie	1,83	5,80	0,52	3,15	1,27	6,24	1,27	6,18	0,22	1,36	5,10	0,20

Bu : Bufile, Gi : Grafe, GF : Galerie forestière, ED : Eland de derby, CD : Cobe Défassa, Hi : Hippotrague

III.2. Physionomie de la végétation des corridors entre 2010 et 2018

L'observation minutieuse des figures 5 (b) et 5 (c) qui correspondent respectivement aux cartes de la végétation des corridors entre les années 2010 et 2018 montre clairement que les cartes 5 b et c ont une différence importante de coloration de son couvert végétal. Ainsi donc, la figure 5(b) est plus accentuée en coloration vert foncée et en vert claire, par rapport à la carte de 2018 5 (c). La couleur verte

foncée et verte claire correspondent respectivement au couvert végétal encore existant dans ces corridors et qui ont tant perdu d'espaces dans son ensemble. Cependant, il y a eu une augmentation exponentielle de la surface cultivée en 2018 touchant à peu près l'ensemble de la zone d'étude 11748,66 ha alors qu'en 2010 on était juste à 2768,17 ha de surface cultivée. De la même façon que la surface de sol nu/bâti a largement augmenté en seulement moins d'une décennie soit une superficie de 25461,76 ha. L'augmentation de la couleur violette qui correspond à l'activité de culture dans la carte 33c 2018 est éparse, ce qui correspond à la fragmentation des habits des écosystèmes des corridors bloquant par ce fait la circulation des animaux de part et d'autre de la route, favorisant le risque de consanguinité ou de maladie dans la population animale. Tout ceci nous prouve à suffisance qu'au fil des années, on enregistre des pertes ou des gains dépendant exclusivement des types des formations végétales. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par [10] dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun. De même le [13] a rapporté que la végétation du Nord est caractérisée

par une homogénéité apparente, d'où les corridors subissent une destruction calamiteuse. Ces données statistiques des surfaces des formations végétales des corridors nous donnent sans doute des informations avec une précision égale à 0,79 selon le Coefficient de Kappa pour l'année 2010 et de 0,77 d'après Coefficient de Kappa pour l'année 2018. Soit < 0,61-0,80 bonne et < 0,81-1,00 très bonne.

III.2.1. Évolution des formations végétale des corridors de 2010 à 2018

Il ressort du tableau 4 que les formations végétales des corridors ont subi d'énorme régression et d'autre ont vu leurs surface augmentée en seulement huit années dans l'ensemble des corridors. De ce fait, les savanes arbustives continuent sa régression avec -20,61% soit 22,31% de surface en 2010 et 1,70% de surface occupée en 2018. Avec des superficies respectivement de 14881,95 ha en 2010 et de 1304,44 ha en 2018.

