

## **Dynamique spatio-temporelle des ressources pastorales au Burkina Faso : cas de la zone pastorale au Sud de Gaongo**

### **Spatio-temporal dynamics of pastoral resources in Burkina Faso: case study of the South Gaongo pastoral zone**

Lassina Sanou<sup>1\*</sup>, Pascal Tenkodogo<sup>2</sup>, Zezouma Sanon<sup>1</sup>, Souleymane Ouedraogo<sup>3</sup>, Hassan Bismarck Nacro<sup>4</sup>

#### **Résumé**

Dans les pays sahéliens, la plupart des zones pastorales subissent une transformation spatio-temporelle due aux activités humaines dégradantes couplées à la variabilité des conditions climatiques. Cette étude vise à cartographier la dynamique de l'occupation du sol dans la zone pastorale de Gaongo-sud, Burkina Faso. Pour cela, trois images Landsat de 2000, 2010 et 2020 ont été exploitées. La classification supervisée à l'aide de l'algorithme du maximum de vraisemblance, sous le logiciel ENVI, a été utilisée. Les cartes, l'évolution moyenne annuelle de l'occupation du sol et la matrice de transition ont été établies pour analyser les changements de l'occupation du sol. Aussi, l'indice de précipitation standardisé (SPI) de 1980 à 2020 a été utilisé pour accéder à la tendance climatique et suivre la dynamique de la végétation. Les résultats montrent une dégradation du couvert végétal entre 2000 et 2020. Cela s'est traduit par une diminution de la superficie (-101,61 ha) de la savane arborée au profit de la savane arbustive et une diminution de la superficie (-1 803,26 ha) de la savane arbustive au profit des sols nus et des cultures pluviales et territoire agroforestier (-307,51 ha). De même ; il est constaté la dégradation des ressources en eau, ainsi que l'apparition d'habitats dans la zone d'étude. Ces changements montrent une pression accrue sur les ressources végétales surtout ligneuses.

**Mots clés** : Burkina Faso, Occupation du sol, Dégradation des ressources pastorales, Zone pastorale.

#### **Abstract**

In the Sahelian countries, most pastoral areas are undergoing a spatio-temporal transformation due to degrading human activities coupled with the variability of climatic conditions. This study aims to map the dynamics of land use in the pastoral zone of Gaongo-Sud, Burkina Faso. For this, three Landsat images from 2000, 2010 and 2020 were used. Supervised classification using the maximum likelihood algorithm, under the ENVI software, was used. The maps, the average annual change in land cover and the transition matrix were established to analyze changes in land cover. Also, the standardized precipitation index (SPI) from 1980 to 2020 was used to access the climatic trend and follow the dynamics of the vegetation. The results show a degradation of the vegetation cover between 2000 and 2020. This resulted in a decrease in the area (-101.61 ha) of tree savanna in favor of shrub savanna

and a decrease in area (-1803.26 ha) of shrubby savannah in favor of bare soil and rainfed crops and agroforestry territory (-307.51 ha). Likewise; it is noted the degradation of water resources, as well as the appearance of habitats in the study area. These changes show increased pressure on plant resources, especially ligneous ones.

**Key words**: Burkina Faso, Land cover, Pastoral resources degradation, Pastoral are

<sup>1</sup> Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), INERA, Département Environnement et Forêts, 03 BP 7047, Ouagadougou 03, Burkina Faso de Foresterie, Faculté des Sciences d'Agronomie et des Sciences Agronomiques Université de Dschang, Cameroun ;

<sup>2</sup> Centre Régional AGRYMET, 425 Boulevard de l'Université, BP 11011, Niamey, Niger

<sup>3</sup> Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, INERA, Département Gestion des Ressources Naturelles/Systèmes de Production, 03 BP 7047, Ouagadougou 03, Burkina Faso

<sup>4</sup> Université Nazi Boni, Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur la fertilité des sols, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso  
Auteur correspondant : lassina.sanoulassina@gmail.com. BP : 454 Ngaoundéré, Burkina Faso ; Tel. (226) 76072265.

## 1. Introduction

Le Burkina Faso compte 28 sites érigés en zones pastorales dont la superficie totale est estimée à 747 496 ha, (ONF-BF, 2017). Ces zones pastorales, créées à la suite des sécheresses des années 1970 et 1983-1984 visaient la promotion du secteur de l'élevage et la gestion durable des ressources naturelles. Ces aires, autrefois réservées à la pâture, sont de plus en plus sujettes à des occupations diverses à savoir l'agriculture, les habitations, etc. (Gonin, 2016 ; Djohy et Sounon Bouko, 2020) contribuant ainsi à réduire fortement la disponibilité des ressources naturelles. Ainsi, l'élevage pastoral évolue dans une certaine précarité marquée par la restriction progressive des espaces pastoraux et de l'accès aux ressources pastorales due à l'occupation des terres pour d'autres activités (agriculture, orpaillage par exemple). A ce titre, (Sieza *et al.*, 2019) rapportaient, une diminution de 13,08% des zones de pâture au détriment des surfaces de cultures dans l'Ouest du Burkina Faso entre 1995 et 2015. Les statistiques nationales indiquent une diminution des superficies des parcours de plus de 18 % entre 1984 et 2015 (MRAH, 2013). A cela s'ajoute les effets du changement climatique qui influent plus particulièrement sur les moyens d'existence qui dépendent directement des ressources naturelles par le biais, par exemple, de la baisse des rendements agricoles, de la détérioration progressive des pâturages traditionnels ou de l'assèchement d'importantes étendues d'eau (PNUE, 2011). La zone pastorale de Gaongo-Sud, créée en 2000 n'échappe pas à ces pressions foncières. Dans la région du Centre-sud, zone où se mène cette étude, la forte immigration des pasteurs venus d'ailleurs et la rareté des terres fertiles ont accru la pression sur l'occupation des terres (Zerbo, 2021). Ainsi, l'avancée rapide du front agricole liée à la croissance naturelle de la population, l'immigration agricole et l'émergence de l'agro-business, l'essor notable du cheptel local et l'afflux de plus en plus massif de bétail sahélien qui fuit des conditions agro climatiques de plus en plus insupportables, ont entraîné la concentration des animaux au niveau des espaces pastoraux (Gonin & Tallet, 2012). Cette situation affecte les systèmes de production et menace les aires pastorales qui constituent des zones de refuges pour les éleveurs surtout en saison pluvieuse (Amadou & Boutrais, 2012 ; Robert, 2010). Plusieurs études dont celles de (Yougbare, 2018 ; Sanon, 2019 ; Zerbo, 2021), ont ainsi montré que la plupart de ces aires sont maintenues dans un état de régression du fait des activités anthropiques accrues. Dans la zone pastorale de Gaongo Sud, l'exploitation du bois énergie est l'une des causes majeures de la réduction du couvert végétal (Tankoano *et al.*, 2016 ; Sanon, 2019). A cela, s'ajoutent les activités agricoles et de ramassage des agrégats. Ces actions associées à la péjoration climatique contribuent à une augmentation des risques de dégradation des écosystèmes de la zone pastorale de Gaongo-sud. Pour assurer une bonne conservation de la zone pastorale, il s'avère nécessaire de disposer de données précises sur l'évolution de ses ressources (couverture végétale et hydrique) ainsi que les proportions des différentes classes d'occupation du sol qui la composent. Pour arriver à cela, il faut d'abord comprendre la dynamique spatio-temporelle des ressources de la zone pastorale de Gaongo-sud, essentielle dans les prises de décisions pour une gestion durable de ladite zone. L'utilisation des données de la télédétection dans l'étude de la dynamique des ressources naturelles est de plus en plus courante. En effet, la télédétection appliquée à la végétation permet de rendre compte, avec beaucoup plus de précisions, des changements d'occupation du sol (Soro *et al.*, 2014 ; Toko *et al.*, 2016 ; Sbai *et al.*, 2016) malgré les problèmes de confusions spectrales rencontrés.

L'objectif de cette étude est de (i) cartographier et déterminer la dynamique de l'occupation du sol dans la zone pastorale de Gaongo-sud entre 2000 et 2020 en utilisant les images Landsat et (ii) d'évaluer les changements entre les classes d'occupation du sol de la zone pastorale.

## 2. Matériel et Méthodes

### Présentation de la zone d'étude

La zone pastorale de Gaongo-Sud, créée en 2000 est une relique de la forêt de la Volta blanche (Nakambé), classée en 1953 (Figure 1) et est située entre les méridiens 12°06'012" de latitude Nord et 11°94'75" de latitude sud. Elle représente également une des Unité d'Aménagement Forestier (UAF) du Chantier d'Aménagement Forestier de Nakambé (CAF/N). La zone pastorale est située dans la commune rurale de Gaongo, province du Bazèga et relève de la région du Centre Sud au Burkina Faso. Elle couvre une superficie de 6 205 ha.

La zone pastorale est située dans la zone nord soudanienne du pays avec un climat tropical de type soudano-sahélien et est marquée par l'alternance d'une courte saison de pluie de 4 à 5 mois (juin à

septembre), et d'une longue saison sèche de 7 à 8 mois (d'octobre à mai). Les années pluvieuses peuvent enregistrer jusqu'à plus de 1000 mm de pluie par an, et celles sèches moins de 700 mm d'eau. Les jours pluvieux peuvent être importants, de plus de 50 par an (ANAM, 2022). La pluviométrie moyenne annuelle entre 1991 et 2020 est de 781 mm d'eau par an et le mois le plus pluvieux durant ces années est le mois d'août, avec une moyenne de 232 mm d'eau. Pour ce qui est de la température moyenne annuelle dans cette zone, elle est de 29,11°C pour cette même période.

La commune de Gaongo fait partie du bassin versant du fleuve Nakambé, et est traversée dans sa partie sud par une rivière intermittente. Selon Fontes & Guinko (1995), la végétation de la commune de Gaongo est composée essentiellement de formations naturelles faites de savanes arbustive et arborée, et de quelques forêts galeries. L'ensemble du relief de la commune de Gaongo est en général monotone et interrompu par quelques collines. Selon MEF (2009), on rencontre six (06) types de sols : les sols hydromorphes (lourds), rencontrés dans la partie Ouest de la commune sont majoritairement représentés avec 45% de la superficie, suivis des sols à mull (bonne valeur agronomique) avec 30%, qui occupent les parties Est et Nord du territoire communal. Viennent ensuite les plages latéritiques avec 15 % de la superficie, les sols halomorphes avec 5% de la surface et les vertisols localisés dans la partie extrême Est de la commune avec environ 5 % du territoire. Selon le dernier Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) 2019, la population de la commune de Gaongo est estimée à 35 765 habitants avec un total de 5 694 ménages (INSD, 2022). L'effectif de la population de la commune est passé de 25 149 habitants en 2006 (INSD, 2006) à 35 765 habitants au dernier recensement de 2019 (INSD, 2022), soit une augmentation de 29,68% en 13 ans avec une population en majorité jeune (57,99% de moins de 20 ans). La population active est composée principalement d'agriculteurs et d'éleveurs, qui sont établis dans les 13 villages de la commune. L'exploitation du bois est également pratiquée dans la commune par une organisation d'exploitant du bois.

