

# RECOMPOSITION SPATIALE ET L'INVASION DES ESPECES ARBORICOLES FRUITIERES DANS LA COMMUNE DE KANGALA AU BURKINA FASO.

Diakalya TRAORE<sup>1</sup>, Blaise OUEDRAOGO<sup>2</sup>, Adama KEKELE<sup>1</sup>, Yélézouomin Stéphane Corentin SOME<sup>1,3</sup>, Dapola Evariste Constant DA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Dynamique des Espaces et Sociétés / Université Joseph KI-ZERBO, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso,

<sup>2</sup> Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Cellule de Télédétection et d'Information Géographique (CTIG) 01 BP 476 Ouagadougou, Burkina Faso,

<sup>3</sup>Laboratoire de recherche en Sciences-Humaines / Université Norbert ZONGO, BP 376 Koudougou / Laboratoire Dynamique des Espaces et Sociétés, Université Joseph KI-ZERBO, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

*ziediakalyatraore@gmail.com*

## Résumé

*Le regain d'intérêt pour l'arboriculture fruitière suite à l'avènement de l'économie marchande et à l'instabilité du prix du coton a entraîné un foisonnement des superficies des agrumes, des vergers de manguiers et des anacardiés dans la commune de Kangala. C'est pourquoi, l'objectif de la présente recherche est de cartographier les mutations d'occupations des terres et d'analyser l'invasion des espèces arboricoles fruitières dans la commune de Kangala au Burkina Faso. Pour ce faire, une méthodologie basée sur l'exploitation d'images Landsat afin d'analyser la dynamique d'occupation des terres et une approche écologique ayant pour but d'évaluer la diversité floristique de la commune ont été adoptées. L'inventaire floristique des espèces ligneuses a été réalisé sur 40 relevés de 1000 m<sup>2</sup> pour les formations ripicoles et 2500 m<sup>2</sup> pour les autres strates végétales. Les résultats attestent une forte pression anthropisation sur les ressources naturelles. De 18,57 % en 1990, la superficie des champs est passée à 22,18 % en 2018. La superficie des vergers a suivi la même dynamique évolutive en passant de 10,68 % en 1990 à 35,32 % en 2018. Tandis que les formations ripicoles, les savanes, les plans d'eau et les zones nues ont respectivement régressé de 4,76 % ; 63,76 % ; 0,23 % et de 2 % en 1990 à 2,22 % ; 40,14 % ; 0,02 % et à 0,13 % en 2018. La richesse spécifique est de 167 espèces appartenant à 106 genres réparties en 41 familles. Les quatre principales familles qui colonisent le cortège végétal sont les Mimosaceae (12,57 %), les Combretaceae (10,77 %) et les Cesalpiniaceae (7,78 %). Le cortège végétal est en voie d'invasion par les espèces exogènes comme Citrus limon (11,85 %), de Citrus sinensis (12,5 %), Citrus grandis (15 %), Mangifera indica (25 %) et par Anacardium occidentale (85 %).*

**Mots clés :** Arboriculture fruitière, recomposition spatiale, invasion, Kangala, Burkina Faso.

## Abstract

*The resurgence of interest in fruit arboriculture following the advent of the market economy and the instability of the price of cotton has led to a proliferation of areas of citrus fruits, mango orchards and cashew trees in the municipality of Kangala. For this reason, the objective of this research was to map changes land use and to analyze the invasion of fruit tree species in the commune of Kangala in Burkina Faso. To do this, a methodology based on the exploitation of Landsat images to analyze the dynamics of land use and an ecological approach to assess the floristic diversity of the commune was adopted. The floristic inventory of woody species was carried out on 40 surveys of 1000 m<sup>2</sup> for river formations and 2500 m<sup>2</sup> for other plant strata. The results show a strong anthropization of the commune. From 18.57% in 1990, the area of the fields increased to 22.18% in 2018. Orchard area followed the same evolutionary trend from 10.68% in 1990 to 35.32% in 2018. While river formations, savannas, bodies of water and bare areas declined by 4.76%; 63.76%; 0.23% and 2% respectively in 1990 to 2.22%; 40.14%; 0.02% and 0.13% in 2018. The species richness is 167 species belonging to 106 genera divided into 41 families. The four main families that colonize the plant procession are Mimosaceae (12.57%), Combretaceae (10.77%) and Cesalpiniaceae (7.78%). The plant procession is being invaded by exogenous species such as Citrus limon (11.85%), Citrus sinensis (12.5%), Citrus grandis (15%), Mangifera indica (25%) and Western Anacardium (85%).*

**Keywords:** Fruit growing, spatial recomposition, invasion, Kangala, Burkina Faso

## Introduction

La dynamique d'occupation des terres liée à l'agriculture et au pastoralisme constitue une menace pour les ressources naturelles en Afrique Occidentale (Bouko et al., 2007 : 221). Elle préside à la réduction des paysages naturels, (Kaboré et al., 2019 : 13517), à la fragmentation des habitats (Ouédraogo et al., 2015 : 2728). Elle influe également sur le cycle biogéochimique, le réchauffement global, sur l'érosion des sols (Ouattara et al., 2006 : 291; Traoré et al., 2020 : 619). Les impacts des changements d'utilisation des terres s'inscrivent alors au centre des problématiques actuelles du développement durable notamment dans les pays où l'économie repose essentiellement sur le secteur primaire (Saad, 2010 : 1).

Au Burkina Faso l'agriculture et l'élevage constituent les principales activités socio-économique (Ouédraogo et al., 2015 : 2728). Ils procurent emploi et revenu à près de 80 % de la population, ce qui entraîne une dépendance de celle-ci vis-à-vis de la ressource terre. Ainsi, la croissance démographique rapide stimule-t-elle une évolution de l'occupation des terres (Yaméogo et al., 2020 : 44). « Ces principales activités sont en perpétuelle transformation à cause des effets des changements climatiques

ainsi que des différentes politiques d'adaptation » (Sarr, 2017 : 2). De plus, les variations climatiques ont entraîné une fragilisation des systèmes de production fondés sur les cultures pluviales, ce qui constitue l'une des principales causes de la baisse de la fertilité des sols et des productions agricoles en Afrique Soudano-Saharienne (Akpo et al., 2002 : 1). Aussi, la succession des sécheresses des décennies 1970 et 1980, la pression démographique et les pratiques agricoles inadéquates et inappropriées ont-elles contribué à la dégradation du couvert végétal (Savadogo et al., 2015 : 434 ; Somé et al., 2021 : 113). Cette situation engendre l'adoption de nouveaux systèmes d'exploitation agricoles et l'extension des surfaces emblavées. Les producteurs de la commune de Kangala s'inscrivent dans cette nouvelle dynamique. En effet, de l'agriculture de subsistance essentiellement basée sur la production de céréales, le système de production est actuellement orienté vers l'arboriculture fruitière. Les mutations des systèmes de production marquent l'avènement d'une agriculture de marché puisqu'elle constitue une source de revenus monétaire, non seulement mais aussi une stratégie d'adaptation aux variations climatiques. Ce nouveau contexte entraîne une recomposition spatiale du territoire (Traoré et al., 2020 : 79), d'autant plus que les bas-fonds, les bordures des plans d'eau jadis réservés au pâturage, sont désormais destinés à l'agriculture (Ouédraogo et al., 2015 : 2728). De vastes superficies ont été transformées en secteurs agricoles dans la zone écologique la plus apte à l'agriculture. Il s'en suit une fragmentation du paysage naturel accompagnée d'une dégradation de la biodiversité (Béné et Fournier, 2014 : 4). L'objectif de la présente recherche est de cartographier les mutations d'occupations des terres et d'analyser l'invasion des espèces arboricoles fruitière dans la commune de Kangala.

