

Etudes des facteurs influant la dynamique du paysage dans le département de Ouallam (Niger)

[Studies of the factors influencing the dynamics of the landscape in the department of Ouallam (Niger)]

Ousseini Moussa Abdou¹, Nomaou Dan Lamsou², Iro Dan Guimbo³, Salifou Saidou⁴, and Hamza Gama Dad⁵

¹Ecole doctorale des Sciences de la Vie et de la Terres, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, B.P. 10960 Niamey, Niger

²Département de Sciences du Sol, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, B.P. 10960 Niamey, Niger

³Département de Génie Rural et Eaux & Forêts, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, B.P. 10960 Niamey, Niger

⁴Faculté des Sciences Agronomiques, Université Djibo Hamani de Tahoua, B.P. 255 Tahoua, Niger

⁵Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, B.P. 10960 Niamey, Niger

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Niger in general and particularly in the department of Ouallam located in the Northern part of the area of Tillabéri, the natural resources undergo since decades a thinning down without precedent under the influence of several factors. The aim had by this work is to characterize the factors responsible for this environmental pollution on a local scale. To this end, an investigation of perception coupled to observations into the ground was carried out into the aspects relating to the causes of the degradation of the grounds. The analysis of the causes of landscape degradation was categorized in climatic, physical and anthropic factors. The results raise that with a standardized index of pluviometry (ISP) varying from -2,54 to 2,24, precipitations constitute the principal climatic factor influencing environmental dynamics. In the physical plan, the units of the relief evolve in basins slopes where the degradation of the plates is reflected on the other components. The factors anthropic causing the dynamics of the local ecosystems are: extension and the overexploitation of the grounds, cut of wood, the clearing, overgrazing, exploitation of the fodder and the residues of the cultures. The surveyed people affirmed the regression of the vegetation and the progression of the naked grounds, respectively to 94,91 % and 38,43 % of the guarantors. According to the population, the progressive degradation of the environment is caused mainly by the anthropic exploitation and bad pluviometry, respectively 93,38 % and 66,91 % of the appreciations made by the guarantors.

KEYWORDS: Analyze, Causes, Changements, Ecosystèmes, Niger west.

RESUME: Au Niger en général et particulièrement dans le département de Ouallam situé dans la partie Nord de la région de Tillabéri, les ressources naturelles subissent depuis des décennies un amenuisement sans précédent sous l'influence de plusieurs facteurs. Le présent travail est entrepris afin de caractériser les facteurs responsables de la dynamique de l'environnement à l'échelle locale. A cet effet, une enquête de perception couplée à des observations de terrain a été réalisée sur les causes de la dégradation des terres. L'analyse de ces dernières a été ainsi catégorisée en facteurs climatiques, physiques et anthropiques. Les résultats obtenus relèvent qu'avec un indice standardisé de la pluviométrie (ISP) variant de -2,54 à 2,24, les précipitations constituent le principal facteur climatique influençant la dynamique environnementale. Au plan physique, les unités du relief évoluent dans des bassins versants où la dégradation des plateaux se répercute sur les autres composantes. Les facteurs anthropiques occasionnant la dynamique des écosystèmes locaux sont l'extension et la surexploitation des terres, la coupe du bois, le défrichement, le surpâturage, l'utilisation des résidus des cultures à des fins

domestiques. Les personnes enquêtées ont affirmé la régression de la végétation et la progression des sols nus, respectivement à 94,91 et 38,43 %. Selon toujours les enquêtés, la dégradation progressive de l'environnement est causée principalement par l'action anthropique et la mauvaise pluviométrie, respectivement pour 93,38 et 66,91 %.

MOTS-CLEFS: Analyse, Causes, Changements, Ecosystèmes, Ouest Niger.

1 INTRODUCTION

Au Sahel, au cours de ces dernières décennies les écosystèmes ont connu des transformations progressives [1]. Ces transformations ou dynamique paysagère se caractérise par l'évolution de l'occupation des sols qui diffèrent selon l'écorégion [2]. Parmi les changements, la conversion des formations ligneuses en zones agricoles est la plus spectaculaire [3]. Cela a entraîné la modification des conditions écologiques et de la diversité floristique [4]. Au plan climatique, la région a connu des chocs de sécheresses qui ont contribué sans doute à la vulnérabilité des écosystèmes.

Au Niger, particulièrement dans sa partie ouest, l'évolution paysagère s'est traduite par un recul important des formations végétales naturelles (brousses tigrées et steppes) au profit des paysages aménagés et des sols dénudés [5]. La variation de l'occupation des sols peut être liée à plusieurs facteurs dont les activités anthropiques, les aléas climatiques et environnementaux [4]. En dehors de leur contribution à modifier la structure des espèces, ces facteurs entraînent de plus en plus, la perte des services écosystémiques fournis par les différents milieux écologiques [6]. Cela impacte considérablement la vie des populations dans un contexte où 4 sur 5 personnes vivent en milieu rural et dépendent des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) et de l'agriculture pluviale [7]. Parmi les conséquences locales on retient notamment la baisse sévère de la fertilité des terres et l'érosion des sols [6]. De par leurs interactions, les causes de la dynamique environnementale engendrent des conséquences à distance comme les problèmes d'inondation.