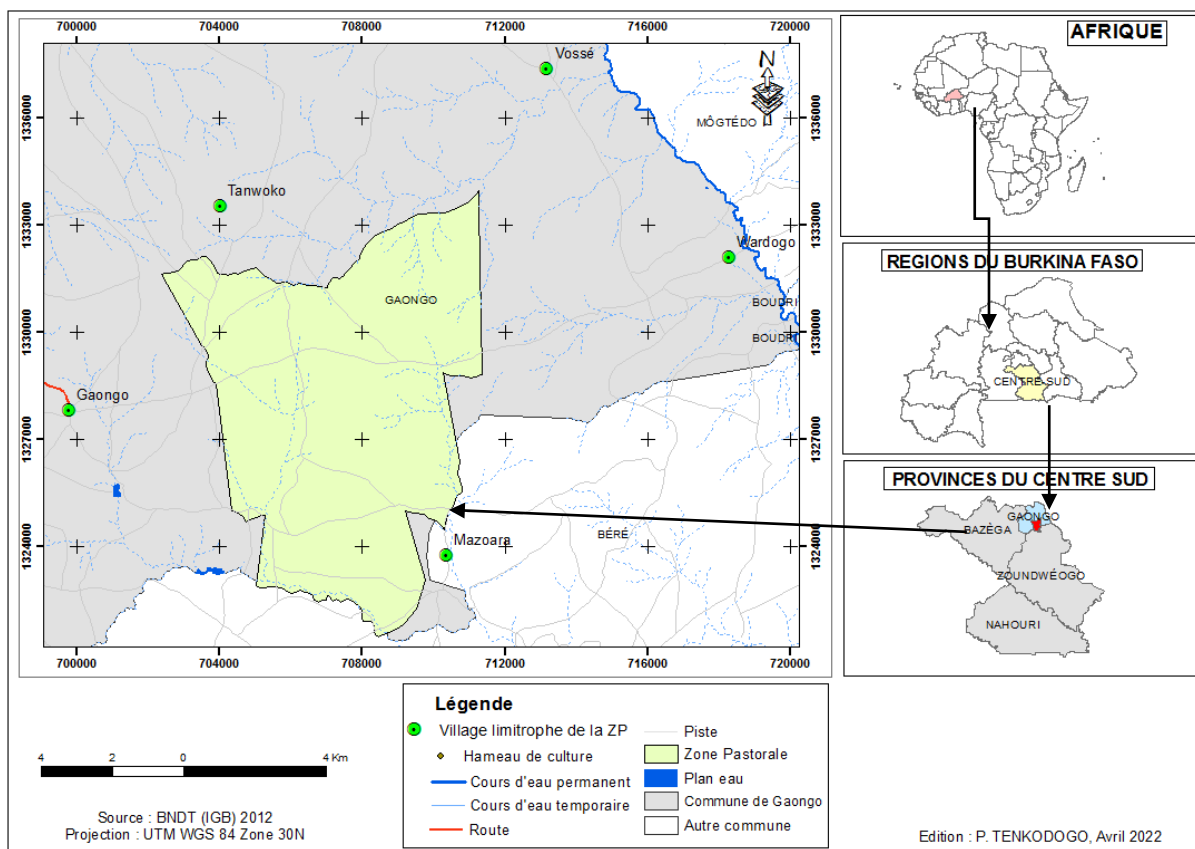


Figure 1 : Localisation de la zone pastorale de Gaongo-Sud

### Outils de collecte des données

Des images de Path 194 et 195 et row 52 (couvrant la zone d'étude) de Landsat ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) de l'année 2000, TM (Thematic Mapper) de 2010 et OLI-TIRS (Operational Land Imager) de 2020 ont été choisis. Ces images ont été téléchargées gratuitement sur le site web de la NASA ([www.earthexplorer.us.gov](http://www.earthexplorer.us.gov)). Leurs caractéristiques sont détaillées dans le tableau 1. Au total, six (06) images de saison humide ont été utilisées à raison de deux images par année. Il s'agit d'images Landsat des mois d'octobre, de novembre et de décembre, choisies en fonction de leur disponibilité sur le site et de l'absence de nuage dans la zone de l'étude. Aussi, des données Shapefile, de l'occupation du sol et celles des divisions administratives et localités du pays de la BNDT 2012 obtenues auprès de l'Institut Géographique du Burkina (IGB) ont été utilisées pour la spatialisation des résultats, ainsi que des images Google earth qui ont servi à la visualisation et à la comparaison des résultats de la classification.

Par ailleurs, des données pluviométriques de la station de Kombissiri (province du Bazèga) sur la période 1980-2020 ont été obtenues auprès de l'Agence Nationale de la Météorologie (ANAM) du Burkina Faso pour voir l'évolution climatique. Ces données statistiques ont été calculées sur le tableur Excel pour déterminer les valeurs de l'indice standardisé de précipitation (SPI) de la commune de Bazèga sur la période de 1980-2020, soit environ 41 ans. Cet indice dit de Nicholson, bien adapté au suivi de la dynamique de la végétation (l'impact du climat sur la dégradation du couvert), est utilisé pour quantifier les déficits de précipitations à différentes échelles temporelles (Bergaoui et Alouini, 2001). Sa formule est la suivante :

$$SPI = \frac{X_i - X_m}{\delta}$$

Avec  $X_i$  : valeur de la pluviométrie de l'année  $i$  ;  $X_m$  : valeur moyenne interannuelle de la pluviométrie sur la période étudiée ;  $\delta$  : l'écart-type des pluies annuelles observées pour la série concernée.

Selon Bergaoui et Alouini (2001), le calcul de l'indice standardisé des précipitations permet de déterminer le degré d'humidité ou de sécheresse du milieu et contribue ainsi à identifier les années humides et les années sèches. Ainsi lorsque :

- $SPI > 2$ , on parle d'humidité extrême (HE) ;
- $1 < SPI < 2$  on parle d'humidité forte (HF) ;
- $0 < SPI < 1$  on parle d'humidité modérée (HM) ;
- $-1 < SPI < 0$  on parle de sécheresse modérée (SM) ;
- $-2 < SPI < -1$  on parle de sécheresse forte (SF) ;
- $SPI < -2$  on parle de sécheresse extrême (SE).

Tableau 1: Images satellitaires utilisées et leurs caractéristiques

Localité	Date	Type d'image	Path-Row	Résolution (m <sup>2</sup> )	Composition fausse couleur
Zone pastorale de Gaongo	24 Octobre 2000	Landsat 7	194052	30	4-3-2
	31 Octobre 2000	Landsat 7	195052	30	4-3-2
	28 Novembre 2010	Landsat 5	194052	30	4-3-2
	21 Décembre 2010	Landsat 5	195052	30	4-3-2
	24 Novembre 2020	Landsat 8	194052	30	5-4-3
	15 Novembre 2020	Landsat 8	195052	30	5-4-3

Source : [www.earthexplorer.us.gov](http://www.earthexplorer.us.gov).

### 2.3. Prétraitement et traitement des images Landsat

#### Prétraitement des images

Le prétraitement des données regroupe toutes les opérations qui sont effectuées dans le but de rendre les images lisibles et superposables. Il s'agit des corrections géométriques, radiométriques et atmosphérique, le Layer stacking ou regroupement des bandes, du mosaïquage et de l'extraction du

secteur d'étude. Pour le cas de notre étude, les corrections radiométriques et géométriques n'ont pas été nécessaires, car les trois images ne comportaient aucun bruit radiométrique et étaient enregistrées dans le même système géographique, c'est-à-dire dans le système de projection Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 30 N, Sphéroïde WGS 84 et *datum* WGS 84. Cependant, le mosaïquage s'est avéré nécessaire étant donné que le secteur d'étude est couvert par deux scènes d'images Landsat (194052 et 195052). Le mosaïquage a consisté à juxtaposer les différentes bandes identiques des scènes entre elles, pour en former une image plus grande qui couvre la zone d'étude (Jobin *et al.*, 2007 ; Wiederkehr, 2013). Le « Layer stacking » a été effectué avant le mosaïquage, et a permis de grouper les différentes bandes des images pour former un seul bloc de multi-bandes ayant la même résolution et de même capacité. A l'issue du mosaïquage, nous avons procédé à l'extraction de la zone d'étude. Cette opération réalisée à partir de l'outil « Subset Data via ROIs » du logiciel ENVI 5.1, a permis d'obtenir une image couvrant uniquement la zone pastorale de Gaongo-Sud.

### Traitement des images

Le traitement des images a concerné les étapes suivantes : la composition colorée, la classification supervisée, l'homogénéisation des classes, la validation de la classification et la vectorisation.

La composition colorée a pour objectif d'avoir une synthèse d'informations en vue d'une bonne discrimination des unités d'occupation du sol. Elle a consisté à faire la combinaison de trois bandes d'une image multispectrale en utilisant les trois couleurs primaires à savoir le rouge, le vert et le bleu (Kouassi, 2014). Elle permet d'obtenir des images en couleur en tenant compte de la signature spectrale des objets, facilitant ainsi leur interprétation. Il existe plusieurs types de composition colorée. Pour la présente étude, nous avons utilisée celle dite fausse couleur car elle permet une bonne distinction des différentes unités d'occupation. La combinaison permettant d'obtenir cette composition est le 4, 3, 2, respectivement dans le rouge, le vert et le bleu pour les images de 2000, 2010 et 5, 4, 3 pour celles de 2020.

L'interprétation visuelle des images qui a pour rôle d'établir une relation entre le terrain et l'image, nous a permis d'identifier des détails comme les forêts galerie, la savane arborée, la savane arbustive, les zones de cultures, les plans d'eau et les sols nus.