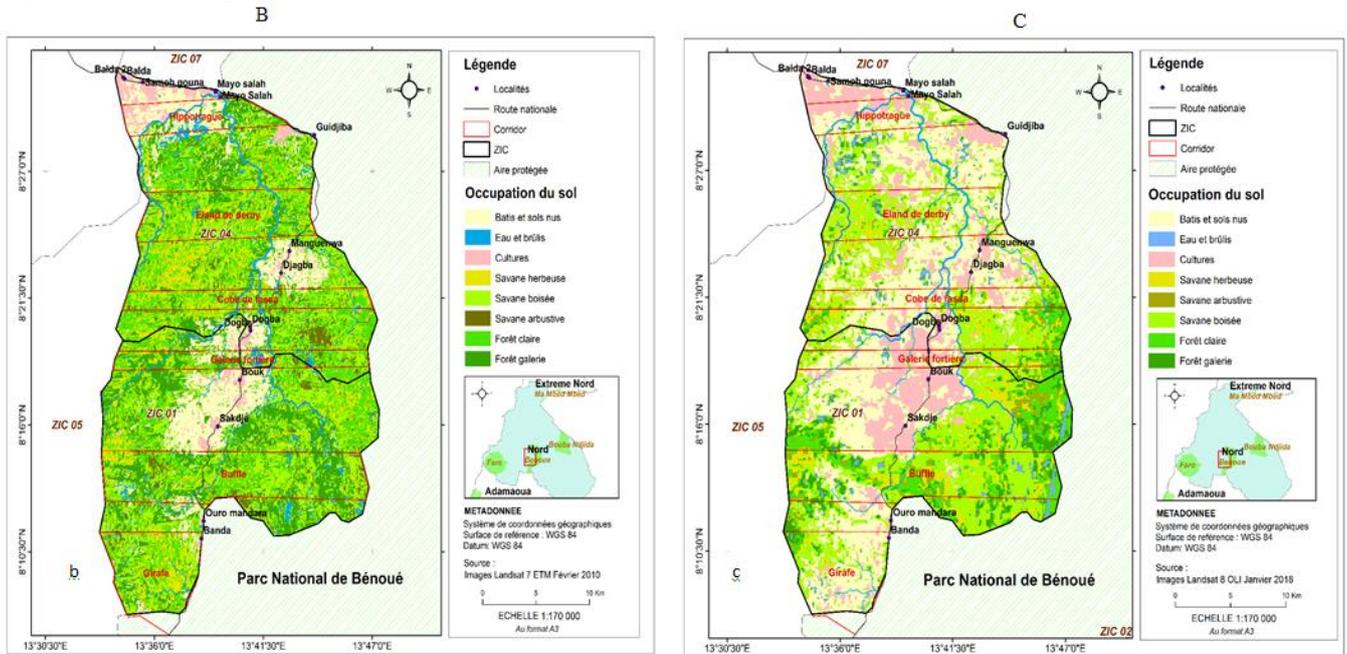


Figure 4: (B) (C) Carte d'occupation du sol en 2010 et 2018

Tout comme en 2010, les zones bâties et sols nus ont augmenté de surface et de superficie d'occupation avec plus de + 14537,90 ha au cours des huit années. Les cultures sont entraînées d'être les principales sources de régression de ces huit dernières années avec au total 3,6 % en 2010 de surface occupée et de 15,28 % de surface occupée en 2018 soit une augmentation de plus de + 8980,49 ha, très importante à prendre en compte et au sérieux que soit du côté des décideurs, de la société civile et ainsi que par la population qui ne cesse de constater globalement la rareté des espèces qu'ils disaient voir dans les années 90 près de leur concession. Ces espèces qui tendent à disparaître complétement

dans les traversées, aux couloirs qui leur sont attribués.

Le rythme de dégradation de ces corridors montre également qu'il est alarmant. C'est sûrement cet abaissement de dégradation par eau et brûlis +0,27 % soit une superficie de -10869,87 ha, qui aurait entraîné la mise sur place cette fois-ci de certaines formations végétales à l'instar de la savane boisée qui a augmenté en 2018 avec 26,43 % soit 20324,12 ha par rapport à l'année 2010 qui était de 22,45 % soit 17273,19 ha en superficie.

Dans le tableau 5, il apparaît notamment que dans les corridors, les eaux, les brûlis et les cultures ont augmenté dans presque tous les sites d'étude. Plus

considérable dans le site Girafe avec 5,60 % en 2010 et de 55,27 % en 2018 soit une augmentation de plus de 49,67 %, suivi du site Cobe défassa avec 3,18 % en 2010 et 42,39 % en 2018, soit une augmentation de 39,21 %. L'installation des cultures a aussi réduit l'occupation du sol par la végétation et, la plus importante se trouve dans le corridor Galerie forestière avec 0,66 % occupation en 2010 et de 18,12 % d'occupation en 2018. Soit une augmentation de nette de plus de 17,46 %, suivie du site Cobe défassa avec un pourcentage d'occupation de l'ordre de 0,24 % en 2010 et de 10,47 % en 2018, soit une augmentation de 10,23%. La savane boisée a vue, sa surface diminuée totalement dans le site Hippotrague de 2,29 % en 2010 à 0,00 % en 2018. La preuve est claire maintenant, s'il est nécessaire de sauver cette zone qui est le couloir servant d'abris et de passage à

la faune, il faudra non seulement prendre en compte les corridors mais aussi l'ensemble du parc, qui sert aussi au tourisme qui permet de faire rentrer les devises dans les caisses de l'État. Il faut également penser aux générations futures.

