



Dynamique Spatio-Temporelle de L'occupation du sol et de son Implication à la Sécurité Alimentaire en Zone Cotonnière du Mali

Bebe Alfred Dembele (Institute of Rural Economy, Mali),
Sidi Dembele (University of Social Science and Management of Bamako, Mali), and
Souleymane Sidi Traore (University of Social Science and Management of Bamako, Mali)

Résumé

La zone cotonnière du Mali est soumise à une pression anthropique très forte. Depuis plusieurs décennies, la forte croissance démographique cumulée avec l'introduction des cultures de rente et la vulgarisation de nouvelles techniques agricoles ont entraîné une modification de l'espace. Donc pour satisfaire les besoins alimentaires, les exploitations agricoles restent dans une logique extensive pour assurer l'autosuffisance alimentaire. C'est dans cette optique que le présent article se fixe comme objectif d'évaluer la dynamique d'occupation du sol et son implication sur la sécurité alimentaire dans les terroirs de Benguéné et Ziguéna dans la zone cotonnière. Pour ce faire un jeu d'image Landsat acquise durant quatre période (1987, 1998, 2009 et 2018) ont été utilisés pour quantifier la dynamique spatio-temporelle des unités d'occupation du sol. Les données issues des Recensements Généraux de la Population et de l'Habitat (GPH) ont été utilisées pour faire une projection de la population en 2018 afin d'estimer les besoins céréaliers selon la norme FAO pour les différentes dates de recensement et de leurs mettre en lien avec la dynamique d'occupation du sol. Les résultats issus de ces classifications ont été intégrés dans une approche de modélisation en utilisant la chaine CA-Markov pour comprendre la dynamique future de l'occupation du sol. Les résultats révèlent que de façon générale la dynamique d'occupation du sol est fortement dépendante des besoins alimentaires et qu'à l'horizon 2028 les terroirs seront confrontés à un problème de saturation d'espace agricole. Dans un système de production peu intensif ou les terroirs sont quasiment saturés, les producteurs seront contraints de développer d'autres stratégies pour assurer la sécurité alimentaire à savoir une forte intensification des systèmes de production s'inscrivant dans une démarche d'agroécologie, le développement d'autres activités génératrices de revenu (AGR) et aussi de promouvoir la planification familiale. Les résultats tentent aussi de mettre la lumière sur les pratiques actuelles en termes de gestion durable des ressources naturelles et des stratégies de sécurité alimentaire face aux défis d'atteinte des objectifs de développement durable (ODD), plus spécifiquement les indicateurs des objectifs 2, 9 et 15 des ODD.

Mot clés: Pression anthropique, Dynamique spatiale, sécurité alimentaire, Modélisation

Introduction

La zone cotonnière du Mali est soumise à une pression anthropique et animale très forte. Depuis plusieurs décennies, la forte croissance démographique cumulée avec l'introduction des cultures de rente comme le coton et l'arachide et la vulgarisation de nouvelles techniques agricoles ont entraîné une modification de l'espace. Donc pour satisfaire les besoins alimentaires, les exploitations agricoles restent dans une logique extensive pour assurer l'autosuffisance alimentaire.

La sécurité alimentaire se définit comme l'accès permanent de tous aux denrées alimentaires nécessaires pour mener une vie saine et active. Par cette définition, la réalisation de la sécurité alimentaire reste un défi majeur à relever pour la zone cotonnière qui constitue la principale région agricole du Mali (Dembélé et Staatz, 2010). Depuis quelques décennies, et ce malgré d'importants progrès accomplis en matière de gestion et de prévention des crises alimentaires, le pays traverse des crises alimentaires dont les origines sont diverses. Certaines crises sont conjoncturelles, d'autres ont des causes structurelles (Hitimana et al., 2008). Le Mali dispose d'un important potentiel agro-sylvo-pastoral et halieutique mais n'arrive pas à couvrir entièrement ses besoins alimentaires et atteindre un niveau de sécurité alimentaire satisfaisant et durable (Sanogo, 2017). Bien qu'aucune crise alimentaire majeure ne soit survenue depuis les années 1983-1984, le Mali vit dans une situation d'insécurité alimentaire chronique liée à la pauvreté endémique, au caractère rudimentaire des systèmes de production (CSA, 2005). Depuis l'indépendance en 1960, les cultures de rente telles que le riz et le coton, plus encadrées par les services d'appui technique, ont connu des augmentations considérables de rendement (riz 3,33 t/ha et coton 1,03 t/ha en 2017), tandis que les rendements des cultures vivrières pluviales (mil 0,88 t/ha et sorgho 0,89 t/ha en 2017 etc.) ont évolué timidement au cours des 50 dernières années, bien qu'elles soient la base de l'alimentation de plus de 80% de la population (Institut d'Économie Rurale, 2020). La superficie totale cultivée en céréales (riz, mil, sorgho, maïs, fonio, blé et orge) est passée de 1,6 millions d'hectares en 1984-1985 à 3,9 millions hectares en 2008-2009, elle a donc plus que doublée en l'espace de 25 ans. On estime le taux de croissance moyenne des emblavures à 2,2% par an dans l'ensemble de 1990 à 2009 (CSA, 2011). En 25 ans, la production de céréale a presque triplé au Mali, passant de 1,1 million de tonnes au début des années 80 à 2,7 millions de tonnes en 2002-2004 (Egg et Wade, 2006). Donc la production agricole globale a augmenté pour répondre à l'accroissement de la demande, mais en accroissant les surfaces emblavées, plutôt qu'en intensifiant. La très grande majorité des systèmes de production agricole sont restés dans une logique extensive par la dynamique d'occupation du sol, qui nécessite toujours plus de terres, notamment au détriment des pâturages et des espaces de cueillettes (Gautier, Gazull and Belières, 2007). C'est dans cette optique que nous nous sommes interrogés qu'avec la forte croissance démographique dans la zone cotonnière du Mali, la dynamique d'occupation du sol contribue-t-elle à assurer la sécurité alimentaire de sa population?