La connaissance de la zone d'étude a guidé notre choix en faveur de la classification supervisée. Elle est une technique de détection assistée par ordinateur, permettant l'interprétation de données de l'image (Tabeliouna *et al.*, 2016). C'est une méthode basée sur l'assignation des pixels à des classes thématiques définies et reconnues par l'opérateur à partir de la connaissance de terrain (Sanou, 2021). La démarche que nous avons suivie se résume aux étapes suivantes : la définition de la légende ou renseignement du ROI (*Region Of Interest*), la sélection des échantillons de parcelles d'entraînement, le choix de l'algorithme de classification, la définition de différentes classes et la matrice de confusion. La définition des ROI a été faite avec la commande « *Overlay\_Regions Of Interest* » du logiciel ENVI 5.1 classic. Pour ce faire, un algorithme de classification a été choisi pour assigner chaque pixel à une classe en comparant ses valeurs spectrales avec les statistiques des signatures développées pour toutes les classes. Dans le cadre de la présente étude, nous avons utilisé l'algorithme « *Maximum likelihood* » (Maximum de vraisemblance). 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 (Sanou, 2021). Cependant, si cette probabilité n'atteint pas le seuil escompté, le pixel est classé "inconnu". Cette approche méthodologique pour la classification d'images par maximum de vraisemblance peut être considérée comme globalement acceptable, même s'il y a des erreurs d'affectation de certains pixels (Mouzouri *et al.*, 2016).

Pour l'évaluation et la validation des résultats obtenus de la classification, nous nous sommes servis de deux étapes. La première est une validation thématique qui a consisté à une analyse visuelle du résultat cartographique à la lumière de la composition colorée de base qui a permis la sélection des parcelles d'entraînement et des connaissances du terrain de l'opérateur. La seconde, beaucoup plus statistique et qui concerne la qualité de la classification, a consisté à établir la matrice d'erreur (confusion) et à calculer la précision globale ainsi que l'indice Kappa de la classification (Bissour *et al.*, 2016). La précision globale du traitement, est révélatrice de la meilleure adéquation de ce type d'images à la classification de l'occupation du sol. Quant à la matrice de confusion, elle affiche les statistiques de la précision de classification d'une image, notamment le degré de classification erronée parmi les diverses classes. Elle est calculée avec les valeurs exprimées en pixels et en pourcentage.

La dernière étape de la classification a consisté à faire les opérations post classification, de vectorisation et élaboration de la matrice de transition. A travers les opérations post classification, il s'est agi de faire la



fusion de différentes classes se rapportant à la même utilisation du sol mais ayant des signatures spectrales différentes, d'éliminer les pixels isolés, de procéder à l'homogénéisation et au lissage des classes. Dans cette étude, un filtre médian 3x3 a été appliqué sous Envi pour éliminer les pixels isolés. Toutes ces opérations ont été rendues possibles par l'utilisation des outils respectifs « *combine class* », « *Clump* », « *Majority analysis* » sous Envi 5.1 (Denis, 2016).

La phase finale du traitement des images a abouti à la conception des cartes d'occupation du sol et surtout l'élaboration des statistiques. Elle a regroupé les opérations comme la vectorisation, l'intégration des résultats sous le logiciel SIG (Système d'Information Géographique) et la production des cartes. La vectorisation a consisté à la conversion des images classifiées du mode raster (images) en mode vecteur (polygones) dans le but de faciliter leur gestion dans le logiciel d'analyse SIG (Latour, 2017). La manipulation SIG est une étape au cours de laquelle, des analyses spatiales sont faites. Dans la présente étude, cette étape nous a permis de calculer les superficies des différentes unités d'occupation du sol grâce à l'outil « *calculate geometry* » du logiciel SIG ArcGIS 10. 5 et d'en élaborer les cartes. La rédaction cartographique a consisté à la spatialisation des données vectorisées à l'aide du logiciel ArcGIS 10. 5 et à la réalisation des cartes d'occupation du sol pour chaque période choisie pour l'étude en y ajoutant le réseau routier, les cours d'eau, les localités, le nord géographique, la légende et l'échelle. Le système de projection UTM, WGS 84 de la zone 30 N, a été utilisé pour la réalisation des cartes, car il permet de faire des calculs géométriques.

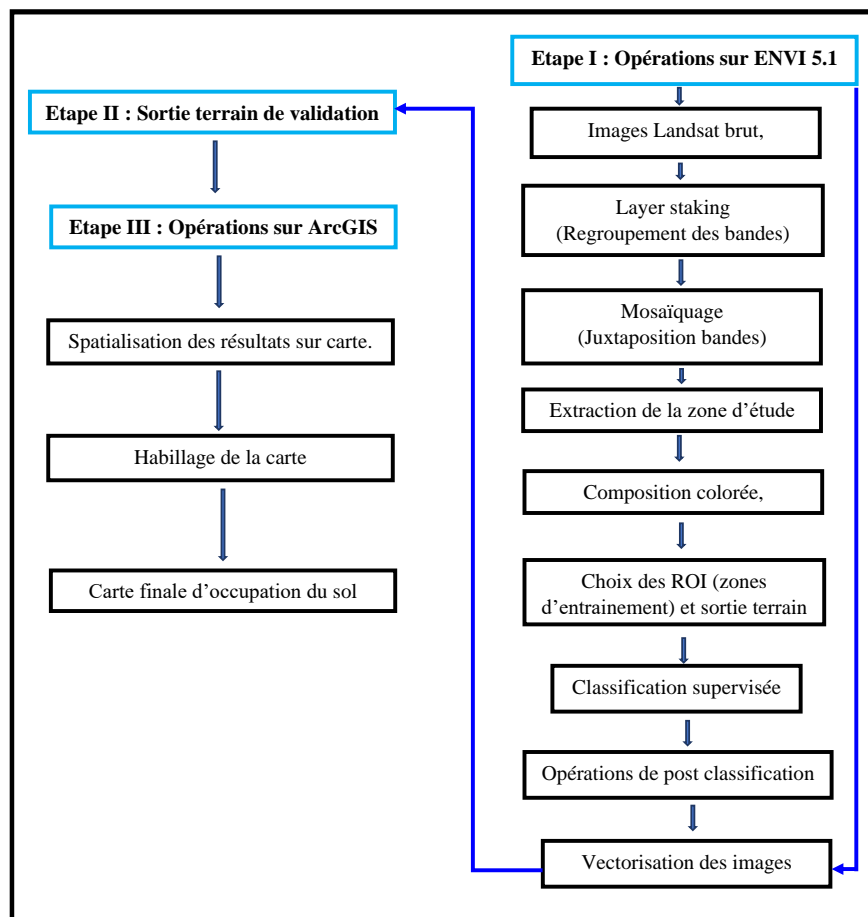


Figure 2 : Schéma synthèse de la méthodologie de traitement des images Landsat , adapté de SANOU 2020

### Traitement statistique des données et mise en évidence des changements

La détection des changements intervenus sur la période d'étude (2000 à 2020) a été faite par la comparaison des résultats issus de la classification des images satellites. Les matrices de détection des

changements issues de la comparaison des surfaces des unités d'occupation du sol (S1 et S2) entre deux dates (t1 et t2), ont été produites. Aussi, le taux moyen annuel d'expansion spatiale et la matrice de transition ont été déterminés. Pour ce qui est de l'interprétation de la matrice de détection des changements, trois cas de figures peuvent se présenter. Il s'agit des situations de stabilité, de gain et de perte. Les valeurs positives du taux de changement indiquent une "progression", et les valeurs négatives une "régression". Les valeurs proches de zéro indiquent que la classe est relativement "stable".

En ce qui concerne le taux moyen annuel d'expansion spatiale de chaque unité d'occupation, il a été calculé grâce à la formule de Bernier (1992) qui a permis de voir les pourcentages de progression, de régression ou de stabilité des différentes unités sur la base des superficies de ces unités.

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

Avec  $Te$  = taux moyen d'évolution annuelle,  $S1$  = 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  $t2$  ;  $\ln$  = logarithme népérien ;  $e$  = la base des logarithmes népériens ( $e = 2,71828$ ).

Pour ce qui est de la matrice de transition, elle est un tableau à double entrée permettant de décrire, de manière condensée, les changements d'état des unités d'occupation des terres, intervenus entre deux dates données (Schlaepfer, 2002, cité par Ouedraogo, 2016). Les lignes des matrices correspondent au nombre d'unités d'occupation du sol des années initiales. Les colonnes représentent le nombre d'unité des années finales. La matrice de transition s'obtient à partir des valeurs issues de la superposition des cartes d'occupation du sol entre deux dates, dans le logiciel de SIG ArcGIS (grâce à l'algorithme "Intersect polygons" de l'outil Geoprocessing). Le traitement se fait dans Excel. La matrice de transition permet de dire avec précision, comment une réduction/augmentation de la superficie d'une unité d'occupation donnée s'est faite au profit ou au détriment d'une autre unité. Elle est fréquemment utilisée dans l'analyse des changements de l'occupation du sol (Tankoano et al., 2016 ; Kpedenou et al., 2017). Les unités de la diagonale de la matrice correspondent à la superficie des zones stables, c'est-à-dire celles qui n'ont pas connu d'évolution entre les deux dates considérées (2000-2010 ; 2010-2020 et 2000-2020). Les unités de part et d'autre de la diagonale expliquent les changements. La lecture des changements se fait des lignes vers les colonnes.

### 3. Résultats

#### 3.1. Analyse de l'évolution du climat

L'analyse du graphique de l'indice standardisé des données de précipitations (Figure 3) recueillies au niveau de la zone d'étude au cours de la période (1980-2020), révèle une alternance entre les années de sécheresses et les années humides avec toutefois des épisodes secs de plus en plus longs (24 années sèches contre 17 années humides). La décennie 1980-1989 a été marquée par 6 années de pluviométries déficitaires. La décennie 2000-2009 quant à elle, a enregistré 8 années de déficits pluviométriques. On remarque également une période de 4 années d'humidité successives entre 2015 à 2018. En somme, sur une période de 41 années, 24 années de sécheresses ou de déficits pluviométriques ont été enregistrées ; soit, 18 années de sécheresses modérées et 6 années de sécheresses fortes.