En effet, pour faire face aux conséquences de la régression des formations végétales et aux chocs climatiques, les communautés locales développent des stratégies d'adaptation dont certaines sont susceptibles d'accélérer la dynamique paysagère. Par ailleurs, les études portant sur la dynamique de l'occupation des sols, traitent beaucoup plus de l'évolution des différentes catégories de classe d'occupation que les facteurs déterminants. Les facteurs sont abordés mais pas suffisamment développés et /ou pas assez contextualisés. Il est dès lors apparu nécessaire d'identifier et caractériser les facteurs influant la dynamique de l'occupation des terres à l'échelon local. Ce travail a été entrepris pour analyser les facteurs qui contribuent à la dynamique du paysage dans le département de Ouallam, situé dans l'une des zones les plus arides du Niger.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Avec une superficie de 17 204 km² [8], le département de Ouallam (figure 1) est situé dans la partie nord de la région de Tillabéri entre 13°50' et 15°20' de latitude Nord et 1°30' et 3°15' de longitude Est. Il est limité par six autres départements de la région (Banibangou et Filingué à l'est, Tagazar et Kollo au sud et Tillabéri et Ayorou à l'ouest) et partage sa frontière nord avec la République du Mali.

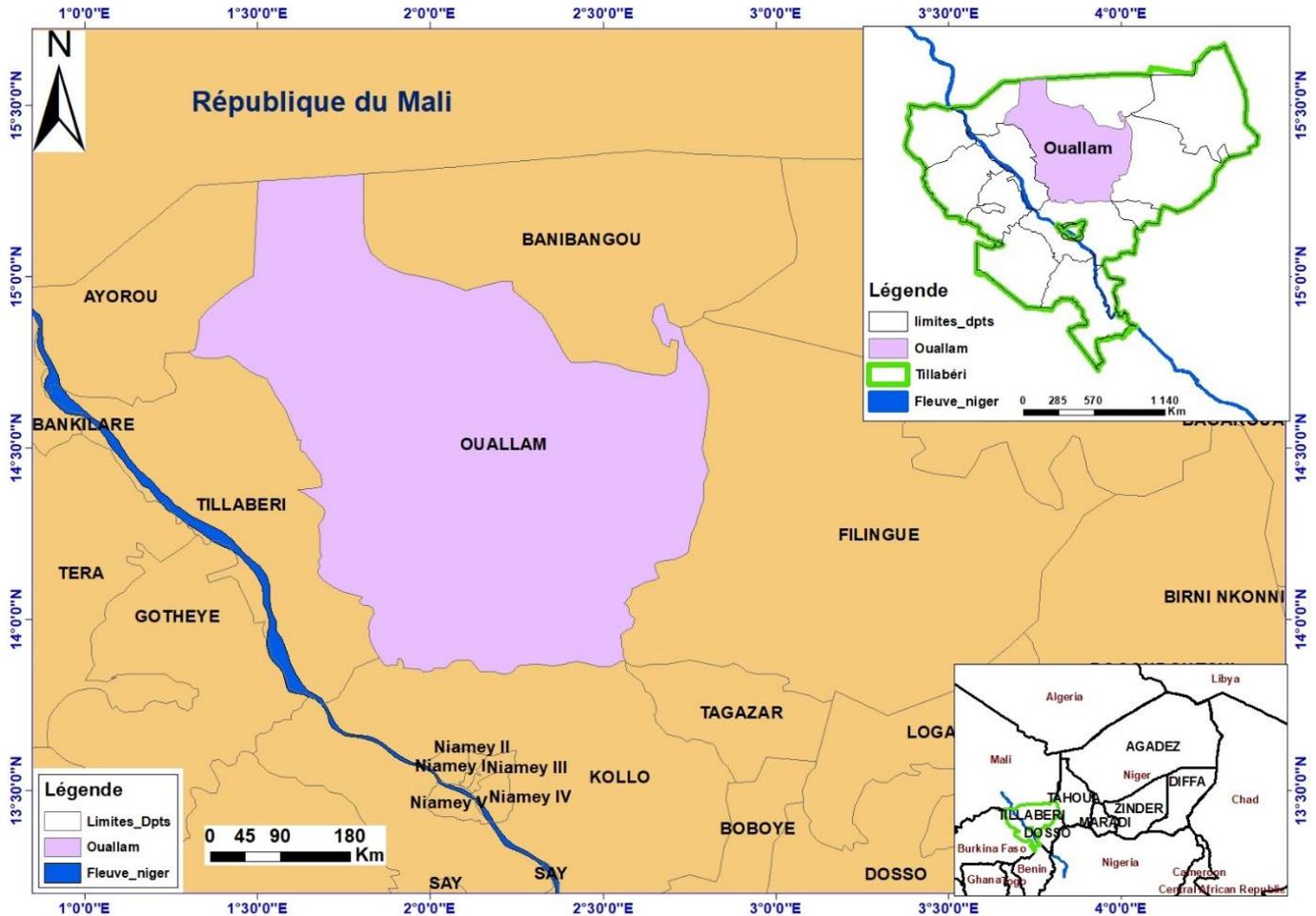


Fig. 1. Carte du département de Ouallam

Le département de Ouallam a une géologie de bas plateaux gréseux tabulaires du Continental terminal et d'ergs fossiles du quaternaire [9]. Le relief est très peu contrasté avec une altitude variant de 200 m au Sud à 350 m au Nord où les basses et hautes altitudes caractérisent respectivement les bas-fonds et les plateaux [10]. On rencontre ainsi des systèmes de plateaux, de cuirasses latéritiques, des plaines d'accumulation et des dunes dans le Nord [11]. Le climat, avec l'alternance d'une saison sèche et d'une saison humide ou pluvieuse, se caractérise par de faibles précipitations et de fortes températures. La végétation est composée d'une strate ligneuse ouverte et d'un tapis herbacé (steppe et savane sahélienne) ne s'exprimant que pendant la saison des pluies (3 à 4 mois). Les espèces ligneuses typiques sont des Combrétacées et des arbres épineux [12].