Des études ont été menées pour évaluer la dynamique d'occupation du sol à travers les images satellitaires et la forte pression anthropique sur les ressources naturelles (activités agricole). Ainsi Cuny et Sorg, (2003) dans une étude réalisée dans la commune de Sorobasso située dans le vieux bassin cotonnier, a permis de montrer à l'aide des images satellitaires, qu'au cours des

cinquante dernières années l'évolution des paysages forestiers est fortement lié à la dynamique agricole induit par le coton. Les résultats révèlent aussi que l'expansion territoriale agricole a été plus importante que la croissance démographique. Ces constats ont été faites par Ballo et al., (2016) dans une étude en utilisant les images Landsat, les résultats de cet article conclu que la dynamique de l'augmentation de la superficie agricole et de diminution de la végétation est fortement liée à l'évolution démographique. Mais par contre Fane, (2015) avec la même méthode dans une étude dans la commune rurale de Wateni, trouve que malgré la forte pression anthropique sur les ressources naturelles, la disponibilité des ressources est relativement importante et rend atypique la dynamique de l'espace dans la commune. A l'instar de ces résultats ci-dessus et parallèlement à des travaux similaires (Issiaka, Arouna et Imorou, 2016; Mamane et al., 2018; Thierry et al., 2018; Zakari et al., 2018; Sall et al., 2019) qui ont été menés dans la sous-région pour évaluer la dynamique d'occupation du sol à partir des images satellitaires et la forte pression anthropique sur ces ressources, ces études ne tiennent pas compte de la simulation de l'état futur de l'occupation à un horizon (échelle d'année) et le lien direct des besoins alimentaires grandissant en fonction de celle-ci (occupation du sol). C'est partant de ces travaux antérieurs que cet article se fixe comme objectif d'évaluer encore la dynamique d'occupation du sol à partir des images satellitaires de type Landsat et son implication sur la sécurité alimentaire dans les terroirs de Benguéne et Ziguéna dans la zone cotonnière

Matériels et Méthodes

Présentation des Sites D'études

Cette étude a été conduite dans deux (2) villages de la zone cotonnière, il s'agit de Benguéne vieux bassin cotonnier et Ziguéna dans la zone Bougouni-Sikasso.

Benguéne en zone semi-aride au Nord : La zone dans laquelle est situé le village se trouve entre les isohyètes 800-1000 mm. Cette zone relève du vieux bassin cotonnier. Les effets conjugués de la dégradation climatique et la forte emprise agricole constituent une menace pour les ressources naturelles de la zone. Les terres cultivées occupent plus de la moitié du terroir.

Ziguéna en zone de transition au centre : cette zone est située entre les isohyètes 1100-1200 mm. La proximité de la zone des centres urbains (Sikasso, Kignan) augmente le facteur de pression démographique. Les meilleures terres du village de Ziguéna sont exploitées pour la culture de contre-saison, une menace pour les ressources naturelles en général et pastorales en particulier (Kone, 2017).

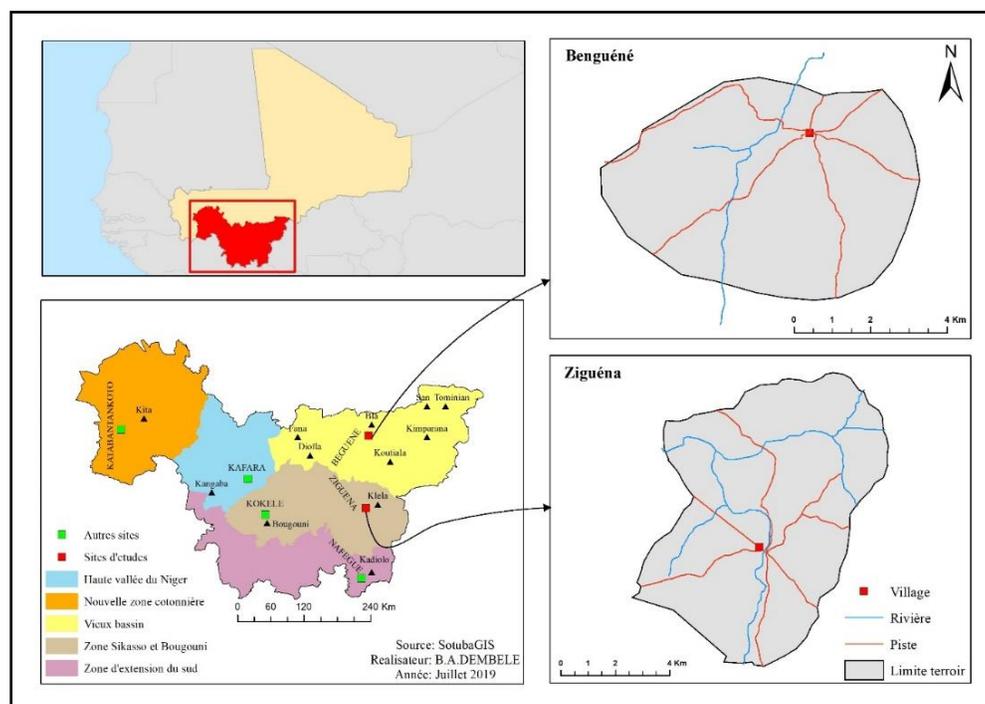


Figure 1: Présentation des zones d'études
Source : MDRI et SotubaGIS

Données

Les données utilisées sont essentiellement des images satellitaires de type Landsat. Ces images téléchargées couvrent une période de 30 ans avec un intervalle de 10 ans, la date d'acquisition de ces images varie d'octobre à décembre en fonction de la disponibilité. La résolution spatiale est de 30 mètres et les capteurs sont de type TM et OLI/TIRS.

Les données démographiques issues des différents recensements généraux de la population et de l'habitat (RGPH) que le Mali a connue (1976, 1986, 1998 et 2009) ont été utilisées pour projeter la population de 2009 et d'estimer les besoins céréaliers de la population selon la norme FAO qui est de 2014 kg/personne/an.

Méthodes

Analyse Diachronique

Deux méthodes de traitement d'image couplées ont été adoptées. Il s'agit de la classification supervisée en utilisant l'algorithme de maximum par vraisemblance (Ballo et al., 2016; Souley Yero, 2008), les résultats obtenus de la classification supervisée ont été soumis à la méthode d'interprétation visuelle afin d'apporter d'éventuelle correction d'apparence des classes. La méthode d'interprétation visuelle des images permet de caractériser les principaux objets présents : sols, végétations, eaux, etc., d'une manière fidèle, systématique et exhaustive par leur

comportement spectral. L'interprétation visuelle a été efficace grâce à la composition colorée par vraie couleur (rouge-vert-bleu) et par fausse couleur (exemple : infrarouge-rouge-vert, proche infrarouge- infrarouge -rouge). Les unités d'occupation obtenues à l'issue du traitement sont entre autres : la zone agricole (champs et jachère récente), la végétation dense (composé de galeries forestières, savanes boisées, savanes arborées et le bois sacré), la végétation moins dense (essentiellement des savanes arbustives en général dernier stade de dégradation des savanes boisées ou arborées).