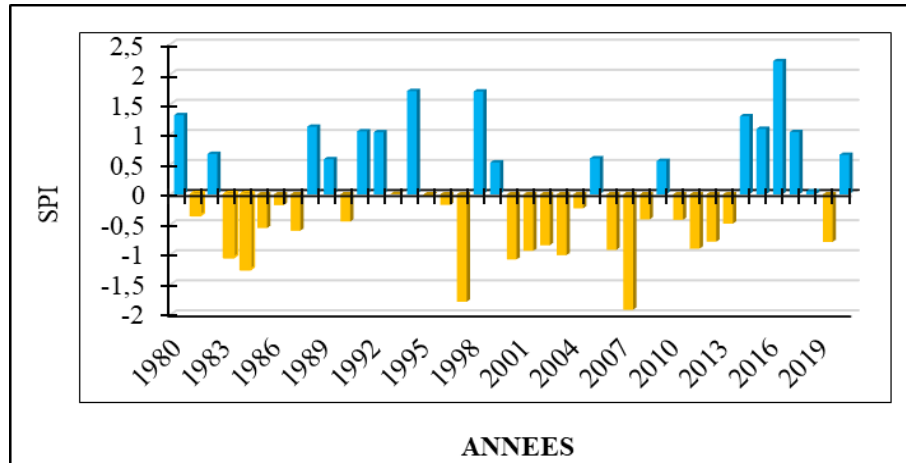


Figure 3 : Indice de précipitation standardisé de la commune de Kombissiri de 1980 à 2020.

### 3.2. Validation des classifications

Les résultats de la classification des images ont été validés en se basant sur les paramètres mesurables que sont les statistiques de la séparabilité entre les différentes classes, la matrice de confusion, et le coefficient de kappa. A cela s'ajoutent les observations de terrains et les images Google earth. La précision globale obtenue est de 98,25 % avec un coefficient de Kappa de 0,98 pour l'image de 2000 alors qu'elle est de 95,90 % pour l'image de 2010 avec un indice de Kappa de 0,95 et de 98,76 % pour l'image de 2020 pour un indice de Kappa de 0,98 (Annexe 1). Ces valeurs prouvent que plus de 95 % des pixels des trois images ont été correctement classés conformément aux données de vérité-terrain. De façon globale, les valeurs des différents indicateurs de précision de la classification supervisée obtenues pour les différentes images, traduisent d'une part, la bonne qualité des échantillons, et d'autre part, la bonne correspondance entre le résultat de la classification et la réalité spatiale contenue dans les images.

### 3.3. Résultats cartographiques de l'occupation du sol de 2000 à 2020

Les résultats issus de la classification supervisée des images Landsat ont permis d'aboutir aux différentes cartes d'occupation du sol de la Zone Pastorale de Gaongo-Sud pour les années 2000, 2010 et 2020 (Figure 4, 5 et 6). Au total, six unités d'occupation du sol ont été identifiées à l'issue des analyses : forêt galerie (FG), savane arborée (SA), savane arbustive (Sa), culture pluviale et territoire agroforestier (CTPA), sol nu (SN), et surface en eau (SE). Les habitats, par manque de clarté des images, n'ont pu être classifiés ; mais sur le terrain, nous avons remarqué leur présence à l'intérieur de la zone.