III.2.2. Évolution du couvert végétal des corridors de 2000, 2010 et 2018

Les résultats de la figure 34 (A) et (B) indiquent une grande emprise des formations végétales par rapport aux types d'occupation du sol au fil des ans. En 2000, la savane boisée occupait plus de 46,35 % de la surface totale des corridors, suivi de la savane herbeuse qui occupait 23,90 %.

Tableau 4: Évolution de la formation végétale des corridors de 2010 à 2018 en %

Thèmes	2010	2018	2018-2010	2018-2010
Bâtis et sols nus	14,2	33,12	+18,92	+14537,90
Eau et brûlis	1,98	2,25	+0,27	+206,44
Cultures	3,6	15,28	+11,68	+8980,49
Savane herbeuse	12,05	7,49	-4,56	-3510,25
Savane boisée	22,45	26,43	+3,98	+3050,93
Savane arbustive	22,31	1,70	-20,61	-13577,52
Forêt claire	19,35	8,18	-11,17	-10869,87
Forêt galerie	4,06	5,54	+1,48	+1142,79

Tableau 5: Évolution de la formation végétale dans les corridors entre 2010 à 2018 (%)

Corridors	Bu		Gi		GF		CD		ED		Hi	
Occupation du sol	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018
bâties et sols nus	3,76	10,71	5,60	55,27	10,39	34,08	3,18	42,39	1,66	31,67	36,33	48,56
Eau et brûlis	2,57	3,69	0,87	2,23	5,19	1,41	1,03	2,23	0,69	1,98	3,94	2,19
Cultures	0,39	2,68	1,87	8,32	0,66	18,12	0,24	10,47	0,09	8,42	24,46	30,17
Savane herbeuse	29,94	13,95	27,75	3,51	21,99	6,38	28,17	7,63	27,30	10,09	6,64	1,28
Savane boisée	9,25	3,91	21,93	0,44	8,34	0,95	16,50	1,66	20,94	0,54	2,29	0,00
Savane arbustive	31,76	35,04	17,90	22,71	26,49	27,85	12,70	25,39	23,97	41,91	20,89	15,95
Forêt claire	16,53	19,20	20,94	3,56	20,69	6,04	32,01	6,36	23,99	2,63	5,26	0,57
Forêt galerie	5,80	10,82	3,15	3,96	6,24	5,17	6,18	3,87	1,36	2,76	0,20	1,28

Bu : Buffle, Gi : Girafe, GF : Galerie forestière, ED : Eland de derby, CD : Cobe Defassa, Hi : Hippotrague

La plus petite formation en 2000 était la Galerie forestière avec 1,67 % de surface suivie des cultures 1,92 % qui n'étaient pas considérables durant cette période. Par contre la figure 21 montre que la formation végétale savane boisée s'est vue sa superficie réduire en 2010 avec un pourcentage d'occupation de 22,45 %, laissant place à la savane

arbustive avec 2,79 % en 2000 et de 22,31 % en 2010 de gagner en surface, synonyme de recule des arbres et de coupes abusives des arbres. En même temps, l'installation des champs de plus en plus dans les corridors par l'arrivée massive des migrants venus de l'extrême-Nord à la recherche des terres fertiles probables à l'agriculture vers les années 2000, entraîne la disparition. La forêt claire s'installe de plus en plus en 2010 en occupant plus de 19,35 % par rapport aux années antérieures. Les eaux et les brûlis

représentaient une superficie de 3962,7ha en 2000 et 5233,5 ha en 2018. Une faible augmentation de 0,37% se présente dans cette zone due à l'augmentation globalement des activités anthropiques, et spécifiquement de l'agriculture sur brûlis, ce qui traduit la fréquence du feu dans les corridors. Ces pratiques nous interpellent l'état manifeste des formations végétales dans les corridors ainsi que dans le parc au fil des années. Des prévisions doivent donc être faites afin de ne pas arriver à une situation irréversible.

La figure 5 (B) ci-dessous montre une accentuation d'occupation du sol plus importante des savanes boisées dans l'ensemble des corridors dans les années 2000 présentant une destruction moins importante de la végétation au niveau des corridors, ainsi que dans la savane herbeuse dans l'ensemble des sites. À partir des années 2010, la régression de la savane boisée ou herbeuse est remarquée ; aussi, la diminution de la savane arbustive et l'installation de l'espace cultivable pour remettre les corridors passage de la faune sauvage à nu/savane claire. Réduisant à la limite empêchant toute traversée dans ces lieux réservés à leur passage.