Statistiques de la Dynamique Spatiale

Après la méthode de traitement des images Landsat, les statistiques d'évolution de l'occupation des sols ont été calculées à travers l'équation (N°2) proposée par la FAO (1996) et celle de Bernier (1992) (N°3) couramment employées pour mesurer la croissance des agrégats macroéconomiques entre deux périodes données (Hamidou et al., 2012; Issiaka et al., 2016; Kpedenou et al., 2017; Soro et al., 2014).

$$Tg = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \times 100 \quad (2)$$

Tg : Taux global de croissance ; 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

$$Tc = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) \times \ln e} \times 100 \quad (3)$$

Tc : le taux de croissance 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 : le logarithme népérien et e la base des logarithmes népériens (e=2,71828)

Modélisation

Cette étape de la démarche nous conduit à prévoir les changements futurs en 2028, pour autant que le contexte considéré pour ces modèles soit encore pertinent dans le futur. Le type de modèle appliqué dans cette recherche est celui faisant appel aux chaînes de Markov. La démarche consiste d'abord à faire l'analyse de la chaîne de Markov qui est un processus qui permet de simuler l'état futur de l'occupation du sol en se basant sur son passé puis l'application des automates cellulaires qui tiennent compte de la contiguïté spatiale d'un pixel par rapport à un groupe de pixels.

Evaluation des Besoins Alimentaires

Les besoins alimentaires en céréales ont été estimés selon la norme FAO qui est de 214 kg de céréales/personne/an et à partir des données de recensement général de la population et de l'habitat (1987, 1998 et 2009). Pour les besoins de 2018 ainsi que les besoins futur (2028) en

absence de données nous avons procédé à la projection de la population. Pour cela nous avons d'abord procédé au calcul du taux d'accroissement intercensitaire (formule 1):

$$r = \sqrt[t]{\left(\frac{P_{n+a}}{P_n}\right)} - 1 \quad (1)$$

r : taux d'accroissement naturel (TAN) ; t : intervalle de temps entre deux recensements ; P_{n+a} : population de l'année 2009 ; P_n : population de l'année 1998

Puis nous avons procédé au calcul de la projection avec la formule ci-dessus

$$P_n = P_o(1 + r)^n \quad (2)$$

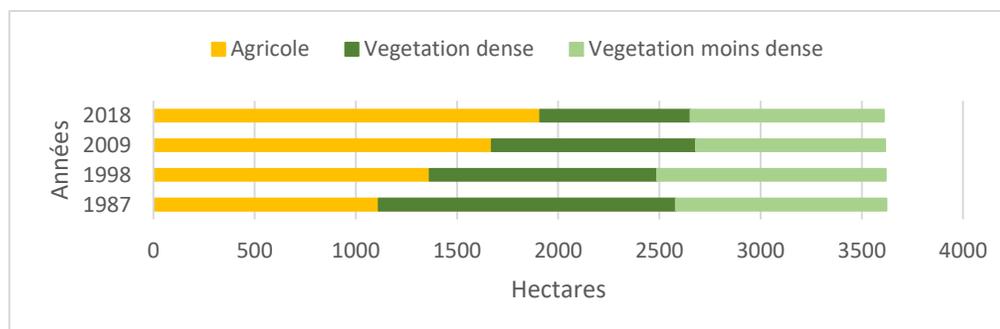
P_n : la population ; P_o : la population initiale ; 1 : le chiffre constant ; r : le taux d'accroissement naturel ; n : le nombre d'année entre la population de départ (2009) et la population d'arrivée (2018).

Résultats

Dynamique D'occupation du Sol

Dynamique D'occupation du Sol à Benguééné

La figure ci-dessous présente la situation de l'occupation du sol du terroir de Benguééné en 1987, 1998, 2009 et 2018. Elle permet de percevoir, à travers ces différentes cartes, les différents états d'occupation du sol des années retenues dans le cadre de cette étude.



Source : Landsat

Figure 2: Statistiques de la dynamique d'occupation du sol de 1987, 1998, 2009 et 2018 dans le terroir de Benguééné

En 1987, la végétation naturelle était la classe la plus dominante du terroir. La végétation dense occupait une superficie de 1467,87 hectares soit 40,26 % du terroir. La végétation moins dense quant à elle occupait une superficie de 1039 hectares soit 28,52 % du terroir. Celle-ci était suivie

de la zone agricole qui occupait une proportion de 30,55 % du terroir soit 1113,61 hectares, c'était la plus petite unité d'occupation du sol dans le terroir de Benguénié à l'époque (Figure 2).

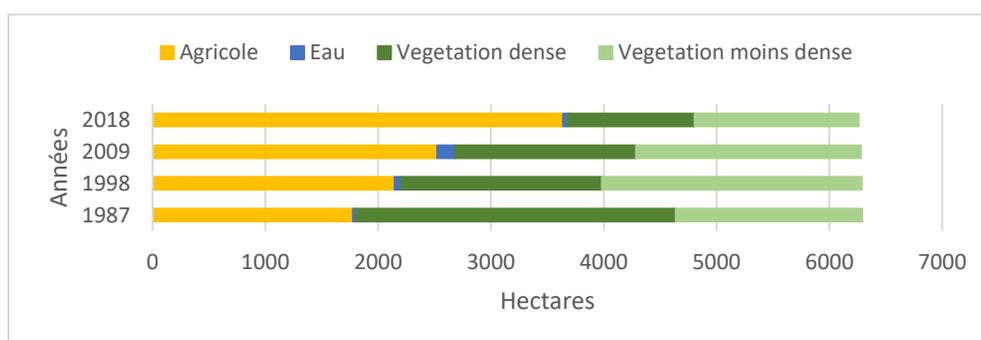
La situation de l'occupation du sol de 1998 montre toujours une domination de la végétation naturelle malgré une légère augmentation de la zone agricole (Figure 2). Cette superficie agricole est passée à 1364,81 hectares soit 37,44 %. La timide progression de la zone agricole s'est faite essentiellement sur la végétation dense. Elle a régressé avec une superficie de 1124,4 hectares soit 30,84 % du terroir. La végétation moins dense a subi une légère augmentation avec une superficie de 1128,34 hectares soit 30,95 % de la superficie du terroir. Cette légère augmentation de la végétation moins dense découle de la dégradation de la végétation dense.

En 2009, la situation de l'occupation du sol révèle que la zone agricole a connu une progression importante avec une superficie de 1671,97 hectares soit 45,86 % du terroir. De façon générale la végétation naturelle demeure toujours la plus grande unité d'occupation du sol. La surface de la végétation dense était estimée à 1008,78 hectares soit 27,67 % du terroir. La végétation moins dense avait une superficie de 934,4 hectares soit 25,63 % du terroir (Figure 2).