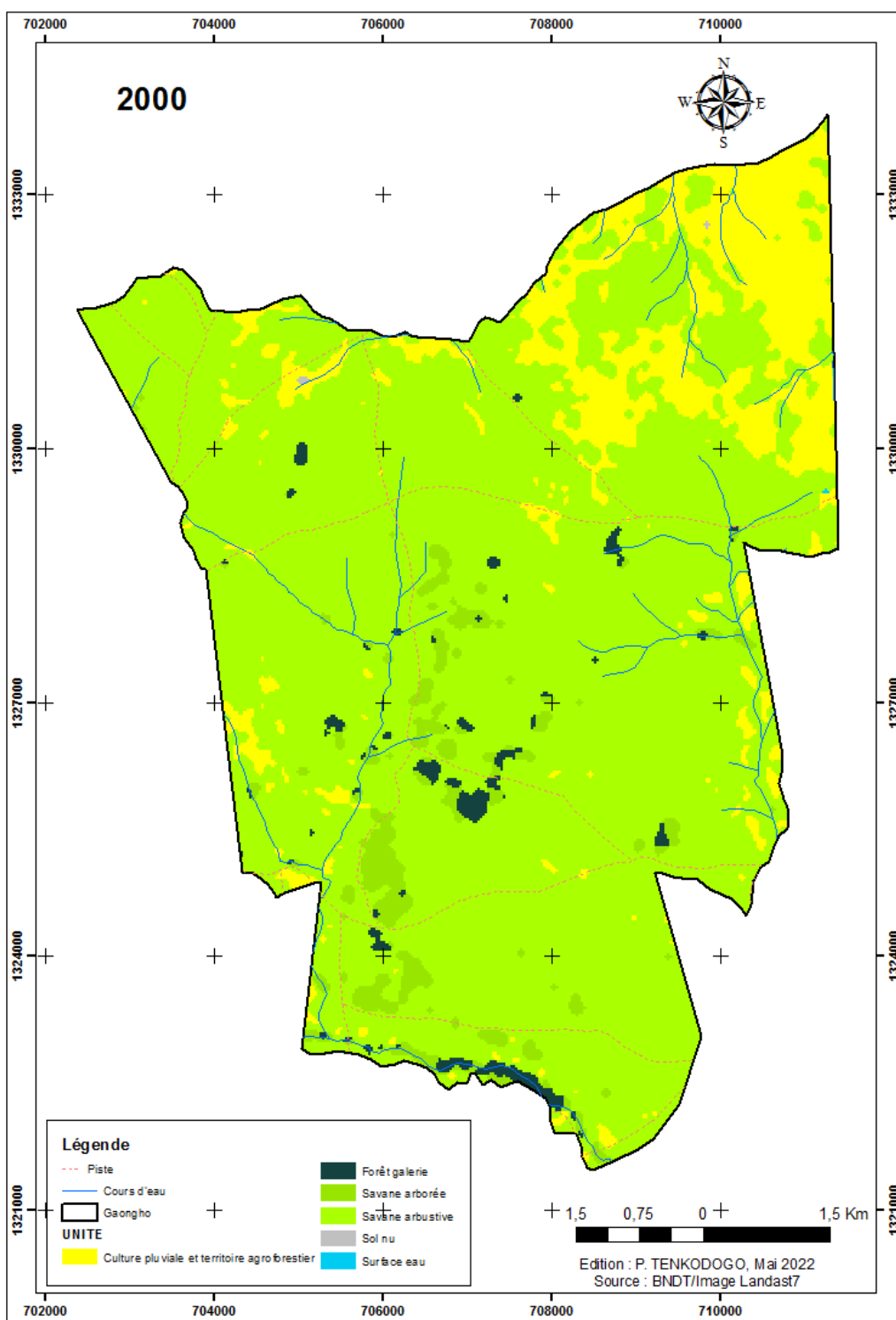


Figure 4: Occupation du sol de la Zone pastorale de Gaongo-sud en 2000

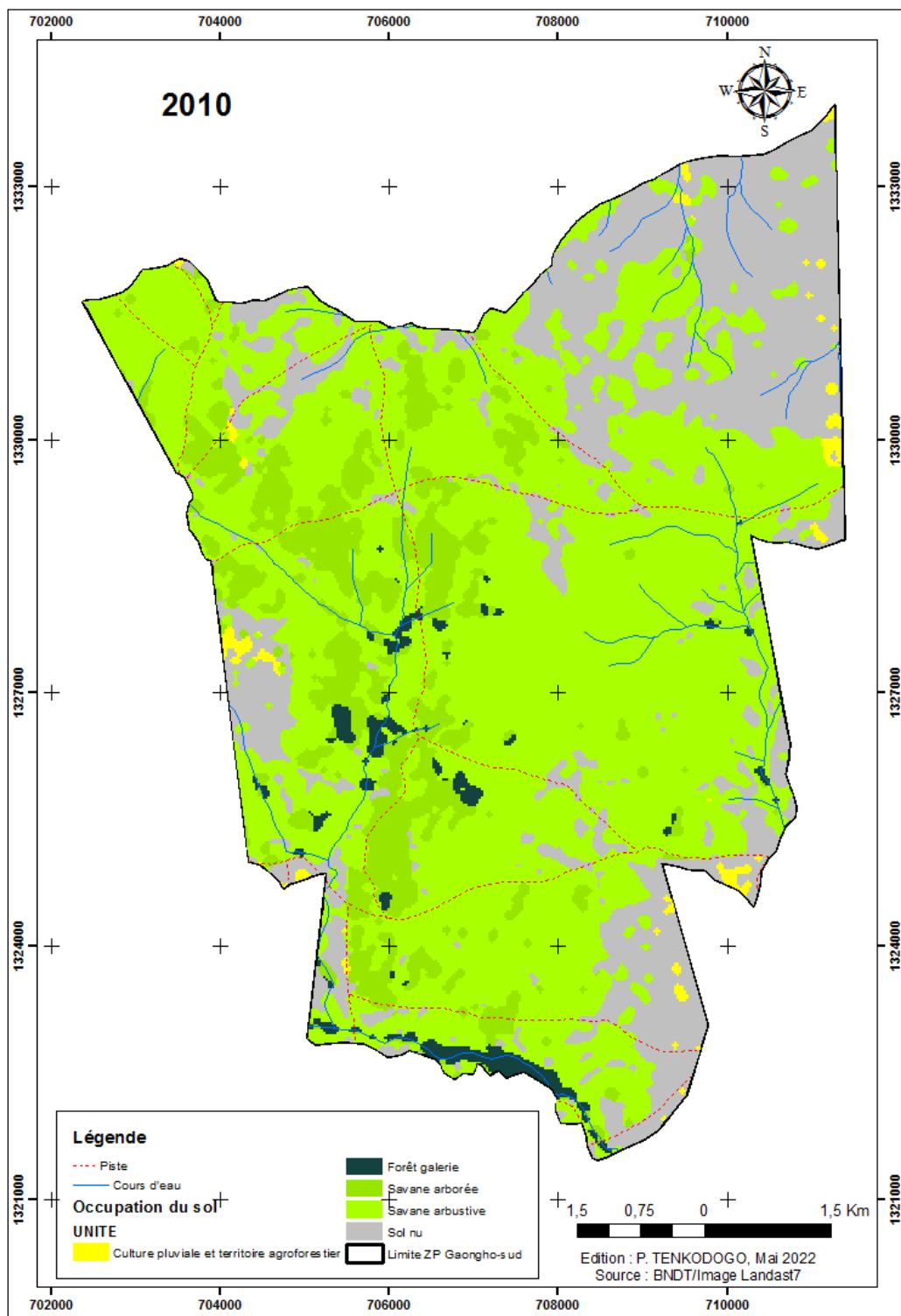


Figure 5 : Occupation du sol de la Zone pastorale de Gaongo-sud en 2010

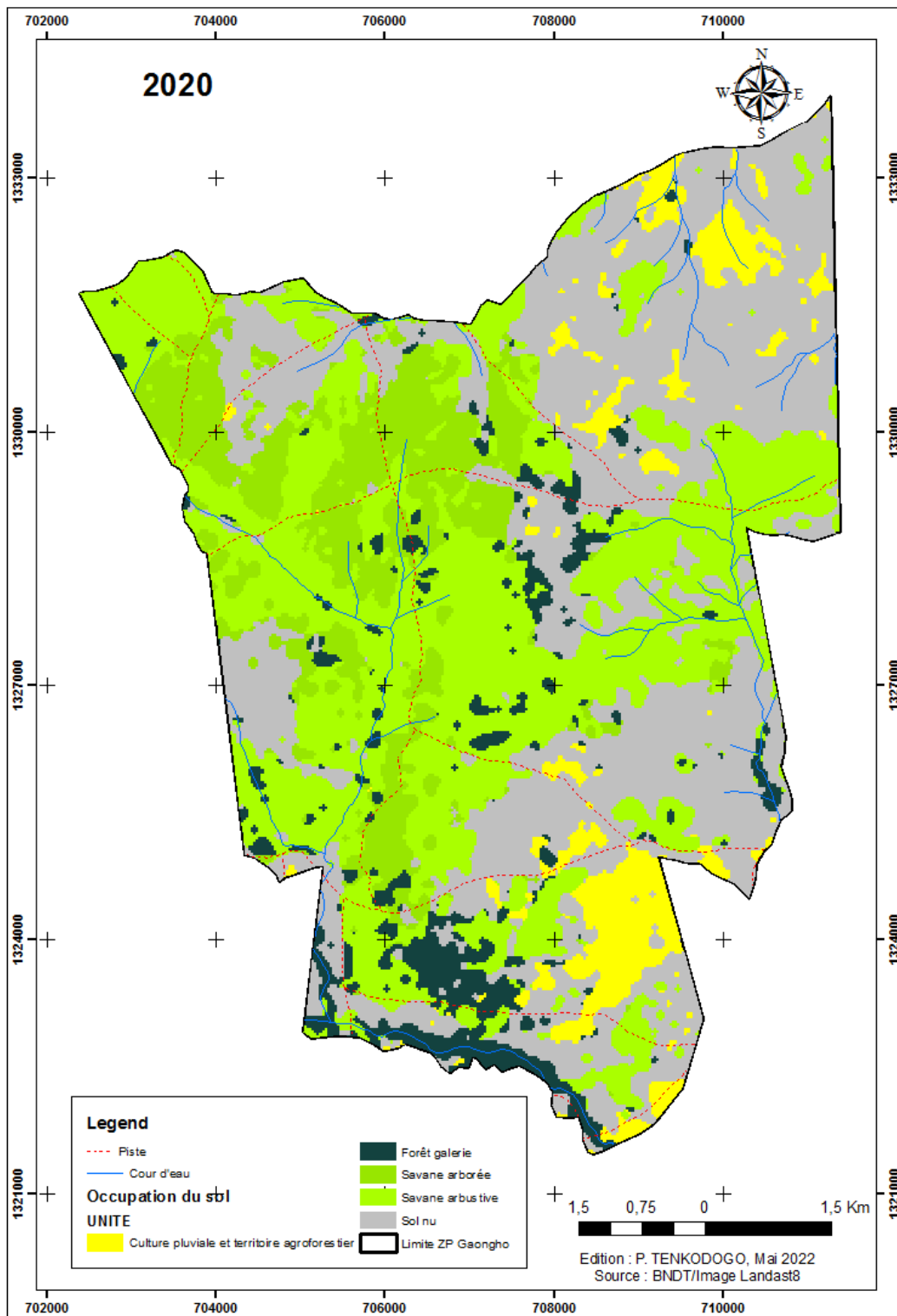


Figure 6 : Occupation du sol de la Zone pastorale de Gaongo-sud en 2020

L'analyse des trois cartes d'occupation montre :

-En 2000, la savane arbustive est prédominante et s'étend sur presque toute l'étendue dans la zone pastorale. Les zones de cultures sont essentiellement présentes dans la partie Nord-est et un peu aux abords de la zone pastorale (Figure 4). Dans ces zones où les cultures sont présentes, nous avons remarqué aussi, la présence de quelques habitations dispersées et tout autour de la zone pastorale (Photo 1).

-En 2010, la savane arbustive est toujours pratiquement dominante sur l'aire. Par contre, elle a régressé dans ses parties Est, Ouest et Sud (Figure 5) au profit des cultures et des sols nus. La même situation est observée au niveau de la savane arborée, marquée par une petite expansion de la classe savane arborée, observée surtout aux abords des cours d'eau de la zone.

-L'occupation du sol de la zone pastorale en 2020 est marquée par une expansion considérable des sols nus et des cultures au détriment de la savane arbustive (Figure 6) qui voit sa zone de couverture se réduire au fil du temps.

De manière générale, l'analyse des trois cartes montre une expansion des zones dépourvues d'espèces végétales (ligneux surtout) comme celle illustrées dans la Photo 2, et des terres agricoles au détriment de la végétation naturelle qui diminue de plus en plus. L'analyse de la dynamique d'occupation du sol donnera plus de précision sur l'occupation du sol dans la zone pastorale de 2000 à 2020.

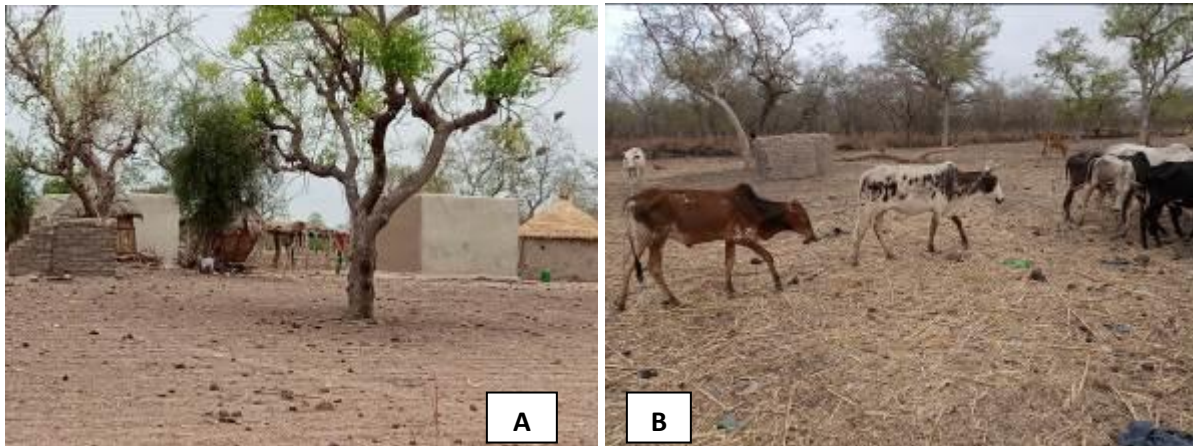


Photo 1 : Présence d'habitats (A) et de champs (B) à l'intérieur de la zone pastorale de Gaongo sud



Photo 2 : Présence de sols nus dans la zone pastorale de Gaongo sud

### 3.4. Dynamique des unités d'occupation du sol de la ZP de 2000 à 2020

L'analyse des résultats issus du traitement d'images satellitaires permet de mettre en évidence les changements intervenus entre les différentes périodes : 2000-2010 ; 2010-2020 et 2000-2020 (Tableau 2), à travers l'évolution de chaque unité d'occupation du sol dans la Zone Pastorale de Gaongo-Sud.

Selon la situation de l'occupation, les savanes arbustives occupaient la plus grande superficie de la zone pastorale en 2000 avec 5 289,09 ha soit 81,34% de la superficie totale, suivie des zones de cultures pluviales et territoires agroforestiers avec 884,03 ha soit 13,60% et de la savane arborée qui était de l'ordre de 242,14 ha soit 3,72%. Les sols nus représentaient 1,44 ha soit 0,02 % et la forêt galerie 85,33 ha soit 1,31% de la superficie totale de la ZPG-S. La surface en eau quant à elle était très faible et représentait environ 0,36 ha soit 0,01% de la superficie totale (Tableau 2).

Pour ce qui est de la situation en 2010 (Tableau 2), la superficie des zones de cultures a fortement diminué passant de 13,60% à 0,89% soit une superficie de 57,69 ha, et laissant la place aux sols nus qui ont connu une expansion en passant de 1,44 ha à 1582,64 ha soit 24,34% de la superficie en 2010. Aussi, on constate une régression de la savane arbustive qui passe de 81,34% à 61,27% de la superficie totale soit 3984,23 ha. Cependant, on constate une augmentation des superficies au niveau de la savane arborée et de la forêt galerie. On note une forte augmentation, plus du triple de la savane arborée (de 3,72% à 11,71%), soit une superficie d'environ 761 hectares de la superficie totale pendant que la forêt galerie connaît une légère augmentation de sa superficie passant de 1,39% à 1,79%, soit une superficie de 116,31 ha. Les surfaces en eau ont complètement disparu en 2010.

En 2020, on note de façon globale, la même dynamique de régression continue avec plus du tiers de la zone pastorale occupée par les sols nus (38,83%), soit 2525,17 ha et une diminution considérable de la végétation arbustive. Cette dernière passe de 81,34% à 35,36% soit 2299,05 ha. Par contre, on constate toujours un gain de superficie pour la savane arborée et la forêt galerie qui passent respectivement de 3,72% à 13,12 % soit 853,26 ha, et de 1,31% à 6,17% soit 401,03 ha de la superficie totale en 2020. On note également la disparition totale des surfaces en eau en 2020 (Tableau 2).

Tableau 2 : Evolution des unités d'occupation du sol de la zone pastorale de 2000 à 2020

Année	2000		2010		2020	
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)
CPTA	884,03	13,60	57,69	0,89	423,87	6,52
FG	85,33	1,31	116,31	1,79	401,03	6,17
SA	242,14	3,72	761,51	11,71	853,26	13,12
Sa	5289,09	81,34	3984,23	61,27	2299,05	35,36
SN	1,44	0,02	1582,64	24,34	2525,17	38,83
SE	0,36	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Totale</b>	<b>6502,38</b>	<b>100,00</b>	<b>6502,38</b>	<b>100,00</b>	<b>6502,38</b>	<b>100,00</b>

**Légende :** CPTA : Culture pluviale et territoire agroforestier ; FG :Forêt galerie ; SA : Savane arborée ; Sa : Savane arbustive ; SN : Sol nu et SE : Surface en eau.