Le tableau 6 fait le récapitulatif de toute l'occupation du sol dans les corridors en fonction des années ce qui laisse croire que dans certains sites plus principalement Galerie forestière, Girafe et Hippotrague, l'impact de la réduction ou de la régression est importante. Ces couloirs sont actuellement occupés par les populations riveraines qui non seulement violent généralement les règlements du parc mais aussi en braconnent surtout la petite faune circulant encore dans ces couloirs. [2] a montré dans les galeries forestières de L'Adamaoua Cameroun, une régression de la superficie de la végétation due aux actions anthropiques.

Prévision de la végétation des corridors dans les deux prochaines décennies horizons 2035

Pour cette prévision ressortie, la moyenne de perte ou de gain de surface des années 2010 et 2018 est passée par des extrapolations pour avoir une idée sur la situation des années avenir. C'est dans cette même perspective que l'analyse de la figure 6 (A) prévoit

qu'en 2035, les sols nus/ bâtis et les zones de culture verront leurs surfaces s'étendre à la perte de réduction des savanes boisées, des savanes arbustives et de la galerie forestière. Ainsi, en 2035, le sol nu sera le type d'occupation qui verra sa superficie s'augmenter de 32306,45 ha, suivi des cultures qui verront aussi leur superficie augmenter de 19956,64 ha. La savane boisée est le type de végétation qui verra sa surface diminuer le plus considérablement, elle sera réduite de 83549,58 ha suivie de la savane arbustive qui verra sa surface réduite de 30172,26 ha.

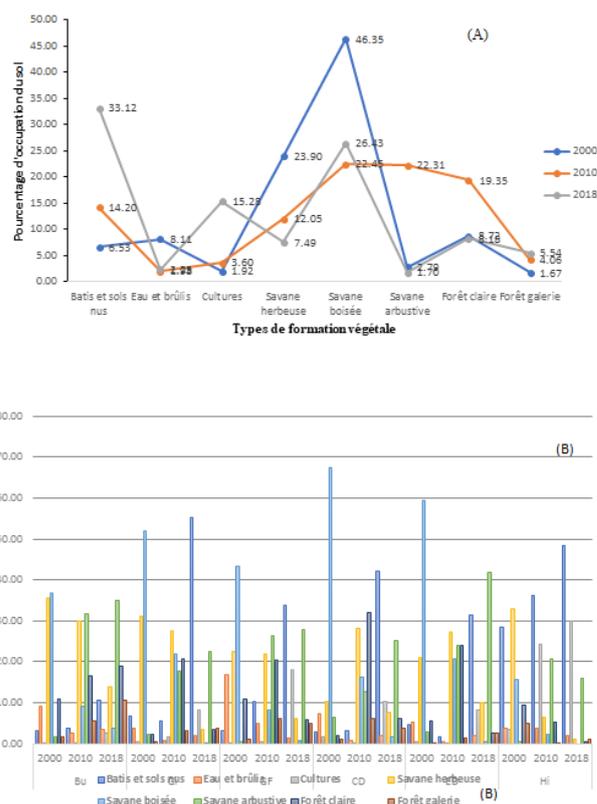


Figure 5: Evolution du couvert végétal des corridors (A) et types d'occupation du sol dans les corridors dans les années 2000, 2010 et 2018 (B).

Tableau 6: Évolution du couvert végétal des corridors et types d'occupation du sol dans les corridors dans les années 2000, 2010 et 2018.

		bâti et sols nus	Eau et brûlis	Cultures	Savane herbeuse	Savane boisée	Savane arbustive	Forêt claire	Forêt galerie
Bu	2000	3,29	9,13	0,28	35,76	36,99	1,66	11,07	1,83
	2010	3,76	2,57	0,39	29,94	9,25	31,76	16,53	5,80
	2018	10,71	3,69	2,68	13,95	3,91	35,04	19,20	10,82
Gi	2000	6,79	3,87	0,69	31,29	52,20	2,34	2,31	0,52
	2010	5,60	0,87	1,87	27,75	21,93	17,90	20,94	3,15
	2018	55,27	2,23	8,32	3,51	0,44	22,71	3,56	3,96
GF	2000	3,41	16,96	0,35	22,55	43,59	0,73	11,14	1,27