2.2 MÉTHODES DE COLLECTE DES DONNÉES

2.2.1 CHOIX DE COMMUNE ET DES VILLAGES D'ÉTUDE

La collecte des données a été menée dans la commune rurale de Simiri pour son accessibilité relative. Le choix des villages a été basé sur les unités paysagères ou position du village par rapport aux unités paysagères. Ce critère a été retenu dans l'optique d'avoir un échantillon représentatif des villages et de diversifier les opinions d'une part et voir si la topo-séquence avait une influence sur la perception de la dynamique du paysage par les paysans d'autre part. C'est ainsi que des villages qui se situent sur des glacis et dans des bas-fonds ont été retenus après le zonage (tableau 1). Le principal critère de choix des répondants a été l'âge. De ce fait, seuls les sujets âgés d'au moins 30 ans, ont été ciblés.

Tableau 1. Villages concernés par les entretiens

Villages	Situation à partir du chef-lieu de la commune de Simiri	Unité paysagère considérée
Boli	Nord-Est	Haut-glacis
Gatawan	Sud	Bas-glacis
Guéssé	Nord	Bas-fond
Kanda	Est	Bas-glacis
Kobanda	Ouest	Bas-fond
Koum	Centre	Bas-glacis
Lima	Sud-Ouest	Glacis
Simiri	Centre	Haut-glacis
Simiri Ko	Ouest	Bas-glacis
Warou	Sud	Glacis

L'échantillon des personnes enquêtées a été obtenu par la formule suivante [13]:

$$n = \frac{t^2 \times p(1-p)}{m^2} \quad (1)$$

t est le risque maximum accepté. La valeur est issue d'une loi de probabilité. La valeur de test est de $t=1,96$ pour le seuil de confiance 95%; **p** est la valeur de la probabilité qui donne la dispersion maximale, $p = 0,5$; **m** est marge d'erreur acceptée avec $m= 5\%$;

La taille de l'échantillon devient alors:

$$n = \frac{(1,96)^2 \times 0,5(1-0,5)}{(0,05)^2} = 384$$

Cependant, lors de la phase terrain, la situation sécuritaire qui prévaut dans la zone n'a pas permis l'administration effective des fiches. Il été enquêté au total 220 personnes.

2.2.2 IDENTIFICATION DES FACTEURS POTENTIELS

L'identification des potentiels facteurs qui peuvent être à la base de la dynamique environnementale en général et au niveau local en particulier, a été faite à partir de la documentation traitant de la dynamique de l'occupation paysagère et des entretiens du terrain. Ces derniers, réalisés au moyen de fiches d'enquête, ont été de deux types: individuel et en groupe (Focus group). Les grands traits abordés par l'entretien individuel sont entre autres l'évolution du paysage, les causes fondamentales de la dégradation de l'environnement, les stratégies pour faire face à l'insécurité alimentaire (humaine et animale) et le rôle des ligneux et des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) dans la vie des populations. Quant au focus group, il a porté sur le processus de la dégradation, la lutte contre la dégradation et les initiatives locales de gestion des ressources communautaires. La valeur d'importance des déterminants de la dynamique du paysage notée « VI » a servi à la détermination des facteurs potentiels. Elle correspond à la proportion d'enquêtés qui considèrent un facteur ou une activité comme un déterminant de la dynamique paysagère. Elle est comprise entre 0 et 1 et est déterminée par la formule suivante [14]:

$$VI = \frac{n_{is}}{n} \quad (2)$$

n_{is} est le nombre des personnes enquêtées qui considèrent une activité ou un facteur comme un déterminant et **n** est le nombre total de personnes enquêtées.

2.3 ANALYSE DES FACTEURS DE LA DYNAMIQUE PAYSAGERE

L'analyse a été faite suivant trois catégories de facteurs qui ont été identifiés comme étant déterminant dans la dynamique de l'occupation du sol à savoir les facteurs climatique, physique et anthropique.

2.3.1 FACTEURS CLIMATIQUES

Leur analyse a révélé que la pluviométrie est le facteur climatique le plus déterminant au Sahel influençant la dynamique de l'environnement [15], [16]. Pour mettre étudier sa contribution sur la dynamique des classes d'occupation du sol, l'Indice Normalisé de Précipitations (SPI) (Standardized Precipitation Index) a été utilisé. Cet indice a été développé pour quantifier le déficit de précipitations à différentes échelles de temps [17], [18]. On obtient ainsi, l'historique des années à pluviométrie déficitaire mais aussi celles à pluviométrie excédentaire. Les relevés de précipitations ayant servi au calcul de l'indice ont été obtenus à la Direction Nationale de la Météorologie. Il s'agit des hauteurs annuelles des pluies enregistrées à la station de Simiri, allant de 1981 à 2020. La formule utilisée est la suivante [19], [20]:

$$a = \frac{X_i - X_{moyenne}}{\delta} \quad (3)$$

a désigne l'indice pluviométrique X_i : la variable étudiée pour une année $X_{Moyenne}$: la hauteur moyenne des pluies; δ : l'écart type de la série.