### 3.5. Evolution moyenne annuelle des unités d'occupation dans la Zone Pastorale de Gaongo-sud entre 2000 et 2020

Le tableau 3 résume les différentes unités d'occupation du sol, leur taux moyen annuel d'expansion spatiale, et la situation de leur évolution (progression ou régression) durant les périodes qui séparent les années 2000-2010, 2010-2020 et 2000-2020. Les valeurs positives des taux d'évolution révèlent une augmentation, tandis que celles négatives montrent une diminution des superficies.

Entre 2000 et 2010, il y' a une augmentation des superficies initiales des classes d'occupations comme les sols nus +70,02 %, la forêt galerie +3,10 %, et la disparition de la classe surface en eau (-0,01 % en 2000). Cependant, les cultures pluviales et territoires agroforestiers et la savane arbustive, ont connu une régression respectivement de -27,29 % et -2,83 % par an de leur superficie initiale en 2000.

Pour la période 2010-2020, le tableau indique une diminution annuelle de l'ordre -5,5% pour la savane arbustive, alors qu'une augmentation moyenne annuelle respective de +19,94 %, +12,38 %, +1,14 % et +4,67 % est observée au niveau des culture pluviale et territoire agroforestier, forêts galerie, formations savaniques et des sols nus. Cette situation conduit globalement à une diminution des superficies des formations végétales au profit des champs et jachères et des sols nus.



Entre 2000 et 2020, d'après les résultats, on note que les formations de savanes arbustives ont régressé de l'ordre de -4,17 %, et celle des cultures pluviales et territoires agroforestiers ont régressé de l'ordre de -3,68 % l'année. Cependant, dans cette même période, on constate des progressions au niveau des unités telles que la Forêt galerie, la Savane arborée et les Sols nus respectivement avec +7,74 %, +6,30 % et +37,35 %.

L'analyse globale de l'évolution moyenne annuelle des unités de l'occupation des terres, révèle une tendance à la régression des zones de cultures entre 2000 et 2020 et une expansion des sols nus au détriment surtout des formations végétales (Tableau 3).

L'analyse des données statistiques des changements entre les classes d'occupation du sol de 2000 à 2020, donnera plus de précision sur la conversion des différentes unités d'occupation du sol dans la même période au niveau de la zone pastorale.

Tableau 3 : Evolution moyenne annuelle des unités d'occupation de la Zone Pastorale de Gaongo-sud entre 2000 et 2020

Période	Evolution 2000-2010	Evolution 2010-2020	Evolution 2000-2020
Unité	Taux d'évolution annuel (%)	Taux d'évolution annuel (%)	Taux d'évolution annuel (%)
CPTA	-27,29	+19,94	-3,68
FG	+3,10	+12,38	+7,74
SA	+11,46	+1,14	+6,30
Sa	-2,83	-5,50	-4,17
SN	+70,02	+4,67	+37,35
SE	0,00	0,00	0,00

**Légende :** CPTA : Culture pluviale et territoire agroforestier ; FG :Forêt galerie ; SA : Savane arborée ; Sa : Savane arbustive ; SN : Sol nu et SE : Surface en eau.

### 3.6. Evaluation des changements entre les classes d'occupation du sol de la ZP entre 2000 et 2020

Les analyses précédentes montrent des changements d'unités d'occupation entre 2000 et 2020. La matrice de transition qui est une méthode permettant de décrire de manière condensée, sous forme de matrice carrée, les changements d'état des éléments d'un système pendant une période donnée, nous a permis de voir la conversion de chaque unité d'occupation de la zone pastorale de Gaongo-sud entre la période 2000 à 2020. Cette matrice ne contient pas d'informations sur la distribution spatiale des changements ni sur leurs causes, mais tient uniquement compte des états initiaux et finaux des éléments. Le tableau 4 nous fait une synthèse des conversions des différentes unités d'occupation du sol en hectare des périodes de 2000-2010, 2010-2020 et 2000-2020.

Tableau 4 : Matrice de transition des unités d'occupation (ha) de la zone pastorale de 2000 à 2020

		UNITES 2010						
	UNITE 2000	CPTA	FG	SA	Sa	SN	SE	Total 2000
UNITES 2000	CPTA	22,66	0,00	0,18	131,82	729,37	0,00	884,03
	FG	0,00	40,56	7,15	37,62	0,00	0,00	85,33
	SA	0,45	39,28	141,06	60,23	1,13	0,00	242,14
	Sa	34,58	36,48	613,39	3754,11	850,52	0,00	5289,09
	SN	0,00	0,00	0,00	0,00	1,44	0,00	1,44
	SE	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,36
	<b>Total 2010</b>	57,69	116,31	761,78	3984,14	1582,46	0,00	6502,38
		UNITES 2020						
	UNITE 2010	CPTA	FG	SA	Sa	SN	SE	Total 2010
UNITES 2010	CPTA	10,37	0,79	4,22	5,69	36,62	0,00	57,69
	FG	0,09	63,39	3,15	49,23	0,45	0,00	116,31

SA	3,51	86,35	401,38	254,75	15,80	0,00	761,78	
Sa	124,07	242,50	434,26	1895,73	1287,59	0,00	3984,14	
SN	285,83	8,01	10,26	93,64	1184,71	0,00	1582,46	
Total 2020	423,87	401,03	853,26	2299,05	2525,17	0,00	6502,38	
<b>UNITES 2020</b>								
	<b>UNITE 2000</b>	<b>CPTA</b>	<b>FG</b>	<b>SA</b>	<b>Sa</b>	<b>SN</b>	<b>SE</b>	<b>Total 2000</b>
UNITES 2000	CPTA	115,09	3,69	1,08	49,95	714,22	0,00	884,03
	FG	0,00	34,84	1,44	49,05	0,00	0,00	85,33
	SA	1,26	73,26	59,75	101,61	6,26	0,00	242,14
	Sa	307,51	289,25	790,99	2098,08	1803,26	0,00	5289,09
	SN	0,00	0,00	0,00	0,00	1,44	0,00	1,44
	SE	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,36
	Total 2020	423,87	401,03	853,26	2299,05	2525,17	0,00	6502,38

**Légende :** CPTA : Culture pluviale et territoire agroforestier ; FG : Forêt galerie ; SA : Savane arborée ; Sa : Savane arbustive ; SN : Sol nu et SE : Surface en eau.

L'analyse de la matrice de transition entre 2000 à 2010, montre que 861,37 ha des 884,03 ha de la superficie de l'aire occupée par les cultures pluviales et territoires agroforestiers se sont transformés en d'autres unités d'occupation, contre seulement 22,66 ha demeurés inchangés. Les premiers bénéficiaires de cette conversion sont les sols nus et les savanes arbustives avec respectivement 729,37 ha et 131,82 ha, ainsi que la savane arborée avec 0,18 ha. Il faut relever qu'au niveau de la forêt galerie, malgré que 40,54 ha de ses 85,33 ha soient restés sans changement, elle a subi une importante transformation avec 37,62 ha de sa superficie qui se sont transformées en savane arbustive et 7,15 ha en savane arborée. La savane arborée, apparue du fait de la disparition de la forêt galerie, a également subi une importante transformation en perdant 39,28 ha au profit de la forêt galerie, 60,23 ha au profit de la savane arbustive, ainsi que 1,13 et 0,45 % respectivement au profit des sols nus et des cultures pluviales entre 2000 et 2010. Plus de la moitié de sa superficie soit 141,06 ha, est restée inchangée sur le total de 242,14 ha de cette unité d'occupation. Une autre classe d'occupation des terres à avoir subi d'importantes transformations, est celle qui représente la savane arbustive. Si plus de la moitié de la superficie totale soit 3754,11 ha est resté inchangée, une bonne partie a été cependant convertie en d'autres unités soit 850,52 ha pour les sols nus, 613,39 ha pour la savane arborée, 36,48 ha pour la forêt galerie et 34,58 ha qui ont évolué vers les formations de cultures pluviales.

La matrice de transition de 2010 à 2020, montre que seulement 10,37 ha des cultures pluviales sont restés sans changement en 2020 ; pendant que 47,32 ha ont subi une conversion vers d'autres classes dont 36,62 ha pour les sols nus, 5,69 ha pour les savanes arbustives, 4,22 ha pour la savane arborée et 0,79 ha pour les forêts galeries. Les formations de forêt galerie ont conservé 63,39 ha de leur superficie de 2010 à 2020, contre 49,23 ha qui se sont transformés en savane arbustive, 3,15 ha en savane arborée, 0,45 ha en sol nus et 0,09 ha en cultures pluviales. Pour ce qui est de la superficie de la savane arborée entre 2010 et 2020, on note une conservation de 401,38 ha sur les 761,78 ha contre une transformation de 254,75 ha au profit de la savane arbustive, 86,35 ha au profit de la forêt galerie, 15,80 ha au profit des sols nus et 3,51 ha au profit des cultures pluviales. Le plus fort taux de conversion se retrouve au niveau de la savane arbustive avec 1895,73 ha de superficie sans changement sur 3984,14 ha contre 1287,59 ha qui ont été transformés en sols nus. On note également que 124,07 ha, 242,50 ha et 434,26 ha ont muté respectivement en cultures pluviales, forêts galerie et savane arborée. Les sols nus quant à eux ont conservé plus de la moitié de leur superficie, soit 1184,71 ha sur 1582,46 ha dans la même période et ont perdu 285,83 ha, 93,64 ha, 10,26 ha et 8,01 ha respectivement au profit des cultures pluviales, la savane arbustive, la savane arborée et la forêt galerie.