	2010	10,39	5,19	0,66	21,99	8,34	26,49	20,69	6,24
	2018	34,08	1,41	18,12	6,38	0,95	27,85	6,04	5,17
CD	2000	2,93	7,49	1,74	10,31	67,52	6,55	2,17	1,27
	2010	3,18	1,03	0,24	28,17	16,50	12,70	32,01	6,18
	2018	42,39	2,23	10,47	7,63	1,66	25,39	6,36	3,87
ED	2000	4,67	5,25	0,62	21,04	59,50	2,93	5,76	0,22
	2010	1,66	0,69	0,09	27,30	20,94	23,97	23,99	1,36
	2018	31,67	1,98	8,42	10,09	0,54	41,91	2,63	2,76
Hi	2000	28,44	4,00	3,60	32,96	15,70	0,71	9,49	5,10
	2010	36,33	3,94	24,46	6,64	2,29	20,89	5,26	0,20
	2018	48,56	2,19	30,17	1,28	0,00	15,95	0,57	1,28

Bu : Buffle, Gi : Girafe, GF : Galerie forestière, ED : Eland de derby, CD : Cobe Defassa, Hi : Hippotrague

Cette prévision signale la gravité de cette anthropisation exponentielle à l'endroit de l'habitat réservé à la faune sauvage. Cette conséquence amène à dire qu'il faut immédiatement prendre dispositions nécessaires pour freiner, réduire ou voire même éradiquer cette anthropisation qui s'accélère constamment. Pour le faire, il faudra connaître la composition floristique du milieu, leur conditions écologiques et sociales pour dégager de ce fait des résolutions biologiques efficaces.

De même la figure 7 (B) retrace effectivement l'état de la végétation dans chaque corridor. Ainsi, à partir de cette simulation de la physionomie spatio-temporelle d'occupation du sol, la plus alarmante se trouve sur l'occupation du sol bâtis et sol nus dans le corridor Girafe avec un pourcentage de 93,80 % à l'horizon 2035, suivi de Cobe défassa avec 74,07%, mais le moins important de ce type d'occupation sera dans le corridor Buffle avec 13,12% d'occupation. L'occupation des cultures sera aussi accentuée tant dans le site Galerie forestière (32,98 %) que dans le site Cobe défassa avec 19,31%. Dans la même lancée, on verra aussi la réduction de la savane boisée plus dans le site Girafe (-45,59%), suivi du site Eland de derby (-38,54%). Cette réduction sera observée dans l'ensemble des corridors. Les résultats obtenus dans cette étude sont différents de ceux obtenus par Van-Tuan en 2014 qui a travaillé sur l'impact du changement du mode d'occupation des sols sur le fonctionnement hydrogéochimique des grands bassins versants et qui a montré que le modèle LCM peut prédire de bonnes cartes de l'occupation des sols avec une précision supérieure à 89 %. Sur la base de ces résultats, les scénarii de l'occupation des sols du bassin versant de l'Ain ont été générés à l'horizon 2020 et 2030. L'analyse du changement entre les cartes prédictives de 2010, 2020 et 2030 a montré que l'occupation des sols du bassin versant de l'Ain continuera à évoluer pour les 20 prochaines années. Les zones forestières et urbanisées augmenteront respectivement d'environ 168 et 52 km² à l'horizon 2030 (soit une moyenne de 8,4 et 2,6 km² par an). À l'inverse, les terres agricoles et les surfaces d'arbustes pourront diminuer d'environ

171 et 46 km², respectivement (soit à un rythme de 8,6 et 2,3 km² par an).

Les figures 7 (A) et (B) présentent la physionomie spatio-temporelle des corridors par rapport aux autres types de végétation pour l'année 2035.