En 2018, la zone agricole est devenue la plus grande unité d'occupation du sol avec une progression importante. Elle atteint une superficie de 1911,32 hectares et occupait 52,43 % soit plus de la moitié du terroir. L'extension de la surface agricole a été faite essentiellement au détriment de la formation naturelle. La végétation dense occupe une superficie de 953,75 hectares avec taux d'occupation de 26,16 % du terroir. La végétation moins dense occupe ainsi une superficie de 743,13 hectares soit 20,38 % de la surface du terroir (Figure 2).

Dynamique d'occupation du sol à Ziguéna

La (Figure 3) illustre la situation de l'occupation du sol du terroir de Ziguéna des années 1987, 1998, 2009 et 2018.



Source : Landsat

Figure 3: Statistiques de la dynamique d'occupation du sol de 1987, 1998, 2009 et 2018 dans le terroir de Ziguéna

La Figure 3 fait ressortir l'état de la dynamique de l'occupation du sol de 1987-2018 à Ziguéna. La situation de l'occupation du sol en 1987 à Ziguéna révèle de façon générale que la végétation

naturelle était assez appréciable. La surface de la végétation dense était estimée à 2832,57 hectares soit 44,95 % du terroir. La végétation moins dense occupait 1651,21 hectares soit 26,2 % de la superficie total. A l'époque la zone agricole suivait la végétation naturelle avec une superficie de 1778,43 hectares soit 28,22 % du terroir. La surface eau venait en dernière position avec une surface estimée à 28 hectares soit moins 1 % du terroir (Figure 3).

En 1998, la végétation naturelle était toujours la classe la plus dominante malgré la progression de la zone agricole. La végétation moins dense a subi une légère augmentation de superficie résultant de la dégradation de la végétation dense. La formation naturelle mesurait 2301,5 hectares soit 36,52 % du terroir pour la végétation moins dense. La végétation dense occupait une superficie de 1779,2 hectares soit 28,2 % de la surface totale du terroir. La zone agricole est passée à une superficie de 2146,1 hectares soit 34 % du terroir. Malgré la progression de la surface eau elle est restée la plus petite unité d'occupation du sol avec une superficie de 60,08 hectares soit près de 1 % de la surface totale (Figure 3).

L'analyse de la situation de l'occupation du sol de 2009 révèle que la zone agricole continue de progresser contrairement à la végétation naturelle. La végétation moins dense passe à 31,65 % soit 1993,9 hectares. La végétation dense est passée à 25,46 % soit 1604,34 hectares. La zone agricole quant à elle passe à 2524,4 hectares soit 40 % du terroir. La surface eau a connu une extension malgré qu'elle soit la plus petite unité d'occupation du sol, elle est passée à 157,38 hectares soit 2,5 % du terroir (Figure 3).

En 2018 la situation de l'occupation du sol révèle une forte domination de la zone agricole qui a connu une augmentation exponentielle de surface au fil des années, elle atteint une superficie de 3640,4 hectares soit 57,78 % du terroir. La végétation naturelle suit une logique régressive. La végétation moins dense est passée à 1454 hectares soit 23,1 % du terroir. Quant à la végétation dense elle a régressé à 1123,82 hectares soit 17,84 % du terroir. De façon générale la végétation naturelle a régressé pour faire place à la zone agricole. La surface eau a aussi régressé et est passé à 42,39 hectares soit 0,67 % du terroir compte tenue des effets de la saisonnalité (Figure 3).

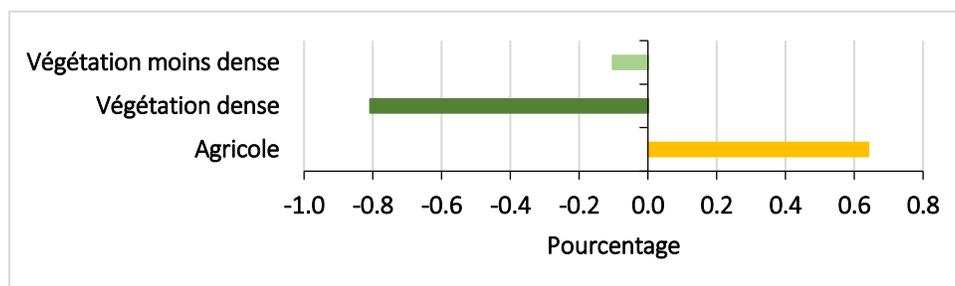
Statistique de la Dynamique de L'occupation du Sol

Statistique de la Dynamique de L'occupation du Sol à Benguéé

Taux de changement annuel global 1987-2019

La zone agricole de Benguéé a connu une progression annuelle de 0,6 % soit une croissance annuelle de 7,14 hectares durant la période 1987-2018 (Source : *Landsat*

Figure 4). Ceci est contraire à la végétation naturelle qui régresse d'année en année au profit de la surface agricole. La végétation dense régresse annuellement de 0,8 % de sa superficie soit une réduction annuelle de 11,9 hectares. La végétation moins dense a perdu annuellement 0,1 % de sa superficie, ce qui équivaut à une régression de 1,1 hectare par an entre 1987-2018.

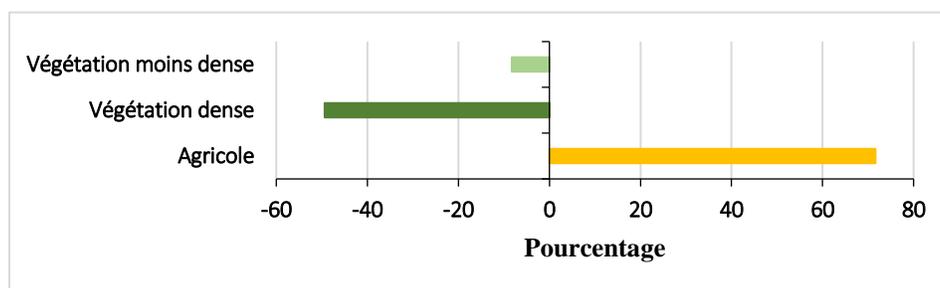


Source : Landsat

Figure 4:Taux de changement annuel global 1987-2019 à Benguénié

Taux de Changement Global 1987-2019

Le taux de changement global montre que la zone agricole de Benguénié a connu une progression remarquable (Figure 5). Elle a augmenté de 71,6 % de sa superficie initiale correspondant à une croissance globale de 797,7 hectares durant la période 1987-2018. Ces évolutions remarquables ont été faites sur la végétation naturelle qui se voit diminuer de superficie. La végétation dense a perdu globalement 49,4 % de sa superficie initiale soit une régression globale de 724,7 hectares durant la période 187-2018. De même la végétation moins dense a aussi perdu 8,3 % de sa superficie soit 86 hectares durant la même période.