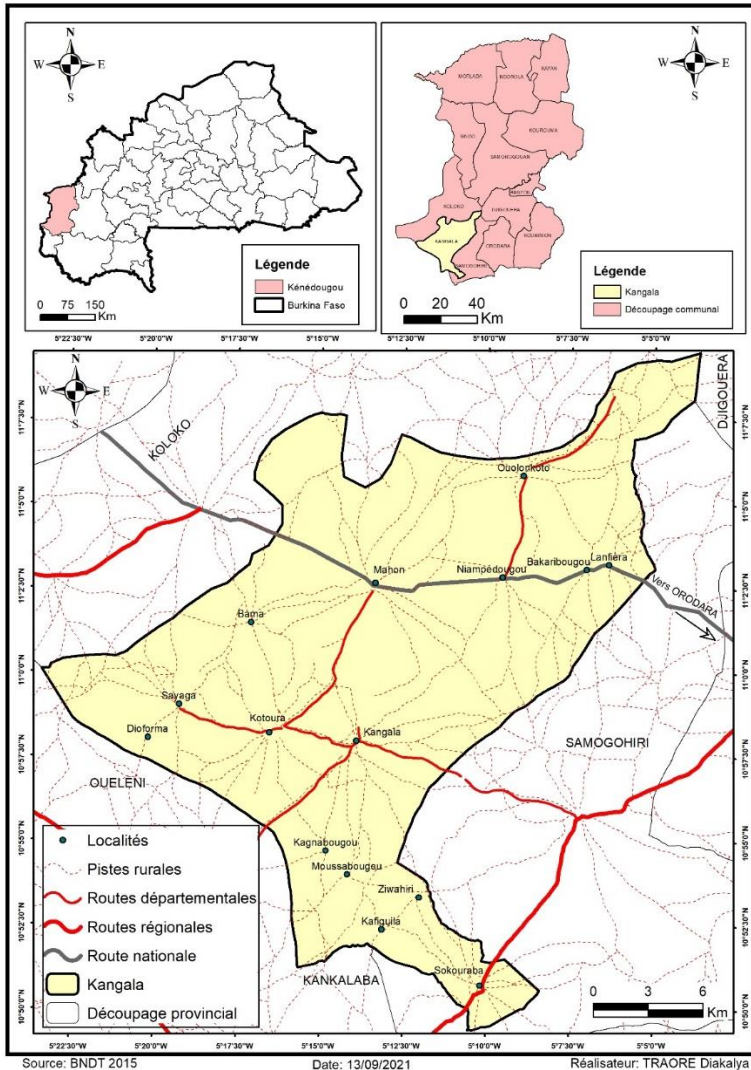
## **1-Méthodologie**

### ***1-1. Présentation du site d'étude***

L'étude a été conduite dans la commune de Kangala, localisée entre 10°50'0" et 11°7'30" de latitude Nord et entre 5°22'30" et 5°5'0" de longitude Ouest (figure 1). La commune relève du domaine sud-soudanien où la pluviométrie moyenne annuelle varie entre 900 et 1200 mm. Elle a un climat tropical sec de type soudanien avec deux saisons contrastées ; l'une est sèche et l'autre est humide. Ces deux saisons ont une durée égale de six mois chacune. Les mois de juillet, août et de septembre sont les plus

pluvieux et avril et mai sont les plus chauds (Traoré, 2015 : 26 ; Traoré et al., 2020 : 619).

Le relief est relativement plat dans son ensemble. Il se caractérise par une succession de plateaux, notamment au nord et à l'est, et de plaines à l'ouest et au sud. On y rencontre huit types de sols. Ce sont les sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes, les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds, les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels, les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions, les sols ferralitiques faiblement désaturés typiques modaux, les sols hydromorphes peu humifère à pseudogley de surface, les lithosols sur cuirasse et les lithosols sur grès (Traoré al., 2020 : 620). Ces potentialités climatiques et pédologiques sont favorables à la pratique de l'arboriculture fruitière. La population de la commune a été estimée à 17 772 habitants en 2006 avec un taux de croissance annuelle de l'ordre de 3 % selon le Recensement Général de Population et de l'Habitat (RGPH, 2006). Considérant ce taux de croissance, la population atteindra 38 994 habitants en 2024. Cela entraînera une augmentation des besoins en terres agricoles.



**Figure 1 : Localisation du site d'étude**

### **1-2. Méthodes et matériels**

La méthodologie utilisée est fondée à la fois sur les approches diachronique et écologique. En effet, deux images Landsat satellites TM (Thematic Mapper) du 27 novembre 1990 et OLI 8 du 09 février 2018

ont servi à la cartographie de l'occupation des terres. Celles qui couvrent la zone d'étude sont des scènes 197/52 et 197/53. Ces images ont une résolution de 30 m chacune. Elles ont été traitées par la méthode de classification supervisée avec l'algorithme du maximum de vraisemblance. C'est une méthode probabiliste où, l'algorithme indique la probabilité d'appartenance à une classe donnée de chaque pixel (Samb et al., 2018 : 5). L'analyse diachronique fournit des données statistiques qui renseignent sur les fluctuations quantitatives et la composition végétale des classes d'occupation ou d'utilisation. Toutefois, elles ne fournissent pas d'informations pertinentes sur leur répartition spatiale sur un territoire. C'est pourquoi, l'indice de forme (IF) et la moyenne de l'indice de forme (MIF) ont été calculés pour apporter plus de détails sur le degré d'artificialisation du paysage. Plus les taches ou les polygones des classes d'occupation ont des formes allongées ou irrégulières, plus sa valeur sera élevée et sa valeur décroît au fur et à mesure que les formes deviennent circulaires (Bogaert et al, 2000 in Mouhamadou et al., 2012 : 9). L'indice de forme se calcule comme suit :

$$IF = \frac{Pi}{\sqrt{\pi * Si}}$$

(1)

Où, IF : indice de forme,

Pi : Périmètre ou sommes des contours des taches de chaque classe donnée et

Si : superficie totale des taches d'une classe donnée

Le résultat obtenu est de 1, si le polygone est parfaitement circulaire, et la valeur augmente avec l'irrégularité de la forme (Beliveau, 2014 : 26).