Entre 2000 et 2020, on constate que sur les 884,03 ha qu'occupaient les cultures pluviales et territoire agroforestier, seuls 115,09 ha sont restés intacts ; 714,22 ha sont convertis en sols nus ; 49,95 ha en savane arbustive ; 1,08 ha en savane arborée et 3,69 ha en forêt galerie. Au niveau des forêts galeries, 49,05 ha ont été transformés en savane arbustive, 1,44 ha en savane arborée et 34,84 ha sont restés stables. Pour les savanes arborées, sur 242,14 ha d'occupation, 101,61 ha se sont transformés en

savane arbustive, 6,26 ha en sols nus et 1,26 en cultures pluviales pendant que 73,26 ha sont devenus de la forêt galerie et 59,75 ha qui sont restés sans changement. L'installation des sols nus et des cultures pluviales s'est faite au détriment de la savane arbustive, soit respectivement 1803,26 ha et 307,51 ha pour 5289,09 ha de superficie totale entre 2000 et 2020. On remarque aussi un gain au niveau des savanes arborées soit 790,99 ha, et forêts galerie soit 289,25ha. La superficie conservée de la savane arbustive est 2098,08 ha. Par ailleurs, pour cette même période, on remarque une transformation des surfaces en eau en savane arbustive soit 0,36 ha.

De façon globale, entre 2000 et 2020, les sols nus et les zones de cultures, ont pris de l'ampleur au détriment des formations végétales, soit une superficie de 2 949,04 ha sur un total de 6502,38 ha de la zone pastorale, et représente environ 45,35% de sa superficie.

#### **4. Discussion**

La zone pastorale de Gaongo-sud a connu des changements majeurs au niveau de l'occupation du sol entre 2000 et 2020. Le fait marquant, est l'expansion des zones de sols nus et des terres agricoles, et une diminution considérable de la végétation naturelle surtout la savane arbustive, même si celle arborée et la forêt galerie ont connu quelques progressions entre 2010 et 2020 avec quelques îlots de végétation surtout à côté des cours d'eaux. On remarque également une absence des surfaces en eau après 2000. En l'espace de deux décennies, on a noté une dégradation importante de la couverture végétale, surtout arbustive au profit des zones nues et des champs. La régression importante de la savane arbustive est consécutive à l'augmentation des zones de culture et sols nus entre 2000 et 2010, et illustre bien la forte pression anthropique sur la zone pastorale de Gaongo-sud. Sur le terrain, nous avons remarqué que cette zone pastorale qui n'est pas censée contenir des activités agricoles, abrite des champs et même des habitats (Annexe 3 et 4), signes de ces occupations anarchiques qui sont en train de grignoter au fur et à mesure l'espace pastorale (Cf. Photo 1). Ces résultats sont conformes avec ceux de Dipama (2009), Sanon (2019), et Zerbo (2021), qui ont fait les mêmes constats d'anthropisation au Burkina Faso respectivement dans le Parc National Kabore Tambi (PNKT) et au Sud-ouest du département de Guiaro, dans la région du Sud-ouest (forêt classée de Koulbi), et dans la zone pastorale de Guiaro, région du Centre Sud. La coupe du bois pourrait justifier l'augmentation considérable de la superficie des zones nues en l'espace de 20 ans qui occupent, 2525,17 ha soit 38,83% de la superficie totale de la zone (Tableau 2). La zone pastorale de Gaongo-Sud, en plus d'être pastorale, fait partie du chantier d'aménagement du Nakambé, qui a une vocation sylvicole pour la production du bois de chauffe. En effet, selon MEEVCC (2017), l'analyse de la production totale du bois dans la zone entre 2010 et 2015 a été de 137 305 stères, dont 56 337 stères pour le bois vert et de 80 968 stères pour le bois mort. En outre, cette production, serait supérieure à celle prévue par le Plan d'Aménagement et de Gestion (PAG) pour la période considérée qui était de 92 158 stères de bois (MEEVCC, 2017). Cette situation pourrait expliquer la dégradation accélérée de la zone par la transformation des formations arbustives en sols nus entre 2010 et 2020. Les ressources sont exploitées sans respect des parcelles annuelles de coupe et des diamètres de pré comptage, et de la possibilité par contenance. A cela, s'ajoute le non-respect des textes en vigueur. Ainsi, sur la période 2010 à 2020, même si nous remarquons une régression de la superficie des champs, le constat est que la superficie des zones nues a dépassé le tiers de la superficie totale de la zone. Cette situation pourrait aussi s'expliquer par plusieurs facteurs comme le creusage et le ramassage des agrégats, le surpâturage, l'augmentation anarchique des pistes automobiles à la recherche d'agrégats dans la zone pastorale, l'insuffisance d'actions de protection et de restauration des zones coupées, l'émondage des arbustes et la transformation progressive des espaces agricole en zones nues, en raison probablement d'une exploitation intensive du sol sans pratique de jachère par manque de terres de culture (Photo 2). Ce qui a conduit inéluctablement à sa dégradation. Les phénomènes, en particulier la coupe et l'émondage, ont pu être accélérés avec l'installation des habitats autour de la zone. La régression importante de la savane arbustive au profit des zones de culture et sols nus entre 2000 et 2010, illustre bien la forte pression anthropique sur la zone pastorale de Gaongo-sud. Cette régression pourrait être liée surtout à la coupe du bois de chauffe pour les ménages environnants et celles des villes comme Kombissiri et Ouagadougou ; aux défriches pour l'agriculture due à l'explosion démographique d'une part et une demande croissante des terres agricoles d'autre part ; au creusage et le ramassage des agrégats, au surpâturage, ainsi qu'à l'insuffisance d'actions de protection et de restaurations des zones coupées. En effet, la population de la commune de Gaongo est passée de 25 149 habitants en 2006 (INSD, 2006) à 35 765 habitants au dernier recensement de 2019 (INSD, 2022), soit une augmentation de

29,68% en 13 ans. A cela s'ajoute les mauvaises pratiques agricoles (défrichement incontrôlé, culture extensive, le développement des cultures de rente comme le coton), qui impactent négativement sur les ressources naturelles. La régression des surfaces en eau peut s'expliquer par l'installation des activités agricoles au niveau des berges des retenues d'eau, entraînant ainsi leur ensablement et diminuant ainsi les capacités de stockage des retenues d'eaux pendant une longue durée. Toutefois, cette pression anthropique ne serait pas la seule responsable de la dégradation du couvert végétal. La zone pastorale à l'instar des formations naturelles du Burkina Faso, est confrontée de plus en plus aux effets néfastes des changements climatiques, notamment la diminution et la perturbation du calendrier de la pluviométrie qui impacte sur la régénération des espèces végétales (Figure 3). L'analyse du graphique de l'indice de précipitation standardisé de la commune de Kombissiri de 1980 à 2020 montre l'alternance des saisons sèches et humides tout au long de la période d'étude. En effet, on remarque une accentuation des années sèches entre 2000 et 2012 ; cela peut expliquer le faible taux d'expansion agricole entre 2005 et 2020, et le fort taux de dégradation des ressources naturelles. Aussi, le contexte du milieu naturel de la zone pastorale favoriserait cette dégradation des ressources végétales. En effet, le milieu naturel est dans son ensemble défavorable : carence des sols en éléments minéraux (phosphore, calcium, zinc, azote, etc.), régime hydrique déficitaire, grande variabilité du climat dans le temps et dans l'espace. Ces éléments ont une incidence négative sur les quantités et les qualités aussi bien des espèces ligneuses que du fourrage disponible (MEEVCC, 2017). Aussi, ces résultats sont confirmés par ceux de Agbanou *et al.*, (2019), Mamane *et al.*, (2018) rapportés respectivement au Nord-Ouest du Bénin et à l'Ouest du Niger. Ainsi, le phénomène de dégradation du couvert végétal est préoccupant au niveau des zones pastorales du Burkina Faso, et notamment dans la Zone Pastorale de Gaongo-Sud dont les causes relèvent d'une combinaison de facteurs climatiques et anthropiques.

## 5. Conclusion

La présente étude a permis d'obtenir des cartes d'occupation du sol des années 2000, 2010 et 2020, d'évaluer la dynamique spatio-temporelle de chaque unité d'occupation du sol et de déterminer et évaluer l'évolution moyenne annuelle des unités d'occupation ainsi que les changements entre les différentes classes d'occupation du sol de la zone pastorale de Gaongo-Sud de 2000 à 2020. Il ressort de ces résultats, que la zone pastorale de Gaongo-sud est confrontée à une dégradation de ses ressources, qui se traduit par une forte réduction de la superficie des savanes arborées (-101,61 ha) au profit des savanes arbustives, et également par la transformation des savanes arbustives en des sols nus (-1 803,26 ha) et des cultures pluviales (-307,51 ha) sur la période 2000-2020. Sur cette même période, le constat de la dégradation est observé au niveau des ressources en eau. Cette dégradation des ressources pastorales menace sérieusement l'activité du pastoralisme dans la zone d'étude. Ces résultats permettent de tirer la sonnette d'alarme à l'endroit des autorités en charge de la zone pastorale qui se doivent de développer des initiatives de gestion concertée et inclusive, d'activités de cultures fourragères et de récupérations des terres dégradées, gage d'un développement de l'activité pastorale dans cette localité.

## Remerciements

Les auteurs remercient les populations environnantes de la zone pastorale de Gaongo-Sud, le personnel déconcentré des services techniques de l'élevage, de l'agriculture et de la foresterie pour leur franche collaboration. Nous restons redevables aux évaluateurs anonymes dont les critiques et suggestions ont permis d'améliorer cet article.