L'obtention des différentes valeurs de l'indice a permis de classer les années (tableau 2). Cette classification qui va des années extrêmement sèches aux années extrêmement humides, comporte sept classes. Cette catégorisation contribuera à l'analyse du rôle de la pluviométrie.

Tableau 2. Classification des années selon la valeur de l'indice SPI

Valeur SPI	Appréciation de l'année
2,0 et plus	Extrêmement humide
1,5 à 1,99	Très humide
1,0 à 1,49	Modérément humide
-0,99 à 0,99	Proche de la normale
-1,0 à -1,49	Modérément sèche
-1,5 à -1,99	Très sèche
-2 et moins	Extrêmement sèche

Source: [17]

2.3.2 FACTEURS BIOPHYSIQUES

La géomorphologie et la nature du sol ont un rôle dans la dynamique de l'occupation des terres [4]. Leur analyse a été effectuée à travers la revue bibliographique et à la suite de sorties de terrain. Les traits retenus ont été les différents éléments du relief, la texture du sol et le type de végétation.

2.3.3 FACTEURS ANTHROPIQUES

Pour les analyser, il a été retenu l'augmentation de l'exploitation agricole, de la consommation du bois, du surpâturage du bétail et de l'exploitation des produits forestiers non ligneux particulièrement celle de la paille.

2.3.3.1 EXPLOITATION AGRICOLE

Pour apprécier la pression en terres agricoles dans la zone d'étude, ce travail s'est inspiré de l'indice agro-démographique (IA) utilisé par [1]. Cet indice est le ratio entre les terres cultivables disponibles et la population totale agricole. Pour cela, les terres cultivables disponibles et la population totale agricole, ont été assimilées respectivement aux zones agricoles (ZA) issues de l'occupation du sol (tableau 3) de deux communes du département et au nombre total des ménages (MA), vue que ces derniers sont essentiellement agricoles à plus de 92% [8]. Les nombres de ménage des différentes années ont été obtenus à partir de [8] et de la formule (5).

$$IA = \frac{ZA}{MA} \quad (4)$$

IA représente l'indice agricole, **ZA** désigne les zones agricole (en ha) et **MA** le nombre des ménages agricoles.

Tableau 3. Superficies des zones agricoles et nombre des ménages

Années	1973	1989	2010	2020
	Superficies en ha			
Commune de Simiri	41 259,91	73 431,10	81 060,70	91 375,72
Commune de Tondikiwindi	84 113,66	158 850,92	158 112,00	68 099,12
	Nombre de Ménages			
Commune de Simiri	3 284	5 583	9 366	12 402
Commune de Tondikiwindi	5 352	8 033	9 990	12 802

Source: cartographie de l'occupation des sols et [8]

2.3.3.2 CONSOMMATION EN BOIS D'ÉNERGIE

Au Niger, la consommation en bois d'énergie par an et par habitant a été estimée à 300 kg en milieu rural [21]. La quantité de bois d'énergie consommée par la population a été estimée en multipliant l'effectif de la population par 300 kg. L'évolution de la population a été établie en se servant des données des quatre (4) recensements généraux de la population (1977; 1988; 2001 et 2012), effectués au Niger par l'Institut National de la Statistique (INS). La population du département de Ouallam a été considérée. Les effectifs de la population des années qui séparent les différentes années de recensement, ont été obtenus en utilisant les taux de croissance du tableau 4 et la formule ci-dessous [1]:

$$P_{0+t} = P_0 (1+t)^n \quad (5)$$

P_{0+t} est la population estimée à partir du recensement précédent ; P_0 est la population totale à l'année du recensement ; t est le taux d'accroissement naturel et n : nombre d'années d'intervalle à partir du dernier recensement.

Tableau 4. Effectifs et taux d'accroissement utilisés

Années de recensement	1977	1988	2001	2012
Nombre d'habitants Ouallam	143 431	190 171	281 821	327 224
	Taux d'accroissement			
		1977_1988	1988_2001	2001_2012
Ouallam		2,6	3,1	2,8
Tillabéri		3,4	2,8	3,2
Niger		3,4	3,3	3,9

Source: [7]

2.3.3.3 SURPÂTURAGE DU BÉTAIL

Le cheptel de la zone d'étude est composé essentiellement de groupe d'espèces phytophages. Ce statut alimentaire exerce une pression sur les ressources végétales. Afin d'évaluer cette pression, il a été établi l'évolution des populations animales du département de Ouallam de 1970 à 2021, composées de Bovins, Ovins, Caprins, Asins et Camelins.

2.3.3.4 EXPLOITATION DE LA PAILLE

En plus de la pression du cheptel qu'elle subit, la paille est aussi ramassée et acheminée principalement vers la capitale Niamey pour la vente. Cette activité prend de plus en plus de l'ampleur et tend à remplacer l'exploitation du bois en voie d'abandon du fait de la dégradation des ressources ligneuses.

3 RESULTATS

3.1 PERCEPTION DE LA POPULATION SUR LA DYNAMIQUE DU PAYSAGE

Les changements, traduisant l'évolution du paysage local selon la population enquêtée, sont donnés par la figure 2.