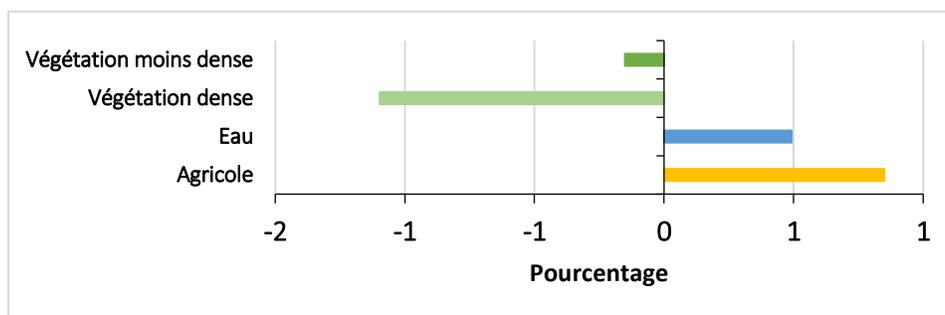


Source : Landsat

Figure 5:Taux de changement global 1987-2019 à Benguénié
Statistique de la dynamique de l'occupation du sol à Ziguéna

Taux de Changement Annuel Global 1987-2019

La Figure 6 illustre le changement annuel global. La surface agricole a subi une forte progression annuelle de 0,9 % soit une augmentation de 15,1 hectares par an durant la période 1987-2018. De même la surface en eau a progressé annuellement de 0,5 % soit une extension de 0,1 hectares par an. La végétation naturelle quant à elle perd de superficie au détriment des autres unités d'occupation du sol. La végétation dense régresse de 1,1 % par an soit 31,1 hectares. La végétation moins dense a aussi perdu annuellement 0,2 % de sa surface soit une réduction de 2,5 hectares par an pendant la période 1987-2018.

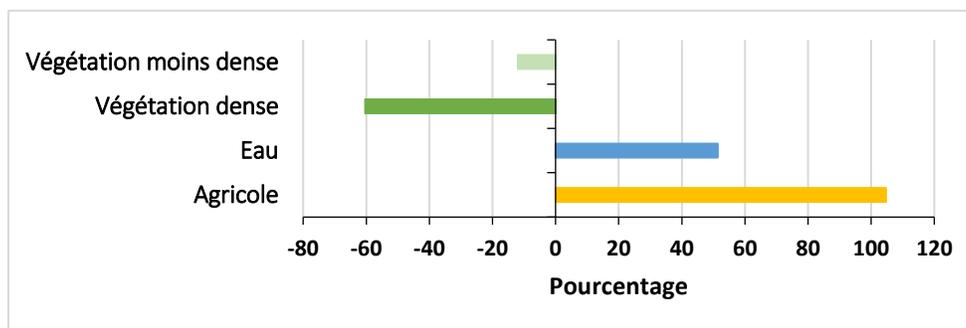


Source : Landsat

Figure 6:Taux de changement annuel global 1987-2019 à Ziguéna

Taux de changement global 1987-2019

Les taux de changements globaux durant la période 1987-2018 nous montre que la surface agricole a augmenté de 104,7 % soit une progression de 1862 hectares (**Figure 7**). Suivie de la surface en eau qui a subi une extension de 51,4 % avec une augmentation de 14,4 hectares. Ces différentes évolutions ont été faites de façon générale sur la formation naturelle. La végétation dense a perdu 60,3 % de sa surface soit 1708,7 hectares. La végétation moins dense a globalement perdu 11,9 % de sa superficie soit une réduction de 197,2 hectares durant période d'étude.



Source : Landsat

Figure 7:Taux de changement global 1987-2019 à Ziguéna

Modélisation de la Dynamique Spatio-Temporelle de L'occupation du Sol

Matrice de Transition des Unités de L'occupation du Sol de Benguénié 1998 à 2009

Les résultats de la matrice de transition révèlent que 1411,71 hectares de la surface agricole sont restés constante avec une stabilité de 74 % et 499,4 hectares ont changés d'état soit un taux de changement de 26 %. Le bâti rural a connu une stabilité de 85 % de sa surface initiale soit 31,02 hectares contre un changement d'état de 5,48 hectares avec une proportion de 15 %. La végétation naturelle a été l'unité la moins instable durant cette période. La végétation dense a été

stable à 32 % soit 237,46 hectares contre une variation de 68 % de sa superficie initiale soit 505,78 hectares. Quant à la végétation elle a été stable à 65 % (616,07 hectares) contre un changement d'état de 35 % (337,77 hectares). Cette forte instabilité de la végétation naturelle a été faite en faveur de la surface agricole.

Tableau 1: Probabilité de Transition à Benguééné Entre 2009-2018

Unités	Agricole	Bâtis	Bois sacré	Végétation dense	Végétation moins dense	Total 1998
Agricole	1411,71	16,67	0	373,55	109,27	1911,2
Bâtis	1,37	31,02	1,37	1,37	1,37	36,5
Bois sacré	0,04	0,04	0,99	0,04	0,04	1,15
Végétation dense	342,78	0,18	0	237,46	162,82	743,24
Végétation moins dense	105,23	0,37	0	232,1	616,07	953,77
Total 2009	1861,13	48,28	2,36	844,52	889,57	3645,86

Source : Landsat

Matrice de transition des unités de l'occupation du sol de Ziguéna 1998 à 2009

Les statistiques de la matrice de transition révèlent que la surface agricole a été constant à 74 % de sa superficie initiale soit 2689,3 hectares contre un changement d'état de 26 % (950,77 hectares). Le bâti rural a connu une stabilité de 85 % (33,79 hectares) contre une variation de 15 % soit 6,16 hectares. La surface en eau a été moins stable soit 13 % (5,35 hectares) de sa surface initiale et une variation importante de 87 % soit 37,06 hectares. La végétation naturelle a été de façon générale la moins constante. La végétation dense est restée stable à 32 % (364,08 hectares) contre une variation de 68 % (759,93 hectares) de sa surface initiale. La végétation moins dense est restée constante à 38 % (547,44 hectares) contre un changement d'état de 62 % (906,7 hectares).