Quant à la moyenne de l'indice de forme, elle est le rapport de l'IF sur le nombre de taches ou de polygones d'une classe donnée. Cet indice donne la moyenne de l'IF de l'ensemble des polygones et permet pour cela d'apprécier la vue globale de classe considérée. Il se calcule de la manière suivante :

$$MIF = \frac{\sum_{i=1}^m IF}{NP}$$

(2)

Où, NP égal au nombre de polygones pour une classe donnée.

Pour la caractérisation de la végétation ligneuse, des placettes ont été disposées de manière stratifiée sur des transects de 8 km. Ces unités d'échantillonnage de dimension 10 m x 100 m, soit 1000 m<sup>2</sup> dans les

formations ripicoles et de 2500 m<sup>2</sup> soit 50 m×50 m de côté, ont été placées de telle sorte qu'une couverture exhaustive de tous les types d'habitats de la commune soient pris en compte. Ces relevés phytosociologiques ont été effectués suivant la méthode de Braun-Blanquet (1932). C'est une méthode fondée sur le principe de l'homogénéité floristique et de l'uniformité topographique (Ouedraogo et al., 2008 : 2 ; Arouna et al., 2016 : 4). Ainsi, 40 relevés ont été réalisés sur tous les faciès de végétation homogènes entre septembre et décembre. C'est une période pendant laquelle la végétation est luxuriante et favorise la distinction des espèces sur le terrain. Elle correspond également à la phase de la croissance maximale de la végétation ligneuse au Sahel (Moussa et Mahamane, 2015 : 8894).

### **1-3. Traitement des données phytosociologiques**

Les données floristiques collectées ont été soumises à un traitement statistique. Il s'est agi d'analyser la composition et la diversité floristique. Pour ce faire, la richesse spécifique (S), l'indice de Shannon-Weaver et les indices de dominance de Simpson (D) et de diversité de Simpson (1-D) ont été les paramètres mesurés (Ndong et al., 2015 : 2584 ; Boukpepsi, 2019 : 111).

La richesse spécifique (S) désigne le nombre total d'espèce de la communauté ou du peuplement étudié.

L'indice de Shannon-Weaver tient compte de l'abondance relative des espèces. Il s'exprime sous la formule suivante (Ndong et al., 2015 : 2584 ; Djego et al., 2012 : 708 ; ) :

$$H_i = - \sum_{i=1}^S P_i \text{Log}_2 P_i$$

(3)

Avec  $S$  = le nombre total d'espèces dans la communauté (richesse spécifique),

$P_i$  = contribution spécifique de chaque espèce au recouvrement :  $P_i = n_i / N$ ,

$n_i$  = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon,

$N$  = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon et,

$\text{Log}_2$  = logarithme à base 2

L'indice de Shannon s'exprime en bit. La diversité est d'ailleurs faible lorsque  $H_i$  est inférieur à 3 bits ; moyenne lorsqu'il est compris entre 3 et 4 bits et élevée lorsque  $H_i$  est supérieur ou égal à 4 bits (Djego et al.,

2012 : 708 ; Diop et al., 2019 : 1068).  $H_i$  est minimal (= 0) lorsque tous les individus du peuplement appartiennent à une même espèce. Il l'est aussi si dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu. L'indice est par ailleurs maximal lorsque tous les individus sont repartis de manière égale pour toutes les espèces (Ndong et al., 2015 : 2584).

Quant aux indices de dominance de Simpson (D) et de diversité de Simpson (1-D)

$$D = \sum p_i^2 \quad \text{ou} \quad \text{encore} \quad D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2} \quad (4)$$

avec,  $P_i$  = proportion d'individus trouvés dans l'espèce  $i$  ( $P_i = n_i/N$ ) ;

$n_i$  : = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon,

$N$  = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

D est une dominance dont les valeurs varient entre zéro et un (0-1). Au fur et à mesure que la valeur D augmente, la diversité diminue et vice-versa. Autrement dit, cet indice aura une valeur de 0 pour désigner le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité (Grall et Hily, 2003 : 3).

L'indice de dominance de Simpson est complémentaire à 1-D qui représente souvent l'inverse de D :  $1/D$  ou  $-\ln D$ . Pour l'indice de diversité de Simpson 1-D, le maximum de diversité est représenté par la valeur 1 et le minimum de diversité par la valeur 0.

Par ailleurs, une classification des espèces arboricoles afin d'analyser leur tendance invasive sur les communautés végétales naturelles a été réalisée. Cette classification est faite suivant la fréquence de présence, qui est une valeur traduisant la régularité de la distribution d'une espèce dans une communauté végétale. La fréquence de présence est calculée selon la formule suivante (Noupa et Nkongmeneck, 2008 : 532):

$$Fr = 100 * \frac{f_i}{N} \quad (5)$$

Elle informe sur la répartition spatiale d'une espèce dans un peuplement (Ngom et al., 2013 : 5012). Cinq classes de présence ont été définies dans le cadre de cette étude pour déterminer la régularité des espèces invasives. La classe I dont la fréquence de présence va de 0 à 20 % et rassemble les espèces très peu régulières ; les espèces peu régulières dont la fréquence de présence est comprise entre 21 et 40 % sont de la classe II ; la classe III va de 41 à 60 % et les espèces sont dites



régulières ; la classe IV regroupe les espèces très régulières dont la fréquence est comprise entre 61 et 80 % et enfin la classe V couvre l'ensemble des espèces particulièrement régulières et leur fréquence de présence s'étend de 81 à 100 %.

Les images satellites ont été traitées avec Envi 4.8 comme logiciel de traitement d'images et ArcGis10.3.1 comme outils de cartographie. Quant aux indices, ils ont été calculés avec le logiciel Past3. 25 et Excel 2016.