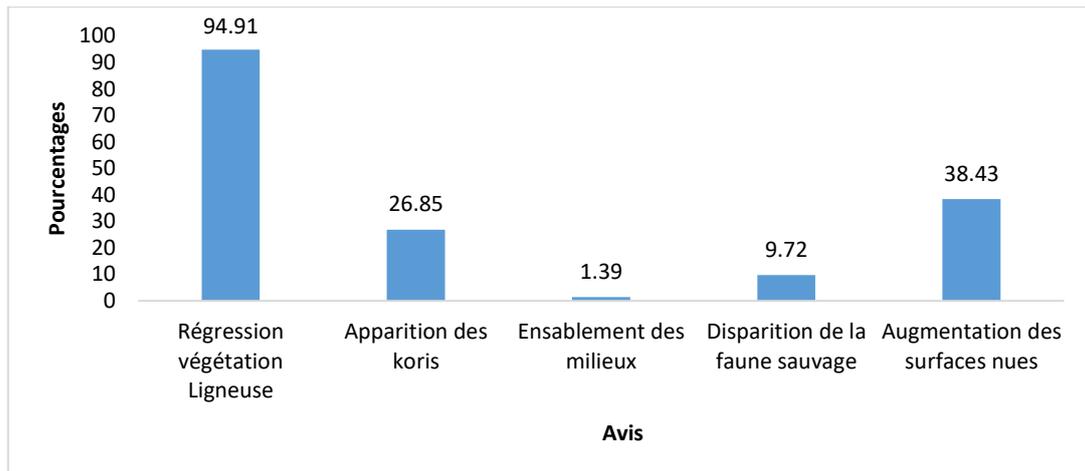


Fig. 2. *Appréciations diachroniques du paysage par les enquêtés*

Les résultats montrent que plus de 94 % des répondants estiment que le recul de la végétation a été perceptible dans l’environnement local. Ils affirment que le paysage devient de plus en plus ouvert avec la diminution et la disparition de certaines espèces. L’augmentation des sols nus a été le deuxième changement perçu à plus de 38 % des enquêtés.

Les causes de la dynamique ont été diversement appréciées par la population locale. La figure 3 donne l’indice de valeur d’importance des déterminants de la dégradation.

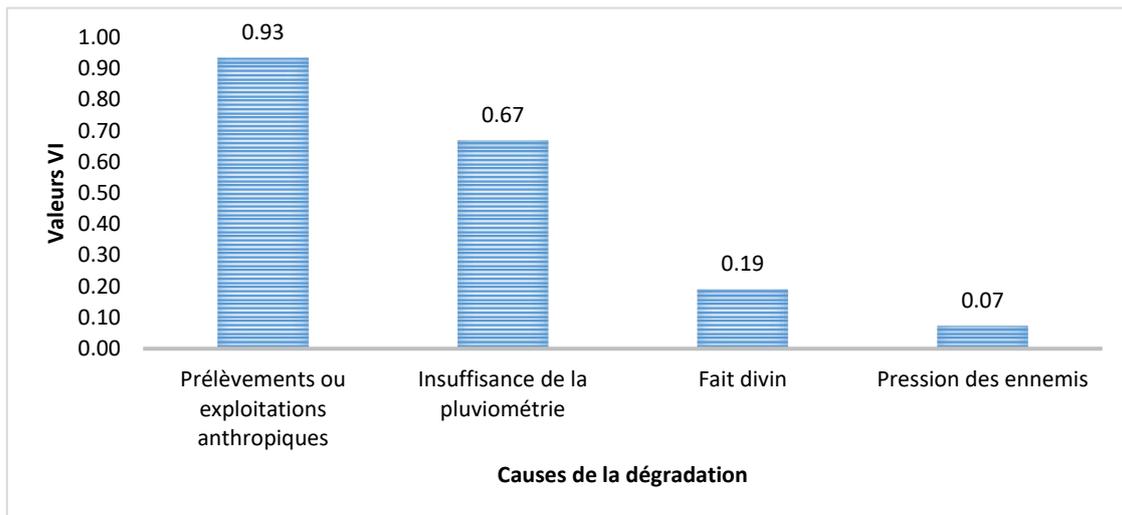


Fig. 3. *Causes de la dynamique paysagère*

La majorité des personnes enquêtées (VI = 0,93) a affirmé que les activités anthropiques constituent le principal facteur de la dynamique paysagère. Ces activités sont entre autres la coupe du bois, la surexploitation des champs, l’exploitation des résidus de culture et de la paille. La pluviométrie (VI= 0,67) a été incriminée comme deuxième facteur déterminant la dynamique du paysage. Les répondants confirment que la régression de la végétation ligneuse est à la base de l’évolution de toutes les classes d’occupation.

3.2 FACTEURS CLIMATIQUES DE LA DYNAMIQUE PAYSAGERE

La figure 4 présente l’indice standardisé de la pluviométrie (ISP) calculé à partir des cumuls annuels de pluies enregistrées à Simiri.