Tableau 2: Probabilité de transition à Ziguéna entre 2009-2018

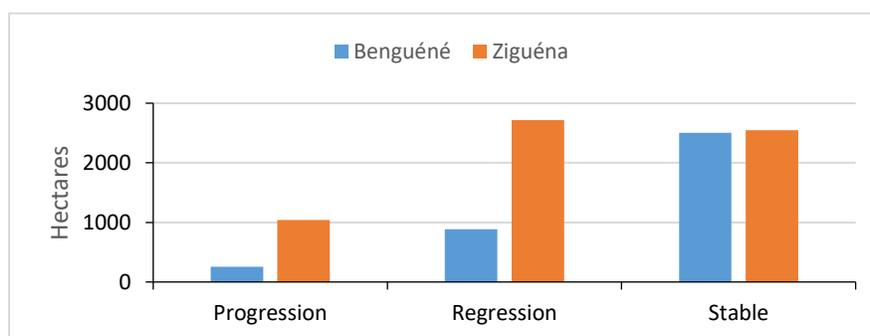
Unités	Agricole	Bâtis	Eau	Végétation dense	Végétation moins dense	Total 1998
Agricole	2689,3	41,1	2,1	267,09	640,46	3640,07
Bâtis	6,16	33,79	0	0	0	39,95
Eau	36,85	0	5,35	0,01	0,2	42,41
Végétation dense	563,4	0,15	0,01	364,08	196,37	1124,01

Végétation moins dense	624,81	5,53	0	276,37	547,44	1454,15
Total 2009	3920,5	80,57	7,46	907,55	1384,47	6300,59

Source : Landsat

Bilan de la stabilité de la dynamique d'occupation du sol

Dans les terroirs d'étude spatialement 69 % (2502,2 hectares) de la superficie est resté stable à Benguéné contre 40 % (2546,8 hectares) à Ziguéna. Les surfaces en régression sont de 24 % à Benguéné soit 887,6 hectares et de 43 % (2714,7 hectares) à Ziguéna. Les zones de progressions sont respectivement de 7 % (255,9 hectares) et 16 % (1040 hectares) à Benguéné et Ziguéna. De façon générale les zones de régression sont beaucoup plus importantes Ziguéna contrairement à Benguéné. Ceci explique une forte réserve des surfaces agricole à Ziguéna et possible saturation des espaces agricoles dans le terroir de Benguéné.



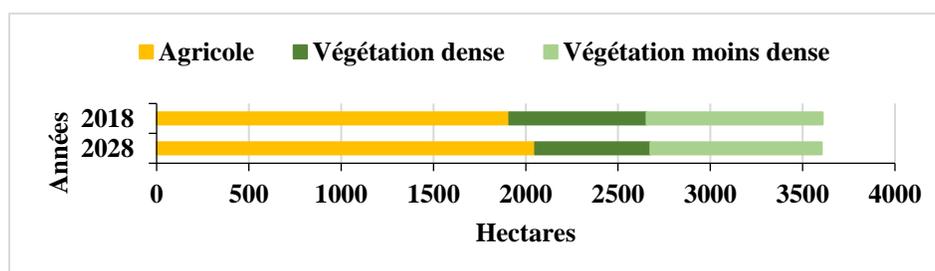
Source : Landsat

Figure 8: Statistique de la stabilité des unités d'occupation du sol

Simulation de L'occupation du Sol à L'horizon 2028

Simulation de L'occupation du Sol de Benguéné à L'horizon 2028

La simulation de l'occupation du sol annonce une forte anthropisation pour un terroir quasiment déjà sous l'emprise agricole avec environ 75 % du terroir (Figure 9). La zone agricole connaîtra une forte extension de sa superficie initiale de 2018. La surface agricole passera de 1911,32 hectares (52,4 %) en 2018 à 2050,1 hectares (56,2 %) en 2028. La végétation naturelle perdra de superficie au profit de la zone agricole. La végétation dense passera de 743,1 hectares (20,4 %) à 624,8 hectares (17,1 %). La végétation moins dense passera 953,8 hectares (26,2 %) à 929,1 hectares (25,5 %) durant la même période.

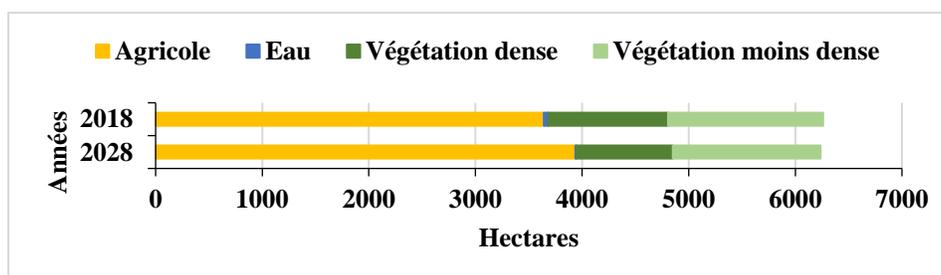


Source : Landsat

Figure 9: Comparaison de la carte d'occupation du sol de 2018 et la carte de prédiction à l'horizon 2028 dans le terroir de Benguéné

Simulation de l'occupation du sol de Ziguéna à l'horizon 2028

Le bilan global de la simulation de l'occupation du sol prévoit une forte anthropisation de l'espace de Ziguéna (Figure 10). En effet la surface agricole connaîtra une hausse considérable de superficie dans le futur (2028). La surface agricole passera de 3640,4 hectares en 2018 (57,8 %) à 3937,45 hectares (62,5 %) en 2028. Cette évolution de la classe ci-dessus sera faite sur la végétation naturelle, qui à son tour diminuera de superficie. La végétation dense passera de 1123,8 hectares (17,8 %) en 2018 à 906 hectares (14,4 %) en 2028. La végétation moins dense passera de 1454 hectares (23,1 %) en 2018 à 1385 hectares (22 %). La surface eau perdra aussi de superficie due probablement aux effets futurs de la saisonnalité.



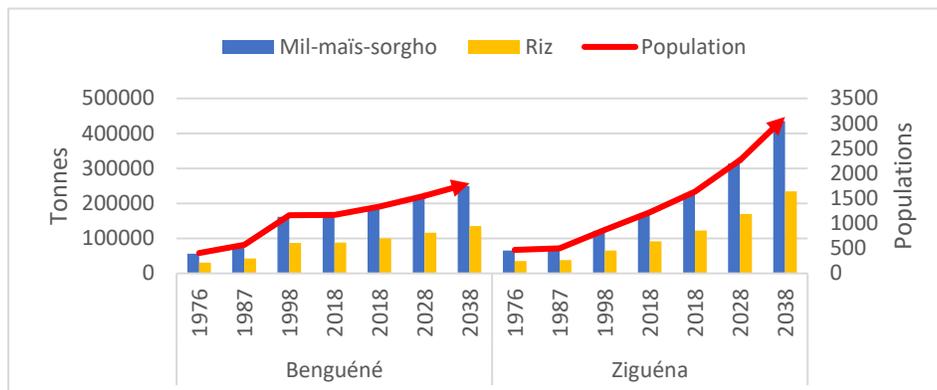
Source : Landsat

Figure 10: Comparaison de la carte d'occupation du sol de 2018 et la carte de prédiction à l'horizon 2028 dans le terroir de Ziguéna

Pression Démographique et Besoins Spécifiques des Populations

Au Mali comme dans toutes les autres régions d'Afrique subsaharienne, les céréales sèches (mil, maïs, sorgho) constituent la base des consommations des exploitations agricoles familiales. Les besoins en céréale sèche (mil, maïs, sorgho) sont estimés à 139 kg par personne et par an, celles-ci sont complétées par le riz avec un besoins de 79 kg par personne et par an selon les statistiques de la FAO (Figure 11). Au total les besoins céréaliers estimés par la norme FAO est de 214 kg par tête et par an. Comme nous pouvons le constater plus la population croît plus les besoins spécifiques de ces céréales augmentent. Les besoins céréaliers constituent un facteur

important de la dynamique d'occupation du sol dans les systèmes de production peu intensif comme celui des sites d'études retenus (Benguéné et Ziguéna).