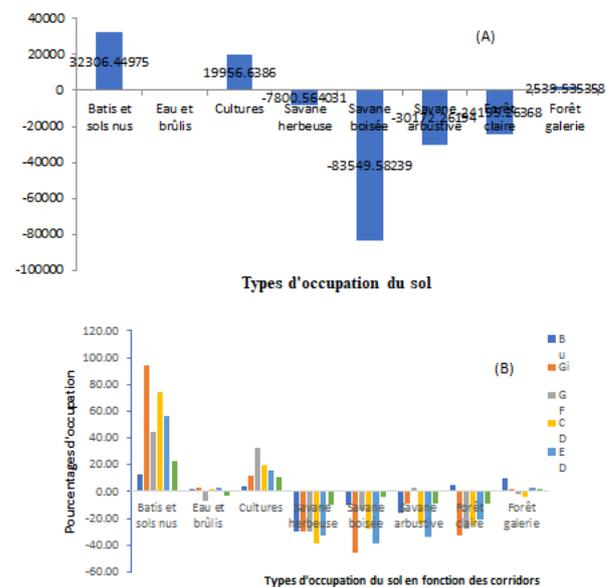


Figure 6: Simulation de la physionomie spatio-temporelle d'occupation du sol (A) et en fonction des corridors par rapport aux autres types de végétation horizon 2035 (B)

Bu : Buffle, Gi : Girafe, GF : Galerie forestière, ED : Eland de derby, CD : Cobe Défassa, Hi : Hippotrague