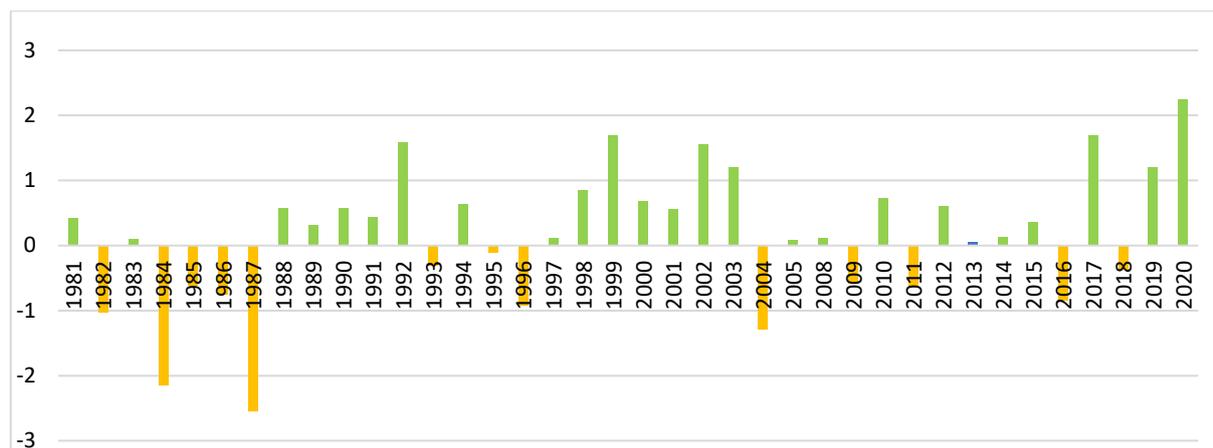


Fig. 4. Indice standardisé de la pluviométrie enregistrée à Simiri de 1981 à 2020

Les valeurs négatives de l’ISP correspondent aux années de déficit pluviométrique et celles positives aux années excédentaires ou de bonne pluviométrie. Ainsi, les proportions des années déficitaires et excédentaires sont respectivement de 32,5 % et 62,5 %. La classification suivant des intervalles de la valeur de l’ISP, a réparti les différentes années en six classes (tableau 5).

Tableau 5. Classification des années entre 1981 et 2020

Station	Classes des années					
	Extrêmement sèche	Modérément sèche	Proche de la normale	Modérément humide	Très humide	Extrêmement humide
Simiri	1984; 1987	1982; 2004	1981; 1983; 1985; 1986; 1988; 1989; 1990; 1991; 1993; 1994; 1995; 1996; 1997; 1998; 2000; 2001; 2005; 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2018;	2003; 2019	1992; 1999; 2002; 2017	2020
Proportion classe	5%	5%	72,5%	5%	10%	2,5%

Source: ISP calculé

La répartition des années en classes a relevé que 72,5 % de ces dernières ont une hauteur de pluviométrie proche de la normale. Les années à pluviométrie insuffisante ne représentent que 10 %. La moyenne annuelle de la hauteur des précipitations sur la période 1981 - 2020 est de 342,45 ± 105 mm. La hauteur minimale est de 64 mm, obtenue en 1987 et la maximale est de 555,7 mm, enregistrée en 2020.

3.3 FACTEURS PHYSIQUES DE LA DYNAMIQUE PAYSAGERE

Les facteurs physiques ont été caractérisés sur la base du niveau de la complexité du paysage d’une part et de la texture des sols d’autre part. Concernant la complexité du paysage, la figure 5 schématise une coupe des différentes unités paysagères dans leur état non dégradé.

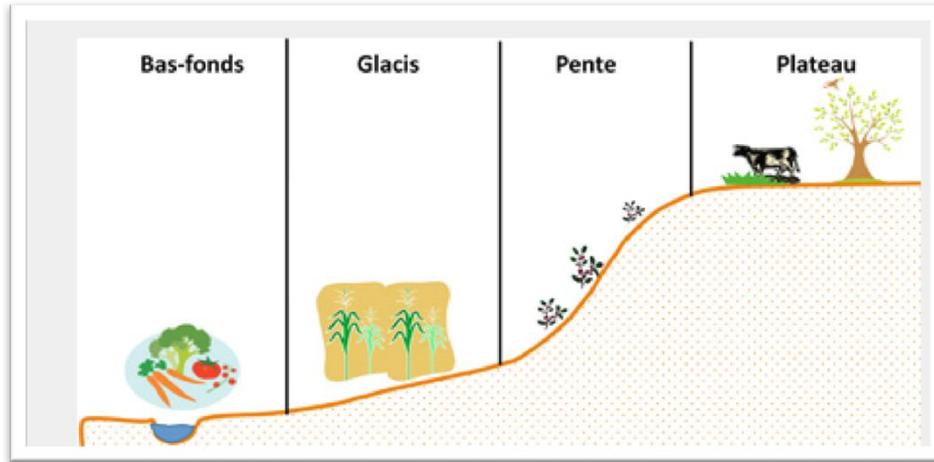


Fig. 5. Unités paysagères de la zone d'étude [22]

Ainsi, les principales unités paysagères distinguées de la haute à la basse altitude sont: le plateau, le glacis abritant les champs agricoles et le bas-fond qui est la zone d'accumulation des eaux de ruissellement. En effet, ces unités sont interdépendantes dans leur évolution et fonctionnement. Par le passé, les plateaux avaient pour vocation la production de services écosystémiques notamment ceux sylvopastoraux. La pression anthropique conjuguée aux chocs de sécheresses, ont entraîné la dégradation de la végétation voire la dénudation totale de la surface des plateaux. Lorsqu'une importante pluie tombe, de par l'absence de la végétation et de l'encroustement de la surface du sol de ces derniers, il se produit un ruissellement nappant des eaux vers la grande pente ou talus. Sur la grande pente, les eaux de ruissellement se concentrent d'avantage et gagnent de la vitesse. Cette nouvelle dynamique hydrique progresse vers les terres se trouvant en bas de pente. Au regard de la force acquise, le ruissellement à son passage, incise et érode de quantités considérables de terres de culture ou de pâturage dans un contexte où les sols sont majoritairement à texture sableuse. Les bas-fonds et les réseaux hydrographiques de manière générale qui sont en aval, reçoivent de plus en plus de quantités d'eau et de particules de sol. On assiste à l'extension et/ou au rétrécissement des plans d'eau. La figure 6 illustre les dégâts engendrés par l'érosion hydrique, favorisés par la topographie des unités paysagères ainsi que la nature du sol.