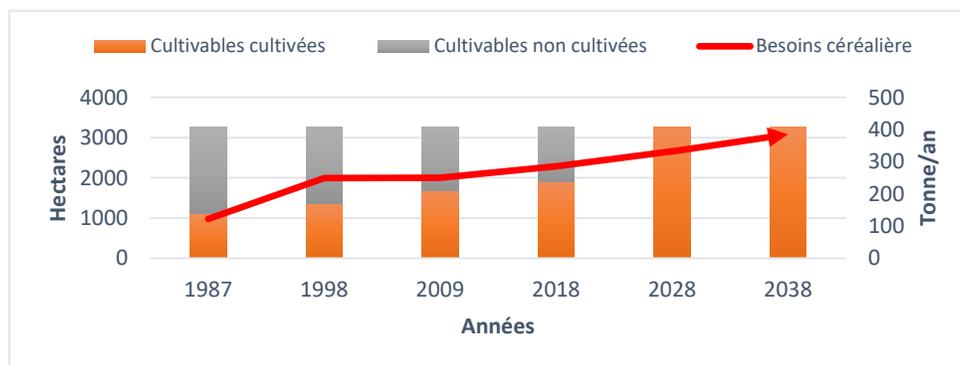


Source : RGPH et FAO

Figure 11: Estimation de la variabilité des besoins en céréale selon la norme FAO

Dynamique D'occupation des Terres Agricole et Sécurité Alimentaire

La dynamique d'occupation des terres agricole (superficies cultivées) du terroir de Benguéne varie en fonction des besoins alimentaires (céréales). Elle est la principale stratégie de réalisation de l'autosuffisance alimentaire. Cependant cette autosuffisance ne pourra pas se faire continuellement par le biais des superficies cultivables puisqu'elles s'épuiseront dans un futur proche c'est-à-dire à partir de 2028 (Figure 12). Les exploitations agricoles seront contraintes de développer d'autres stratégies pour pouvoir assurer autosuffisance céréalière.

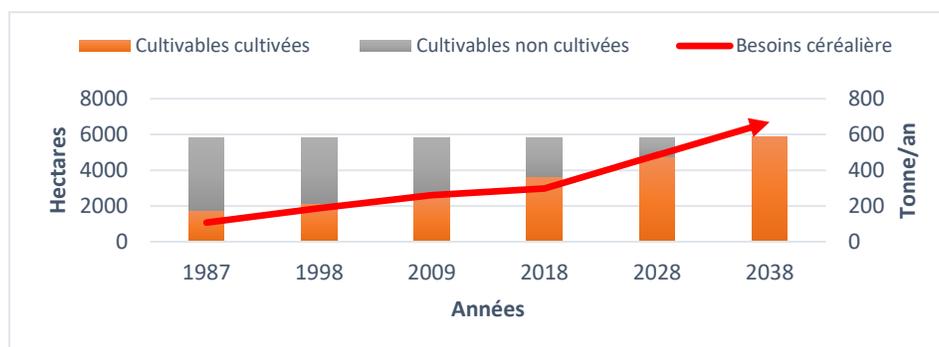


Source : Landsat, RGPH et FAO

Figure 12: Evolution des besoins en céréales et capacité des terres agricoles à l'horizon 2038 dans le terroir de Benguéne

Dans le terroir de Ziguéna, la dynamique d'occupation des superficies cultivées est fortement dépendante des besoins alimentaires (céréalière) (Figure 13). Les superficies cultivées augmentent en fonction des besoins alimentaires de la population. La disponibilité foncière (superficie cultivables) de Ziguéna laisse entrevoir une continuité de réalisation de l'autosuffisance par l'extension des superficies cultivées jusqu'en 2038. Mais au-delà de cette

date les superficies cultivables ne seront plus en mesure de couvrir les besoins céréaliers, donc les exploitations agricoles seront contraintes de développer d'autres stratégies pour la réalisation de la sécurité alimentaire en termes de disponibilité alimentaire.



Source : Landsat, RGPH et FAO

Figure 13: Evolution des besoins en céréales et capacité des terres agricoles à l'horizon 2038 dans le terroir de Ziguéna

Discussion

Les tendances générales observées au niveau de la dynamique d'occupation du sol dans les deux (2) sites (Benguéné et Ziguéna) sur les trois (3) dernières décennies est une forte augmentation des superficies agricoles au détriment de la formation végétation, ces résultats sont identiques aux travaux effectués par Ballo et al., 2016; Fane, 2015; Ngo et al., 2018. Les résultats de la prédiction de l'état futur de l'occupation du sol (modélisation) révèlent qu'à l'horizon futur (2028), pendant que les surfaces agricoles et bâtis s'étendront, les superficies de la végétation naturelle connaîtront une forte régression. Ces tendances sont observées dans les études menées par Dembele, 2019; Oloukoi et Mama, 2006; Sall et al., 2019. Les résultats de cette étude prouvent également que l'amélioration de l'autosuffisance alimentaires (céréalières) est le fruit de la dynamique d'occupation des terres agricole qu'a connue les sites durant les trente (30) dernières années, c'est-à-dire une forte augmentation de la superficie cultivée plus que le rendement résultant essentiellement de l'augmentation des besoins céréaliers et qui reste la principale stratégie d'autosuffisance. Cette tendance est conforme avec celui de Ballo et al., 2016), qui affirme que l'augmentation de la population est fortement corrélée avec la production et aussi avec la superficie cultivée, tandis qu'elle est en faible corrélation avec le rendement par hectare.