## **2-Résultats et discussion**

### ***2-1. Etat d'occupation des terres de Kangala en 1990 et en 2018***

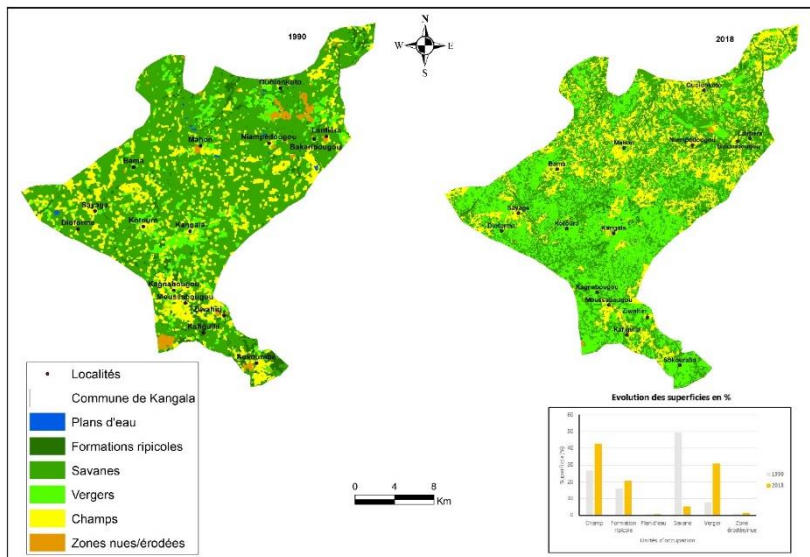
La *figure 2* présente l'état d'occupation des terres de la commune de Kangala suivant les deux dates retenues. En 1990, la savane dominait les autres unités d'occupation en occupant 63,76 % de la superficie totale de la commune. Elle était suivie de près par les champs avec une proportion de 18,57 %. La formation ripoicole représentait 4,76 % ; les vergers 10,68 %. A cette date, les unités qui occupaient une aire marginale, étaient les zones érodées ou nues et les plans d'eau. Ces unités occupaient respectivement 2 % et 0,23 %.

En 2018, les savanes occupaient 40,14 % du territoire communal contre 35,32 % pour les vergers. Quant aux formations ripoicoles, elles représentaient 20,14 %. Les zones nues et les plans d'eau occupaient respectivement 0,13 % et 0,02 %. Quant aux champs, ils représentaient 22,18 %.

Toutefois, en 2010, les champs représentaient 34 % du bassin versant de la Kompienga à l'Est du Burkina Faso. Ils secondaient aux savanes dont la proportion était estimée à 38 %. Quant aux formations ripoicoles et au plan d'eau, ils formaient respectivement 4 % et 9 % de l'ensemble des terres du site d'étude (Kaboré, 2013 : 179). Les résultats se rapprochent également de ceux obtenus à Béquaa situé à l'Ouest du Liban. Ces auteurs ayant conduit cette étude trouvent que les vignobles et les vergers occupent 19,9 % et les bois représentent 8,6 % en 2019 (El Hage Hassan, Ardillier-Carras et Charbel, 2019 : 4). En outre, dans le bassin versant du Lomon au sud-ouest du Bénin par (Azandégbé et Imorou, 2019 : 83), les champs et jachères sous palmiers occupaient en 2015 une superficie de 9 077,69 ha soit 81,50 % suivis des plantations qui s'étendaient sur 1 076,74

ha soit 9,67 %. Les champs et jachères occupaient 624,6 ha soit 5,61 % ; les sols nus couvraient une superficie de 289,13 ha soit 2,60 % et enfin les savanes arborées et arbustives représentaient 0,63 % soit 70,40 ha. Ces conclusions attestent l'hégémonie des champs ou des cultures et jachères ainsi que des vergers et plantations sur les autres unités d'occupation que ce soit au Burkina Faso, au Bénin et au Liban.

**Figure 2 : Occupation des terres en 1990 et 2018**

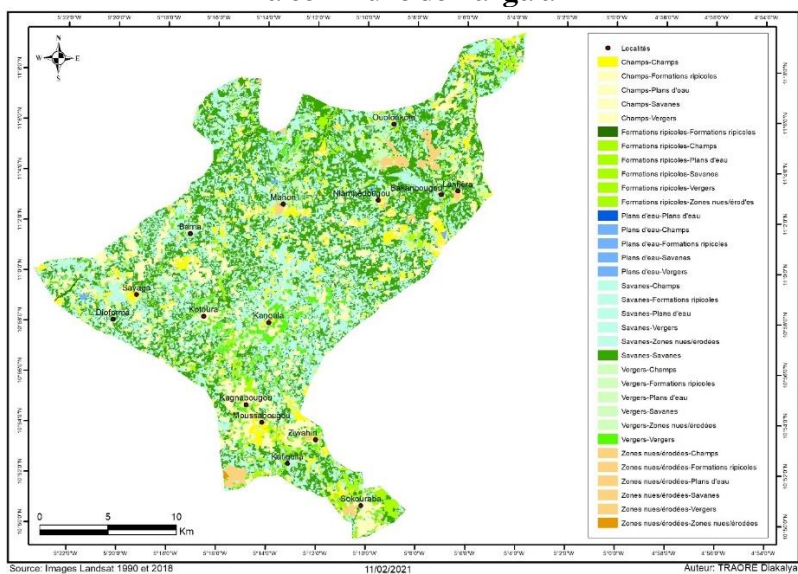


### **2-2. Changement d'utilisation des terres entre 1990 et 2018**

Les statistiques issues de la carte de changement révèlent qu'entre 1990 et 2018, 35,92 % de la superficie communale soit 18770,02 ha restait inchangée ; ces classes d'utilisation des terres n'ont pas connu de conversion. De fait, 2382,23 ha de champs, 190,11 ha de formations ripicoles, 14131,81 ha de savanes, 2046,92 ha de verger, 16,75 ha de zones érodées et 2,25 ha de plan d'eau ont demeuré stables. Cependant, 469,06 ha de formations ripicoles, 36,99 ha de plan d'eau, 7274,92 ha de savanes, 1223,80 ha de vergers et 201,80 ha de zone nue ont été convertis en champs. Les champs ont bénéficié d'un gain total de 9206,55 ha, d'autant plus que leurs aires étaient passées de 9703,63 ha en 1990 à 11588,78 ha en 2018. Par ailleurs, la superficie des vergers qui était de 5579,53 ha en 1990

a atteint 18456,48 ha en 2018. La superficie obtenue sur les autres unités d'occupation est de 16409,56 ha. Les champs, les formations ripicoles, les plans d'eau, les savanes, les zones érodées concèdent respectivement 4105,85 ha ; 697,0 ha ; 18,23 ha ; 11100,82 ha et 487,67 ha aux vergers. La superficie savanicole a fortement diminué car de 33317,58 ha en 1990, elle passe à 20974,09 ha en 2018. Cette évolution régressive de la superficie des savanes est liée au fait qu'une part de l'unité soit convertie en champs, formations ripicoles, plan d'eau, vergers et en zone nue. En fait, 3123,28 ha ; 1133,25 ha ; 62,09 ha ; 2188,78 ha et 334,87 ha des savanes ont respectivement muté en champs, formations ripicoles, plan d'eau, vergers et en zone nue. Cette dynamique n'est pas sans effet sur la biodiversité.

**Figure 3 : Changement d'utilisation des terres de 1990 à 2018 dans la commune de Kangala**



### **2-3. Dynamique spatio-temporelle de la structure du paysage de la commune de Kangala**

Pour appréhender la recomposition spatio-temporelle ou la fragmentation du paysage de la commune de Kangala, les paramètres comme le nombre de taches, la superficie, le périmètre, l'indice de forme et la moyenne de l'indice de forme ont été utilisés (tableau 1).