Conclusion

La présente étude a montré un changement significatif sur les végétations des corridors traversant le Parc National de la Bénoué. L'installation des populations dans des enclaves à l'intérieur et au voisinage des corridors accélère le processus d'altération des ressources naturelles de la Parc national. La population environnante est de plus en plus nombreuse, ce qui augmente la pression sur cette Biodiversité qui leur fourni les ressources indispensable pour leur survie.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Ariori SL, Ozer P, 2005.** Évolution des ressources forestières en Afrique de l'Ouest soudan sahélienne au cours des 50 dernières années. *Géo-Eco-Trop*, 29: 61-68. Des industries animales 2002. 125p.
- [2] **Danboya Emmanuel, Tchobsala and Ibrahima Adamou, 2019.** Dynamique évolutive spatiale des galeries forestières dans la savane humide de l'Adamaoua Cameroun. *International Journal of Current Research*. Vol. 11, Issue, 11, pp.8260-8265, November, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24941/ijcr.37082.11.2019>.
- [3] **Geymen A, Baz I, 2008.** The potential of remote sensing for monitoring land cover changes and effects on physical geography in the area of Kayisdagi mountain and its surroundings (Istanbul). *Environmental Monitoring and Assessment*, 140 (1–3) : 33–42.
- [4] **Girard M C., Girard C M., 1999,** « La télédétection appliquée, zones tropicales et intertropicales », Dunod, Ed. Paris, 529 p.
- [5] **Girard, M.C. and Girard, C.M. (1999).** Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, 529 p
- [6] **Hahn-Hadjali K, 1998.** Les groupements végétaux des savanes du sud-est du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). *Études sur la flore et la végétation du Burkina Faso et des pays avoisinants*, 3: 3- 79.
- [7] **Kaboré A, 2010.** Brousse des uns, aire protégée des autres, histoire du peuplement, perceptions de la nature et politique des aires protégées dans le Gourma burkinabè: l'exemple de la Réserve partielle de faune de Pama. Thèse de doctorat présentée à l'Institut de Hautes Études Internationales et du Développement, Genève, Suisse, 383p + annexes.
- [8] **Kpoda C, 2010.** Effet du changement climatique sur les modes de conduite du bétail. Vulnérabilité et adaptation des éleveurs du Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur, option élevage, IDR/UPB, 93p
- [9] **Larwanou M, Saadou M, Nonguierma A, 2005.** Détermination du degré d'aridité bioclimatique de sept localités du département de Tillabéri (sud-ouest du Niger) : classement en zones bioclimatiques. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 16 (2): 107-114.
- [10] **Madi A., 2010.** Analyse de filière de production : Fondements théoriques et démarches. 65p
- [11] **Mama A, Sinsin B, De Cannière C, Bogaert J, 2013.** Anthropisation et dynamisation des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. *TROPICULTURA*, 31 (1): 78-8
- [12] **Mbaygone E, Thiombiano A, Hahn-Hadjali K, Guinko S, 2008.** Structure des ligneux des formations végétales de la Réserve de Pama (Sud-Est du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest). *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica*, 11: 25-34
- [13] **MINEPIA, 2002.** Document de stratégie du sous-secteur de l'élevage, des pêches et des industries animales 2002. 125p.
- [14] **Moudingo et Jean H., 2007.** Article sur la situation des forêts au Cameroun. *Cameroon Wildlife Conservation Society*. 24 p.
- [15] **Moudingo E., 2007.** Article sur la situation des forêts au Cameroun. *Cameroon Wildlife Conservation Society/P.O.Box 54 Moaungo-Litoral province Cameroon*. 24 p.
- [16] **Nacoulma BMI, Traoré S, Hahn K, Thiombiano A, 2011.** Impact of land use types on population structure and extent of bark and foliage harvest of *Azelia africana* and *Pterocarpus erinaceus* in Eastern Burkina Faso. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 3(3): 62-72.
- [17] **Ouédraogo I, Savadogo P, Tigabu M, Cole R, Odén PC, Ouadba JM, 2009.** Is rural migration a threat to environmental sustainability in southern Burkina Faso? *Land Degradation & Development*, 20(2): 217-230.
- [18] **Ouédraogo I, 2010.** Land use Dynamics and Demographic Change in Southern Burkina Faso. Doctoral thesis N0 2010:63, Faculty of Forest Sciences, southern Swedish Forest Research Centre Alnap. 64 P. + annexes.
- [19] **Ouédraogo O, Thiombiano A, Hahn-Hadjali K, Guinko S, 2009.** Diversité et dynamique de la végétation ligneuse juvénile du Parc National d'Arly (Burkina Faso). *Candollea*, 64: 257-278.
- [20] **Ouédraogo O, Thiombiano A, Hahn-Hadjali K, Guinko S, 2008.** Diversité et structure des groupements ligneux du parc national de Arly (Est du Burkina Faso). *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica*, 11:5-16.
- [21] **Paré S, Söderberg U, Sandewall M, Ouadba JM, 2010.** Land use analysis from spatial and field data capture in southern Burkina Faso, West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127: 277-285.
- [22] **Sawadogo I, Devineau JL, Fournier A, 2014.** État des ressources pastorales dans une terre d'accueil et de transit des pasteurs transhumants: le terroir de Kotchari (sud-est du Burkina Faso).
- [23] **Schmid S, 2003.** Les images satellites multitemporelles comme outil d'analyse du couvert végétal : le cas des savanes du sud du Burkina Faso (Afrique Occidentale). *Études sur la flore et la végétation du Burkina Faso et des pays avoisinants*, 7: 31-36.
- [24] **Shalaby A, Tateishi R, 2007.** Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastalzone of Egypt. *Applied Geography*, 27 (1): 28– 41.
- [25] **Tchotsoua M. et Gonné B., 2009.** Des crises socio-économiques aux crises environnementales sur les hautes terres de l'Adamoua, Cameroun. *Archives ouvertes. CIRAD.00471335.10p*.
- [26] **Tsakem S. C., 2006.** Contribution à l'aménagement du parc National de la Bénoué et au Développement Rural des Zones Cynégétique à Cogestion (N° 1 et 4) au Nord- Cameroun. *Mémoire DES en Gestion des ressources animales et végétales en milieux tropicaux. Université de Liège*. 68p.
- [27] **WWF/PSSN., 2008.** Proclamation des résultats du concours (meilleurs corridor, 2004) ;
- [28] **WWF/PSSN, 2001.** *Garoua, Cameroun*. 11p
- [29] **WWF/PSSN, 2001.** Braconnage : Arrêtons le massacre ; trimestriel d'information No003 ; *projet WWF savane soudaniennes du Nord ; Garoua- Cameroun*. 11p
- [30] **Youl S, Barbier B, Moulin CH, Manlay RJ, Botoni E, Masse D, Hien V, Feller C, 2008.** Modélisation empirique des principaux déterminants socio-économiques de la gestion des exploitations agricoles au sud-ouest du Burkina Faso. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement*, 12(1): 9-21.
- [31] **Youssao., 2011.** Les questions environnementales sur la désertification au Cameroun. Atelier sur les statistiques de l'environnement, Yaoundé-Cameroun, du 05 au 09 2011. MINEP.26p