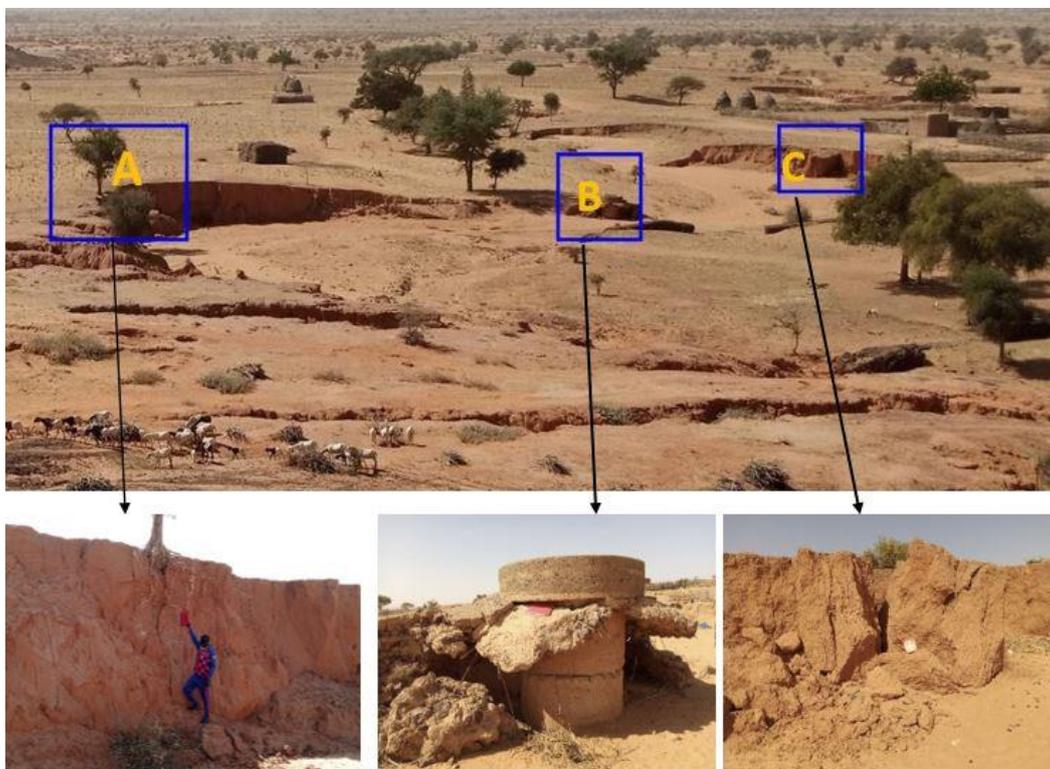


Fig. 6. Vues de l'activité de l'érosion hydrique: A: Ampleur de la profondeur; B: Un puits dégradé et C: Ampleur des masses de terres emportées

S'agissant des sols, ils sont à 80 % sableux, pauvres en matières organiques et en éléments minéraux essentiels. De par l'absence de la végétation et du dessèchement dû à l'aridité du climat, ces sols deviennent meubles en certains endroits et vulnérables à la déflation dans d'autres (figure 7).

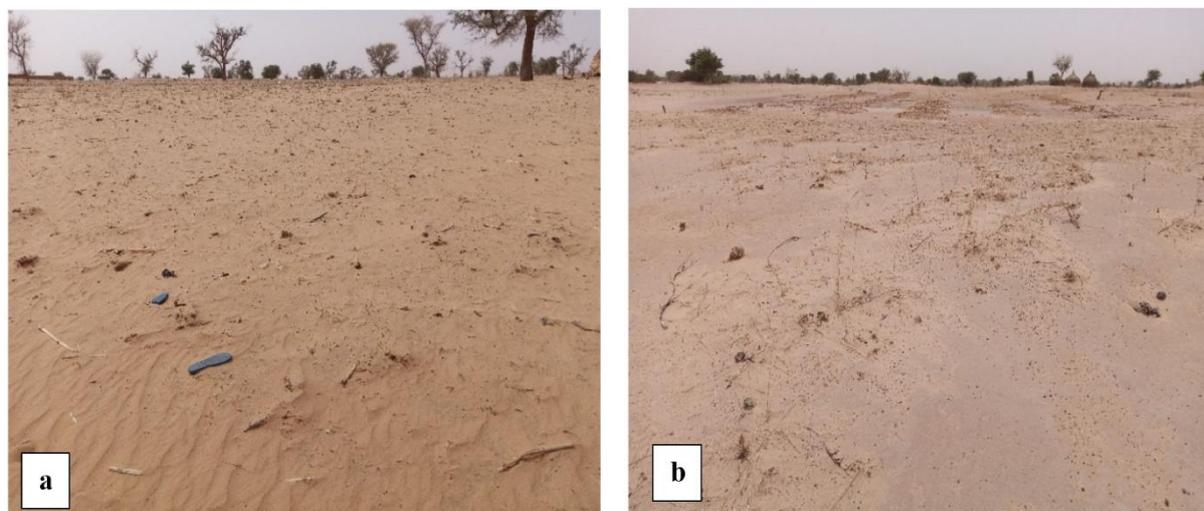


Fig. 7. Erosion éolienne sur des champs de mil: a: Ripples marks, b: Formation de glacis

Cette activité éolienne emporte au fil du temps les horizons supérieurs des sols, conduisant à la formation de glacis. On assiste ainsi à l'accroissement des sols nus.