**Tableau 1 : Dynamique de la structure du paysage**

Années	Indices	Plan d'eau	Formation ripicole	Savane	Verger	Champ	Zone nue/érodée
1990	N	21	144	2721	955	9128	3
	P (km)	22,12	362,01	3608,60	1250,61	287,28	4,33
	S (km <sup>2</sup> )	0,43	28,40	187,25	38,77	55,39	3,09
	IF	9,51	19,16	74,39	56,66	10,89	0,69
	MIF	0,45	0,13	0,03	0,06	0,00	0,23
2018	N	12	555	467	1180	923	64
	P (km)	12,83	824,83	643,27	2044,97	1561,29	67,20
	S (km <sup>2</sup> )	0,39	56,38	25,75	116,47	121,57	6,35
	IF	5,78	30,99	35,76	53,45	39,95	7,52
	MIF	0,48	0,06	0,08	0,05	0,04	0,12

N : nombre total de polygones ou de taches pour une classe donnée

P : Périmètre ou sommes des contours des taches de chaque classe donnée

S : superficie totale des taches d'une classe donnée

IF : indice de forme

MIF : moyenne de l'indice de forme

Au cours des 28 ans, le nombre de polygones des plans d'eau est passé de 21 à 12, soit une diminution de 9 taches. La superficie de cette unité d'occupation est aussi allée de 0,43 km<sup>2</sup> à 0,39 km<sup>2</sup>. Quant à l'IF, il passe de 9,51 en 1990 à 5,78 et cela traduit une conversion et une fragmentation des plans d'eau. En plus, les zones érodées ont été fortement fragmentées. En effet, le nombre de taches des zones érodées qui fut de 3 en 1990 a atteint 64 en 2018. La superficie des zones nues a d'ailleurs évolué de 3,09 km<sup>2</sup> à 6,35 km<sup>2</sup> en 2018 soit le double de celle de 1990. Les formations ripicoles ont vu le nombre de leurs polygones presque quadruplé. De fait, de 144 en 1990, le nombre de taches des formations ripicoles est passé à 555 en 2018. La superficie de ces classes a également varié de 28,40 km<sup>2</sup> à 56,38 km<sup>2</sup> pour la même période. Les indices de formes des plans d'eau, des zones érodées et des formations ripicoles sont respectivement de 9,51 ; 0,69 et de 19,16 et ces valeurs signifient

que la dernière unité était plus artificialisée en 1990 que les deux premières ; tandis qu'elle l'est moins en 2018 où la valeur de l'IF est de 30,99. En outre, les superficies des savanes qui étaient de 187,25 km<sup>2</sup> en 1990, ont été largement réduites à 25,75 km<sup>2</sup> en 2018. Cette diminution de surface se traduit également par la baisse du nombre des taches qui sont passées de 2721 à 467 pour la même période. De même, l'IF est allé de 74,39 à 35,76. Toutes ces réductions témoignent la conversion des savanes en d'autres unités d'occupation. Contrairement aux savanes, les aires d'occupation des vergers ont augmenté. En effet, de 38,77 km<sup>2</sup> en 1990, elles ont atteint 116,47 km<sup>2</sup> en 2018. Le nombre de ses polygones a aussi évolué de 955 à 1180 au cours de la même période. Pendant que les deux paramètres des vergers ont enregistré une progression, l'IF et la MIF ont régressé. La valeur de l'IF est passée de 56,66 à 53,45 tandis que celle de la MIF est allée de 0,06 à 0,05 entre 1990 et 2018. Toutefois, les champs présentent des caractères particuliers. En effet, le nombre de leurs polygones a chuté de 8205 taches au cours des 28 ans. Il a varié de 9128 à 923. Contrairement au nombre de taches, la superficie a augmenté en allant de 55,39 km pour 9128 polygones à 121,57 km<sup>2</sup> pour 923 polygones. Cela traduit une extension des aires des champs et non leur fragmentation. Aussi, en 1990 les index de l'IF et de la MIF étaient-ils respectivement de 10,89 et de 0,00 contre 39,95 et 0,04 en 2018. La valeur 0 du MIF est synonyme de formes circulaires des champs en 1990 alors qu'en 2018, ces unités ont pris des formes polygonales ou irrégulières. De façon générale, les formations ripicoles ont été les formations naturelles les plus fragmentées alors que les savanes l'ont été moins mais sont plus converties en d'autres unités d'occupation. Les unités anthropisées ou artificialisées, les vergers et les champs, ont non seulement été fragmentés mais aussi étendus sur les formations naturelles.

#### ***2-4. Composition floristique***

Un total de 167 espèces ligneuses a été identifié dans la commune de Kangala. Ces espèces sont réparties en 106 genres et 41 familles (**tableau 2**). Les proportions des différentes familles varient de 0,59 % à 12,57 %. La famille des Mimosaceae compte 21 espèces soit 12,57 % de la flore ; elle est suivie des Combretaceae et des Cesalpiniaceae qui comptent respectivement 18 espèces soit 10,77 % et 13 espèces soit 7,78 %. Ces familles sont accompagnées par les Anacardiaceae qui

totalisent 12 espèces soit 7,18 % et les autres familles sont inférieures à ce dernier pourcentage.

**Tableau 2 : Liste synthétique famille, des genres et des espèces inventoriées**

Familles	Genres	Espèces	Nomb re d'espè ces par famill e
ANACARDIACEAE	Anacardium	<i>Anacardium occidentale</i>	12
	Haematostaphis	<i>Haematostaphis barteri</i>	
	Lannea	<i>Lannea acida</i>	
	Lannea	<i>Lannea barteri</i>	
	Lannea	<i>Lannea fruticosa</i>	
	Lannea	<i>Lannea humilis</i>	
	Lannea	<i>Lannea microcarpa</i>	
<b>Familles</b>	<b>Genres</b>	<b>Espèces</b>	Nomb re d'espè ces par famill e
	Lannea	<i>Lannea schimperi</i>	
	Lannea	<i>Lannea velutina</i>	
	Mangifera	<i>Mangifera indica</i>	
	Ozoroa	<i>Ozoroa insignis</i>	
	Sclerocarya	<i>Sclerocarya birrea</i>	
ANNONACEAE	Annona	<i>Annona senegalensis</i>	4
	Annona	<i>Annona squamosa</i>	
	Hexalobus	<i>Hexalobus monopetalus</i>	
	Uvaria	<i>Uvaria chamae</i>	
APOCYNACEAE	Adenium	<i>Adenium obesum</i>	7
	Baissea	<i>Baissea multiflora</i>	
	Holarrhena	<i>Holarrhena floribunda</i>	
	Landolphia	<i>Landolphia beudelotii</i>	
	Saba	<i>Saba comorensis</i>	
	Saba	<i>Saba senegalensis</i>	