Conclusion

L'étude a permis de mettre en exergue des éléments de réponses à des facteurs liés à la dynamique d'occupation du sol et de la stratégie de réalisation de la sécurité alimentaire dans un contexte de forte croissance démographique. Deux principaux types de données ont été utilisés, il s'agit des images Landsat et des données du RGPH. Les dynamiques d'occupation du sol passées se sont faites principalement au profit des surfaces agricoles, résultant essentiellement de l'augmentation des besoins alimentaires. La principale stratégie constatée pour assurer

l'autosuffisance alimentaire soulève des questions quant à la vulnérabilité future des exploitations agricole face au risque de l'insécurité alimentaire puisque l'accroissement de la production ne pourra pas se faire éternellement par l'augmentation des surfaces. Les résultats de ces analyses montrent à quel point les pratiques actuelles compromettent les défis d'atteinte des ODD. Les résultats de cette étude nous a permis de dégager des pistes de solution face à la vulnérabilité future des exploitations agricoles au risque de déficit céréaliers, il s'agit donc : d'intensifier l'agriculture pour booster les rendements des cultures ; d'orienté le maximum de producteur vers d'autres activités génératrices de revenu différent de l'agriculture et de diminuer le taux de croissance démographique par la planification familiale afin de réduire la pression sur les ressources naturelles.

Références Bibliographiques

Ballo, A. et al. (2016) 'Pressions Anthropiques Et Dynamique D'occupation Des Terres Dans Le Terroir De Ziguéna, Zone Cotonnière Du Mali', European Scientific Journal, ESJ, 12(5), p. 90. doi:10.19044/esj.2016.v12n5p90.

Blanchard, M., 2010. Gestion de la fertilité des sols et rôle du troupeau dans les systèmes coton-céréales-élevage au Mali-Sud : savoirs techniques locaux et pratiques d'intégration agriculture élevage p303.

Coulibaly, M., 2017. Accaparement des terres et sécurité alimentaire au Mali p28.

CSA (2005) Analyse de la sécurité alimentaire et de la vulnérabilité (CFSVA). Bamako: Commissariat à la Sécurité Alimentaire (CSA), p. 95.

Cuny, P. and Sorg, J.-P. (2003) 'Forêt et coton au sud du Mali : cas de la commune rurale de Sorobasso | BOIS & FORETS DES TROPIQUES', p. 15.

Dembele, A.B., 2019. detection des zones a potentiel agricole dans la commune rurale de bougaribaya p99.

Dembélé, N.N. and Staatz, J.M. (2010) Sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest : Enjeux et Eléments Stratégique pour sa Réalisation. Bamako: MSU, p. 26.

Dewbre, J., Battisti, A.B. de, 2008. Progrès agricole au Cameroun, au Ghana et au Mali: Comprendre les causes et maintenir la dynamique. OCDE.

Droy, I., Bélières, J.-F., Bidou, J.E., 2012. Entre Crise et Rebond: Questions Autour de la Durabilité des Systèmes de Production Cotonniers au Mali. Eur J Dev Res 24, 491–508. <https://doi.org/10.1057/ejdr.2012.12>

- Egg, J. and Wade, I. (2006) 'Bilan et perspectives des cultures vivrières dans les pays du Sahel', *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 13(4), pp. 285–291. doi:10.1051/ocl.2006.0040.
- Fagaye, S., Doubangolo, C., Ousmane, C., Patrick, D., 2013. Évaluation de l'arrière effet de la culture du coton sur la production céréalière en zone cotonnière du Mali p17.
- Fane, S. (2015) 'Dynamique spatiale des ressources naturelles exploitées dans la commune rurale de wateni (cercle de Sikasso au mali)', p. 21.
- Gautier, D., Gazull, L. and Belières, J.-F. (2007) 'Note de cadrage Mali', p. 47.
- Hamidou, A., Boubé, M., Ali, M., Mahamane, S., 2012. Caractérisation de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation des terres dans le complexe des forêts de classées de Dan kada Dodo - Dan Gado (région de Maradi, Niger) p11.
- Hitimana, L. et al. (2008) 'Profil sécurité alimentaire du Mali', CSAO-CILSS, p. 26.
Institut d'Économie Rurale (2020) *Adaptation de l'Agriculture et de l'Élevage au Changement Climatique au Mali-Résultats et leçons apprises au Sahel*. Bamako: Institut d'Économie Rurale (IER), p. 26.
- Issiaka, N.T., Arouna, O. and 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, ESJ*, 12(32), p. 251. doi:10.19044/esj.2016.v12n32p251.
- Kpedenou, K.D., Drabo, O., Ouoba, A.P., Da, D.C.E., Tchamie, T.T.K., 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. *Cahiers du cerleshs XXXI*, 203–228.
- Mamane, B. et al. (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(4), p. 1667. doi:10.4314/ijbcs.v12i4.13.
- Mamy, S., Sidiki, T., 2019. Atlas des zones cotonnières du Mali.
- MDRE, 2004. strategie nationale de securite alimentaire au mali. ministere du developpement rural et de l'environnement.
- Ngo Makak, R., Sanou, P., Toure, I., Tchindjang, M., Makak J., S., 2018. Analyse Diachronique De L'Occupation Des Terres Pour La Conception D'Une Base De Données Géo-Référencées De Suivi Des Dynamiques Territoriales Dans La

Commune Rurale De Koumbia Au Burkina Faso.
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.1215893>

Oloukoi, J., Mama, V.J., 2006. modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin 6, 20.

Sall, A. et al. (2019) 'Contribution à l'étude de la vulnérabilité des terres de cultures de la région de Thiès (Sénégal) à l'aide de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG)', *Journal of Animal & Plant Sciences*, pp. 6731–6746. doi:10.35759/JAnmPISci.v41-1.1.

Sanogo, Z.J.-L. (2017) 'Etat des lieux et facteurs-clés pour un meilleur accès des producteurs maliens à la mécanisation', p. 15.

Soro, G., Ahoussi, E.K., Kouadio, E.K., Soro, T.D., Oulare, S., Saley, M.B., Soro, N., 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) 15.

Souley Yero, K., 2008. L'évolution de l'occupation des sols à l'échelle des bassins versants de Wankama et Tondi Kiboro : Quelles conséquences sur les débits et l'évapotranspiration réelle (ETR) (DEA). Université Abdou Moumouni De Niamey Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Niger.

Thierry, A. et al. (2018) 'Modélisation Des Changements D'occupation Des Terres En Région Soudanaise Au Nord-Ouest Du Bénin', *European Scientific Journal*, ESJ, 14(12), p. 248. doi:10.19044/esj.2018.v14n12p248.

Valenghi, D., Guenat, D., 2001. Coton biologique au Mali Document de programme.

Zakari, S. et al. (2018) 'Application De La Télédétection Et Du Sig Au Suivi Des Formations Végétales De La Forêt Classée Des Trois Rivières Au Nord-Est Du Bénin', *European Scientific Journal*, ESJ, 14(15), p. 450. doi:10.19044/esj.2018.v14n15p450.