## Références

Agbanou B.T., OREKAN V., PAEGRLOT M., TENTE B., DJAFAROU A., 2019. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol en zone d'agriculture extensive : cas du secteur Natitingou-Boukoumbe au nord-ouest du Bénin. *mélanges en hommage aux*

*professeurs thomas omer, houssou sègè christophe et houndaga cossi jean. la géographie au service du développement durable*, sep 2018, abomey-calavi, bénin. pp.22-34. [\(hal-02092545\)](#)

- Amadou B., BOUTRAIS J., 2012. Logiques pastorales et de conservation de la nature : les transhumances et le parc du W (Niger, Burkina Faso, Bénin). *Press. Sci. Po* 1, 55–75. <https://doi.org/DOI 10.3917/autr.060.0055>
- Denis A., 2016. Travaux Pratiques de télédétection spatiale (SIG): Initiation à ArcGIS, Arlon Campus Environnement, Université de Liège, Belgique, 94p.
- Dipama J.M., 2009. Les risques de dégradation des écosystèmes liés à la culture du coton au Burkina Faso : le cas du parc national de Pô. *Revue de l'Université de Moncton* 40(2). 29. <https://doi.org/10.7202/1001387ar>
- Djohy G.L., SOUNON B.B., 2020. Mobilité pastorale et ses dynamiques spatiotemporelles dans la commune de Tchaourou au Bénin. *Annales de l'Université de Moundou*, 7(3) : 6–28.
- Fontes J., Guinko S., 1995. Carte de la végétation naturelle et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Université de Toulouse, Université de Ouagadougou, 67p.
- Gonin A., 2016. Les éleveurs face à la territorialisation des brousses : repenser le foncier pastoral en Afrique de l'Ouest. *Armand Colin, Annales de géographie* 1, 28–50. <https://doi.org/DOI 10.3917/ag.707.0028>
- INSD 2022. Cinquième Recensement Général de la Population et de l'Habitation du Burkina Faso, 384p.
- INSD 2006. Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation du Burkina Faso, 52p.
- Issiaka N.T., Arouna O., Imorou I.T., 2016. Cartographie de la Dynamique Spatio-temporelle des parcours naturels des troupeaux transhumants dans les Communes de Banikoara et de Karimama Au Benin (Afrique De L'ouest). *European Scientific Journal* 12, 251–268.
- Kouassi K.J.-L., 2014. Suivi de la dynamique de l'occupation du sol à l'aide de l'imagerie satellitaire et des Systèmes d'Informations Géographiques : cas de la direction Régionale des Eaux et Forêts de Yamoussoukro (cote d'ivoire). Diplôme d'Agronomie Approfondie (DAA) Option : Eaux et Forêts. Ecole Supérieure d'Agronomie (ESA) Institut National polytechnique (COTE D'IVOIRE), 52p.
- Kpedenou D.K., Drabo O., Ouoba P.A., Da D.E.C., Tchamie K.T.T., 2017. Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire OUATCHI au sud-est Togo entre 1958 et 2015. *Cah. CERLESHS Press. Univ.*, 23, 203–227.
- Latour F., 2017. Méthode d'identification Semi-automatique des potentielles friches agricoles Calvados par télédétection (Mémoire de Master). Université de Lyon, France, 78p.
- Mamane B., Amadou G., Barage M., Comby J., Ambouta J.M.K. 2018. Dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans la Réserve Totale de Faune de Tamou dans un contexte de la variabilité climatique (Ouest du Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12 :1667–1687.
- Ministère de l'Environnement, de l'Economie Verte et du Changement Climatique 2007. Programme d'Action Nationale d'Adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA du Burkina Faso), 84p.
- Ministère de l'Economie et des Finances 2009. Monographie de la région du Centre-sud. Région du Centre Sud Burkina Faso, 196p.
- Ministère de l'Environnement, de l'Economie Verte et du Changement Climatique 2017. Avant-projet de plan d'aménagement et de gestion du chantier d'aménagement forestier du Nakambé dans la région du Centre Sud, Burkina Faso, 101p.
- Mouzouri M., Irzi Z., Brahimi A., 2016. Etude de la dynamique de l'occupation du sol da la plaine côtière de SAÏDIA (Littoral Méditerranéen du Nord-Est du Maroc) Durant la période 2001-2009. Colloque International des utilisateurs du SIG, Oujda, Maroc, pp. 287–292.
- ONF-BF 2017. Problématique de la Sécurisation des Zones Pastorales au Burkina Faso : Etat des lieux, enjeux et défis. Ministère des Ressources Animales et Halieutiques, Burkina Faso, 75p.
- Robert É., 2010. Les zones pastorales comme solution aux conflits agriculteurs / pasteurs au Burkina Faso : l'exemple de la zone pastorale de la Doubégué, 26p.
- Sanon Z., 2019. Dynamique de l'occupation du sol et diversité floristique ligneuse de la végétation de la forêt classée de Koulbi dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. Thèse de



- doctorat de l'Université Nazi Boni, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 132p.
- Sanou K.M., 2021. Analyse spatio-temporelle de la dégradation des ressources forestières dans la commune urbaine de Bobo Dioulasso au Burkina Faso. Mémoire de Master professionnel, Institut Panafricain pour le Développement Région Afrique De l'Ouest Et Sahel, Ouagadougou, Burkina Faso, 73p.
- Sbai A., Lasгаа H., Sabri M., 2016. Contribution de la télédétection dans l'étude et l'évolution spatiotemporelle du couvert végétal : cas du couloir de TAOURIRT – EL AOUN et ses bordures montagneuses (Maroc oriental). 3<sup>ème</sup> Edition du Colloque International des utilisateurs du SIG, Maroc, Oujda les 22 et 23 novembre 2016, Oujda, Maroc, pp. 245–250.
- Sieza Y., Gomgnimbou P.K.A., Serme I., Belem A. 2019. 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* 13(4) :1980-1994.
- Soro G., Ahoussi EK., Kouadio E.K., Soro T.D., Oulare S., Saley M.B., Soro N., Biemi J., 2014. Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire). *Afrique Science* 10(3) :146-160.
- Tabeliouna M., Kaddour H., Zeroual I., 2016. Cartographie par imagerie satellitale et discrimination lithologique du complexe magmatique d'ANNA (EGLAB, dorsale REGUIBAT, Sud-Ouest Algérien). Presented at the Colloque International des utilisateurs du SIG, Oujda, Maroc, 263–268.
- Tankoano B., Hien M., Dibi N.H., Sanon Z., Akpa Y., Sokeng, J.V., Somda I. 2016. Cartographie de la dynamique du couvert végétal du Parc National des Deux Balé à l'Ouest du Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 16, 837–846.
- Wiederkehr E., 2013. Apports de la géomatique pour une caractérisation physique multi-échelle des réseaux hydrographiques : Élaboration d'indicateurs appliqués au bassin du Rhône. Thèse de doctorat. Lyon, Lyon, France.
- Yougbare R., 2018. Impact du Changement Climatique et des pratiques pastorales sur la dynamique de dégradation des ressources fourragères au Burkina Faso : cas de la zone pastorale de SONDRE-EST Mémoire de Master Professionnel en Pastoralisme, Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger, 54p.
- Zerbo F., 2021. Adaptation des éleveurs face à la pression d'occupation des zones pastorales : cas de la zone pastorale de GUIARO au Burkina Faso. Mémoire de Master en Pastoralisme, Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger, 46p.

## Annexes

Annexe 1 : Matrice de confusion de la classification et précision globale de l'Indice Kappa

Les résultats de la classification des images Landsat

La synthèse des résultats des matrices de confusion des trois classifications Images	Précision globale	Coefficient de Kappa
--	-------------------	----------------------

Capteur ETM+ 2000	98,25 %	0,98
Capteur TM 2010	95,90 %	0,95
Capteur OLI-TIRS 2020	98.76 %	0,98

Le coefficient ou indice Kappa (I) est :

Excellent quand il est  $> 0,81$  ;

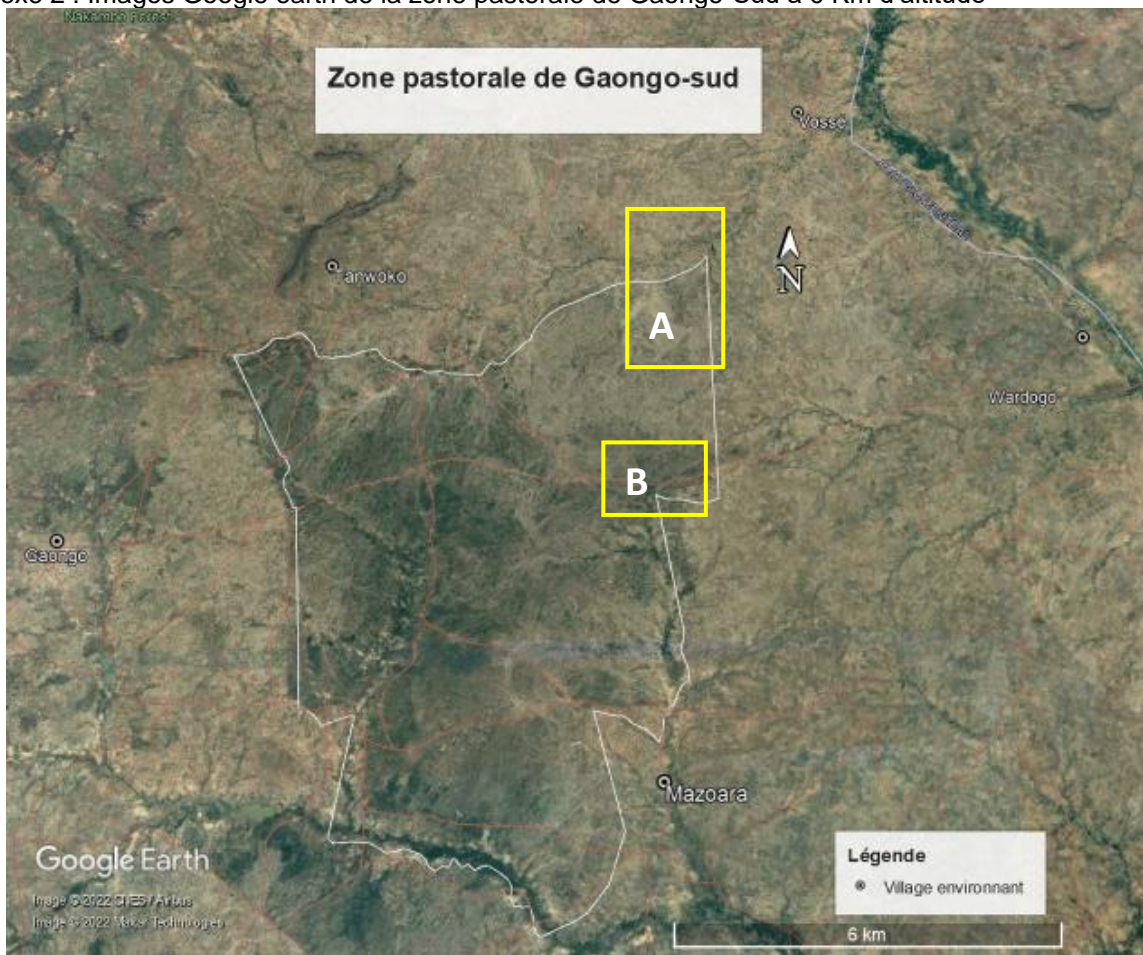
Bon quand il est compris entre 0,80 et 0,61 ;

Modéré quand il est compris entre 0,60 et 0,21 ;

Mauvais quand il est compris entre 0,20 et 0,0 ;

Très mauvais quand il est  $< 0,0$ .

Annexe 2 : Images Google earth de la zone pastorale de Gaongo-Sud à 6 Km d'altitude



Annexe 3 : Images Google earth à 100 m d'altitude montrant la présence de champs dans la portion (A) de la ZP de Gaongo-Sud