	Strophanthus	<i>Strophanthus sarmentosus</i>	
ARECACEAE	Raphia	<i>Raphia sudanica</i>	3
	Cussonia	<i>Cussonia arborea</i>	
	Borassus	<i>Borassus aethiopicum</i>	
ASCLEPIADACEAE	Calotropis	<i>Calotropis procera</i>	1
BIGNONIACEAE	Stereospermum	<i>Stereospermum kunthianum</i>	1
BOMBACACEAE	Adansonia	<i>Adansonia digitata</i>	1
BORAGINACEAE	Cordia	<i>Cordia myxa</i>	1
BURSERACEAE	Commiphora	<i>Commiphora africana</i>	2
	Commiphora	<i>Commiphora pedunculata</i>	
CAPPARACEAE	Boscia	<i>Boscia angustifolia</i>	2
	Maerua	<i>Maerua angolensis</i>	
CELASTRACEAE	Gymnosporia	<i>Gymnosporia senegalensis</i>	2
	Loeseneriella	<i>Loeseneriella africana</i>	
CESALPINIACEAE	Afzelia	<i>Afzelia africana</i>	13
	Berlinia	<i>Berlinia grandiflora</i>	
	Burkea	<i>Burkea africana</i>	
	Cassia	<i>Cassia sieberiana</i>	
	Daniellia	<i>Daniellia oliveri</i>	
	Detarium	<i>Detarium microcarpum</i>	
	Detarium	<i>Detarium senegalensis</i>	
	Erythrophleum	<i>Erythrophleum africanum</i>	
	Isoberlinia	<i>Isoberlinia doka</i>	
	Isoberlinia	<i>Isoberlinia tomentosa</i>	
	Piliostigma	<i>Piliostigma reticulatum</i>	
	Piliostigma	<i>Piliostigma thonningii</i>	
Tamarindus	<i>Tamarindus indica</i>		
CHRYSOBALANACEAE	Maranthes	<i>Maranthes polyandra</i>	3
	Neocarya	<i>Neocarya macrophylla</i>	
	Parinari	<i>Parinari curatellifolia</i>	
<b>Familles</b>	<b>Genres</b>	<b>Espèces</b>	<b>Nombre d'espèce</b>

			ces par famill e
CLUSIACEAE	Psorospermum	<i>Psorospermum febrifugum</i>	1
COMBRETACEAE	Anogeissus	<i>Anogeissus leiocarpa</i>	18
	Combretum	<i>Combretum collinum</i>	
	Combretum	<i>Combretum glutinosum</i>	
	Combretum	<i>Combretum micranthum</i>	
	Combretum	<i>Combretum molle</i>	
	Combretum	<i>Combretum nigricans</i>	
	Combretum	<i>Combretum paniculatum</i>	
	Guiera	<i>Guiera senegalensis</i>	
	Pteleopsis	<i>Pteleopsis suberosa</i>	
	Terminalia	<i>Terminalia albidia</i>	
	Terminalia	<i>Terminalia aricennioides</i>	
	Terminalia	<i>Terminalia brownii</i>	
	Terminalia	<i>Terminalia catappa</i>	
	Terminalia	<i>Terminalia glaucescens</i>	
	Terminalia	<i>Terminalia laxiflora</i>	
Terminalia	<i>Terminalia macroptera</i>		
Terminalia	<i>Terminalia mollis</i>		
Terminalia	<i>Terminalia schimperiana</i>		
CONNARACEAE	Byrsocarpus	<i>Byrsocarpus coccineus</i>	1
DIPTEROCARPACEAE	Monotes	<i>Monotes kerstingii</i>	1
EBENACEAE	Diospyros	<i>Diospyros mespiliformis</i>	1
EUPHORBIACEAE	Alchornea	<i>Alchornea cordifolia</i>	5
	Antidesma	<i>Antidesma venosum</i>	
	Phyllanthus	<i>Phyllanthus muellerianus</i>	
	Sapium	<i>Sapium ellipticum</i>	
	Uapaca	<i>Uapaca togoensis</i>	
FABACEAE	Erythrina	<i>Erythrina senegalensis</i>	5
	Pericopsis	<i>Pericopsis laxiflora</i>	



	Philenoptera	<i>Philenoptera laxiflora</i>	
	Pterocarpus	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	
	Pterocarpus	<i>Pterocarpus lucens</i>	
LOGANIACEAE	Anthocleista	<i>Anthocleista procera</i>	3
	Strychnos	<i>Strychnos innocua</i>	
	Strychnos	<i>Strychnos spinosa</i>	
MALVACEAE	Bombax	<i>Bombax costatum</i>	8
	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	
	Cola	<i>Cola cordifolia</i>	
	Grewia	<i>Grewia bicolor</i>	
	Grewia	<i>Grewia flavescens</i>	
	Grewia	<i>Grewia lasiodiscus</i>	
	Grewia	<i>Grewia mollis</i>	
	Sterculia	<i>Sterculia setigera</i>	
<b>Familles</b>	<b>Genres</b>	<b>Espèces</b>	<b>Nomb re d'espè ces par famill e</b>
MELIACEAE	Azadirachta	<i>Azadirachta indica</i>	4
	Khaya	<i>Khaya senegalensis</i>	
	Pseudocedrela	<i>Pseudocedrela kotschyi</i>	
	Trichilia	<i>Trichilia emetica</i>	
MIMOSACEAE	Acacia	<i>Acacia dudgeonii</i>	19
	Acacia	<i>Acacia ataxacantha</i>	
	Acacia	<i>Acacia ehrenbergiana</i>	
	Acacia	<i>Acacia erythrocalyx</i>	
	Acacia	<i>Acacia macrostachya</i>	
	Acacia	<i>Acacia nilotica</i>	
	Acacia	<i>Acacia polyacantha</i>	
	Acacia	<i>Acacia seyal</i>	
	Acacia	<i>Acacia sieberiana</i>	

	Acacia	<i>Acacia senegal</i>	
	Acacia	<i>Acacia tortilis</i>	
	Albizia	<i>Albizia chevalieri</i>	
	Albizia	<i>Albizia malacophylla</i>	
	Dichrostachys	<i>Dichrostachys cinerea</i>	
	Entada	<i>Entada abyssinica</i>	
	Entada	<i>Entada africana</i>	
	Faidherbia	<i>Faidherbia albida</i>	
	Parkia	<i>Parkia biglobosa</i>	
	Prosopis	<i>Prosopis africana</i>	
MORACEAE	Ficus	<i>Ficus asperifolia</i>	8
	Ficus	<i>Ficus ingens</i>	
	Ficus	<i>Ficus platyphylla</i>	
	Ficus	<i>Ficus sur</i>	
	Ficus	<i>Ficus sycomorus</i>	
	Ficus	<i>Ficus thonningii</i>	
	Ficus	<i>Ficus trichopoda</i>	
	Ficus	<i>Ficus umbellata</i>	
MORINGACEAE	Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	1
MYRTACEAE	Eucalyptus	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5
	Eucalyptus	<i>Eucalyptus citriodora</i>	
	Eucalyptus	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	
	Psidium	<i>Psidium guayava</i>	
	Syzygium	<i>Syzygium guineense</i>	
OCHNACEAE	Lophira	<i>Lophira lanceolata</i>	1
OLACACEAE	Ximenia	<i>Ximenia americana</i>	1
OPILIACEAE	Opilia	<i>Opilia amentacea</i>	1
PHYLLANTHACEAE	Bridelia	<i>Bridelia ferruginea</i>	6
	Bridelia	<i>Bridelia micrantha</i>	
	Bridelia	<i>Bridelia scleroneura</i>	
	Hymenocardia	<i>Hymenocardia acida</i>	

Familles	Genres	Espèces	Nombre d'espèces par familles
	Margaritaria	<i>Margaritaria discoidea</i>	
	Phyllanthus	<i>Phyllanthus muellerianus</i>	
POLYGALACEAE	Securidaca	<i>Securidaca longipedunculata</i>	1
RHAMNACEAE	Ziziphus	<i>Ziziphus mauritiana</i>	1
RUBIACEAE	Crossopteryx	<i>Crossopteryx febrifiga</i>	9
	Feretia	<i>Feretia apodanthera</i>	
	Gardenia	<i>Gardenia erubescens</i>	
	Gardenia	<i>Gardenia ternifolia</i>	
	Mitragyna	<i>Mitragyna inermis</i>	
	Pavetta	<i>Pavetta crassipes</i>	
	Psychotria	<i>Psychotria psychotrioides</i>	
	Sarcocephalus	<i>Sarcocephalus latifolius</i>	
RUTACEAE	Sericanthe	<i>Sericanthe chevalieri</i>	7
	Citrus	<i>Citrus aurantifolia</i>	
	Citrus	<i>Citrus grandis</i>	
	Citrus	<i>Citrus limon</i>	
	Citrus	<i>Citrus reticulata</i>	
	Citrus	<i>Citrus sinensis</i>	
	Vepris	<i>Vepris heterophylla</i>	
Zanthoxylum	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>		
SALICACEAE	Flacourtia	<i>Flacourtia indica</i>	2
	Oncoba	<i>Oncoba spinosa</i>	
SAPINDACEAE	Blighia	<i>Blighia sapida</i>	1
SAPOTACEAE	Synsepalum	<i>Synsepalum pobeguinianum</i>	2
	Vitellaria	<i>Vitellaria paradoxa</i>	
SIMAROUBACEAE	Quassia	<i>Quassia undulata</i>	1
VERBENACEAE	Tectona	<i>Tectona grandis</i>	5

	Vitex	<i>Vitex chrysocarpa</i>	
	Vitex	<i>Vitex doniana</i>	
	Vitex	<i>Vitex madiensis</i>	
	Vitex	<i>Vitex simplicifolia</i>	

### 2-5. Diversité floristique

La valeur de l'indice de Shannon est de 5,08 bits. Elle indique que la diversité du peuplement est élevée. Cela signifie également que toutes les espèces sont dominantes car la valeur de  $H_i$  (5,08) est proche de  $\log S$  qui est de 7,38 (**tableau 3**). Aussi, tous les individus sont-ils repartis de manière égale pour toutes les espèces. La valeur du coefficient 1-D est de 0,97 bits. Elle est suffisamment proche de 1 ce qui signifie que la diversité est maximum dans le peuplement étudié.

**Tableau 3 : Récapitulatif des indices de diversité de la commune de Kangala**

Index de diversité	Valeur en bits	Log S
Shannon-Weaver ( $H_i$ )	5,08	7,38
Simpson (D)	0,03	
Simpson (1-D)	0,97	

### 2-6. Dynamique arboricole et invasion espèces naturelles

Les agrumes sont très peu réguliers. Essentiellement composés de *Citrus limon* (11,85 %), de *Citrus sinensis* (12,5 %), de *Citrus grandis* (15 %), ils sont situés dans la classe I dont l'intervalle des fréquences de présence est de 0 à 20 %. Cela est en partie dû aux attaques des ravageurs. En effet, les nématodes et les acariens s'attaquent aux agrumes soit pour se nourrir soit pour accomplir une partie de leur cycle biologique. Par ce mécanisme, ces insectes sont à l'origine des dégâts qui se transforment en maladies ou détruisent directement les agrumes (**Ouédraogo, 2002 : 28**). Par ailleurs, *Mangifera indica* est peu régulière car il occupe la classe II avec une fréquence de présence de 25 %. En outre, l'espèce *Anacardium occidentale* est particulièrement

régulière car elle se situe dans la classe V. De fait, son taux de présence est de 85 %. La culture de ces espèces entraîne indubitablement une fragmentation des habitats naturels.

## Conclusion

La cartographie de l'occupation des terres et des deux dates 1990 et 2018, l'inventaire floristique ont révélé une régression des formations naturelles au profit des champs et des vergers. La conversion des savanes, des formations ripicoles, des zones érodées et des plans d'eau en formations anthropiques constituent les mutations les plus observées. De cette dynamique résulte une nouvelle configuration spatiale de la commune. Ainsi, les formations ripicoles ont été les formations naturelles les plus fragmentées alors que les savanes l'ont été moins mais sont plus converties en d'autres unités d'occupation. Les vergers et les champs ont été fragmentés mais aussi étendus sur les formations naturelles qui ont connu de profondes modifications physiologiques et floristiques. Les espèces exogènes telles que *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus grandis*, *Mangifera indica* et *Anacardium occidentale* envahissent celles dites naturelles.

## Bibliographie

**Akpo Léonard Elie, Coly Ismaïla, Sarrd Diogoye, Ngom Daouda et Ndao Samba** (2002), « Impacts des modes d'utilisation des terres sur la diversité floristique dans le bassin de la Néma en zone Soudano-Sahélienne (Sine-Saloum, Sénégal) » In *Valorisation et gestion durable des systèmes hydriques pour une santé et une productivité améliorées dans les régions chaudes. 5ème Conférence Inter-Régionale sur l'Environnement et l'Eau*, , 306–17.

**Arouna Ousséni, Eténé Cyr Gervais et Issiko Dramane** (2016), « Dynamique de l'occupation des terres et état de la flore et de la végétation dans le bassin supérieur de l' Alibori au Bénin » *Journal of Applied Biosciences* 108(Kenya): 10543–52.

**Béné Ali et Fournier Anne** (2014), « Végétation naturelle et occupation des terres au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). Cinq décennies de changements dans un terroir du pays Sèmè » In *Regards Scientifiques Croisés Sur Le Changement Global et Le Développement-Langue, Environnement, Culture: Actes Du Colloque International de Ouagadougou (8-10*

Mars 2012), , 24.

**Bouko B. Sounon, SINSIN Brice et SOULE B. Goura** (2007), « Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin » *TROPICULTURA* 25 (Agri-Overseas, Belgique): 221–27.

**BoukpeSSI Tchaa** (2019), « Caractérisation Des Formations Végétales Des Sols Cuirassés de La Branche Septentrionale Des Monts Togo » *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou* 1(08): 105–23.

Diop Richard Demba, Mbaye Mame Samba, Basséné César, Diop Ibou, **Sarr Oumar, Camara Abdoul Aziz, Sy Mame Thierno Aby et Noba Kandioura** (2019), « Végétation ligneuse du Conservatoire Botanique Michel Adanson de Mbour ( Sénégal ) » *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 13(2), University of Dschang, Cameroon): 1064–81.

**Djogo Julien, Gibigaye Moussa, Tenté Brice et Sinsin Brice** (2012), « Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaodji Au Bénin » *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 6(2), University of Dschang, Cameroon): 705–13.

**Kaboré Oumar, Ouédraogo Blaise et Sawadogo Issa** (2019), « Facteurs de fragmentation et stratégies de gestion des massifs forestiers au Burkina Faso » *Journal of Applied Biosciences* 133. Kenya: 13516–31. [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on (May 20, 2020).

**Moussa Massaoudou et Mahamane Larwanou** (2015), « Caractérisation des peuplements ligneux des parcs à *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. et à *Prosopis africana* (Guill., Perrot et Rich.) Taub. Du Centre-Sud Nigérien » *Journal of Applied Biosciences* 94(Kenya): 8890–8906.

**Ndong Aissatou Thiam, Ndiyaé Ousmane, Sagna Moustapha Bassimbé, Diallo Aly, Galop Didier et Guisse Aliou** (2015), « Caractérisation de La Végétation Ligneuse Sahélienne Du Sénégal : Cas Du Ferlo » *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9(6), University of Dschang, Cameroon).

**Ngom Daouda, Fall Thioro, Sarr Omar, Diatta Sékouna, et Akpo Léonard Elie** (2013), « Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal) » *Journal of Applied Biosciences* 65: 5008–23.

**Noupa Paul et Nkongmeneck Bernard-Aloys** (2008), « Evaluation de la diversité floristique de six clairières sur schiste dans le massif forestier de Boumba-Bek et Nki , Sud-Est Cameroun »

*International Journal of Biological and Chemical Sciences* 2(4), University of Dschang, Cameroon): 529–48.

**Ouattara Tidiane, DUBOIS Jean-marie M. et Gwyn Q. Hugh J.** (2006), « Méthode de cartographie de l'occupation des terres en milieu aride à l'aide de données multi-sources et de l'indice de végétation TSAVI » *Télétection* 6(4. Sherbrooke): 291–304.

**Ouédraogo Blaise, Ouédraogo Lucien et Kaboré Oumar** (2015), « Fragmentation de l'espace et Conflits d'usage Au Sahel : Cas Du Bassin Versant de Yakouta (Burkina Faso) » *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9(6). University of Dschang, Cameroon): 2727–39.

**Ouédraogo Oumarou, Thiombiano Adjima, Hahn-Hadjali Karen et Guinko Sita** (2008), « Diversité et structure des groupements ligneux du parc national d'Arly (Est Du Burkina Faso) » *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica* 11(Germany): 5–16. <http://core.ac.uk/download/pdf/14506050.pdf>.

**Ouédraogo Sylvain Nafiba** (2002), *Etude diagnostique des problèmes phytosanitaires du manguier (Mangifera indica L.), de l'oranger (Citrus sinensis (L.) Osbeck) et du mandarinier (Citrus reticulata blanco) dans la province du Kéné Dougou*, mémoire du Diplôme d'Ingénieur en Agronomie, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.

**Saad Hala Rosie** (2010), *Evaluation des impacts de l'utilisation des terres en analyse du cycle de vie: caractérisation axée sur la qualité des sols*, mémoire de Maîtrise, Département de Génie chimique, Université de Montréal.

**Samb Cheikh Oumar, Faye Elhadji, Dieng Mamadou, Sanogo Diaminatou, Samba Samba Arona Ndiaye et Koïta Bothié** (2018), « Dynamique spatio-temporelle des plantations d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) dans deux zones agro-écologiques du Sénégal » *Afrique SCIENCE* 14(3), Abidjan, Côte d'Ivoire): 365–77.

**Sarr Mamadou Adama** (2017), « Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images landsat » *Cybergeo: European Journal of Geography. Environnement, Nature et Paysage* 472 (Paris, France): 1–16. <http://journals.openedition.org/cybergeo/2207>.

**Savadoغو Ouango Maurice, Ouattara Korodjouma, Barron, Jennie, Ouédraogo Issa, Gordon Line, Enfors Elin et Zombré Nabsanna Prosper** (2015), « Etats des écosystèmes sahéliens : reverdissement , perte de la diversité et qualité des sols » *Afrique SCIENCE* 11(5) Abidjan, Côte d'Ivoire): 433–46.

**Somé, Yélézouomin Stéphane Corentin, Traoré Diakalya, Zoromé Malicki, Ouoba Pounyala Awa et Da Dapola Evariste Constant** (2021), « Assessment of the effectiveness of potassium polyacrylate on crop production » *Journal of Agricultural Chemistry and Environment* 10: 113–23. <https://www.scirp.org/journal/jacen>.

**Traoré Diakalya** (2015), *Les poches de sécheresse et leurs conséquences néfastes sur le maïs et le cotonnier dans la commune de kangala (province du Kénédongou au Burkina Faso)*, mémoire de maîtrise, Département de géographie, Université de Koudougou.

**Traoré Diakalya, Somé Yélézouomin Stéphane Corentin, Fangnon Bernard et Da Dapola Evariste Constant** (2020) « Emergence de l'agriculture de rente et dynamique de la gouvernance coutumière du foncier dans la commune de Kangala (Burkina Faso).» *Journal de Géographie Rurale Appliquée* 2(1): 78–88.

**Traoré Diakalya, Somé Yélézouomin Stéphane Corentin, Palé Sié et Da Dapola Evariste Constant** (2020) « Dynamics of land use changes in the municipality of Kangala in Burkina Faso.» *International Journal of Science Academic Research* 1(09. India): 619–25. <http://www.globalbuddhism.org/jgb/index.php/jgb/article/view/88/100>.

**Yaméogo Augustin, Somé Yélézouomin Stéphane Corentin, Sirima Abdoulaye Badaye et Da Dapola Evariste Constant** (2020), « Occupation des terres et érosion des sols dans le bassin versant supérieur de la Sissili, Burkina Faso » *Afrique SCIENCE* 17(5): 43–56.