3.4 FACTEURS DE LA DYNAMIQUE PAYSAGÈRE LIÉS À L'EXPLOITATION HUMAINE

3.4.1 ÉVOLUTION DES ZONES AGRICOLES

La figure 8 donne l'évolution des superficies cultivées entre 1973 et 2020 dans les communes de Simiri Tondikiwindi.

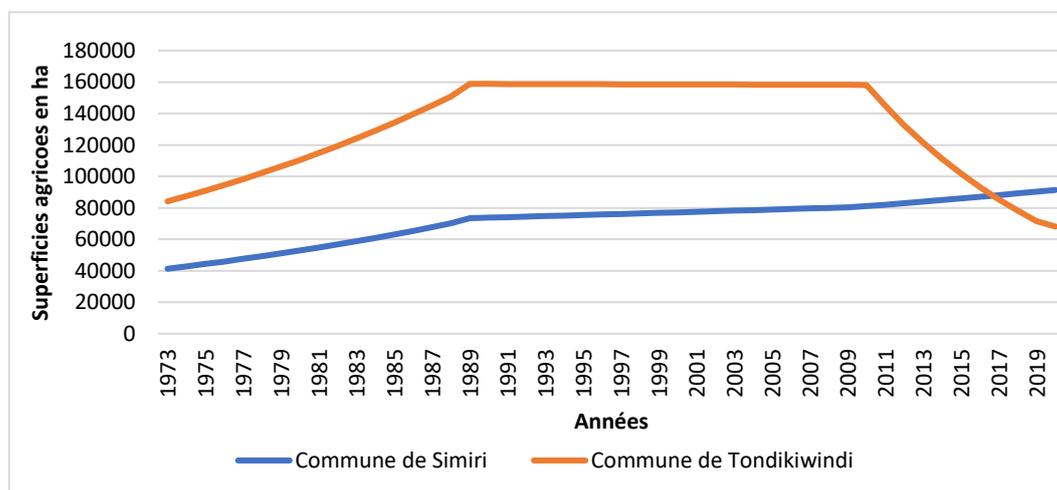


Fig. 8. Evolution des superficies agricoles de 1973 à 2020 dans les communes de Simiri et Tondikiwindi

Dans la commune de Simiri, les superficies agricoles ont évolué de 41 259,91 ha en 1973 à 91 375,72 ha en 2020. Cette progression est l'une des conséquences de l'augmentation de la population lorsqu'on sait que l'agriculture est l'activité principale. La demande croissante en vivre (céréales comme le mil) entraîne le défrichement voire la mise en culture des terres marginales. Pour la commune de Tondikiwindi, les superficies augmentent de 84 113,66 ha en 1973 à 158 112,00 en 2010 puis chutent à 68 099,12 ha en 2020. La chute des superficies alors que la population augmente, présage une dégradation des surfaces agricoles vue l'activité de l'érosion éolienne et hydrique.

3.4.2 INDICE AGRO-DÉMOGRAPHIQUE (IA)

Calculé à partir des superficies agricoles et du nombre de ménages, cet indice (figure 9) met en évidence la pression foncière.

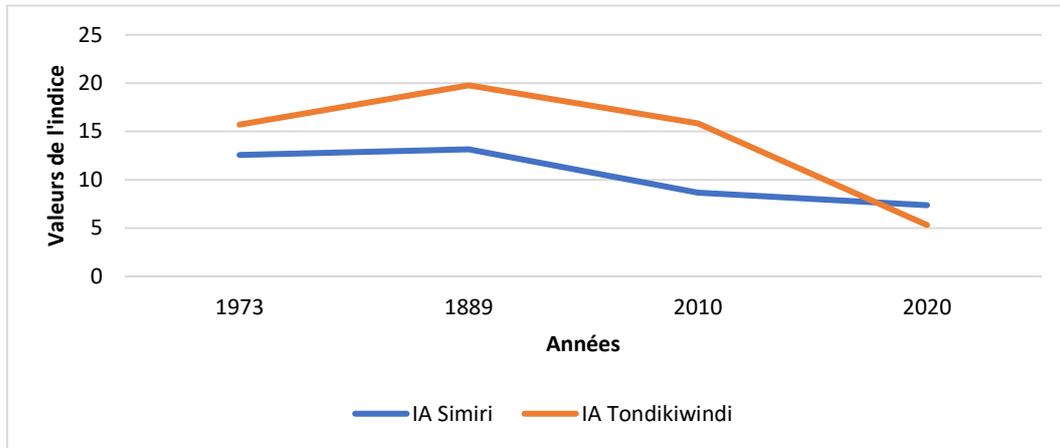


Fig. 9. Evolution de l'Indice Agro-démographique des communes de Simiri et de Tondikiwindi de 1973 à 2020

Nonobstant la croissance des superficies cultivées, la tendance qui se dégage est la diminution de l'indice avec le temps. Cela dénote une pression accrue sur les ressources foncières et donc une tendance à la saturation foncière. Cette augmentation des zones agricoles se fait au détriment des formations végétales.

3.4.3 EVOLUTION DE LA CONSOMMATION EN BOIS D'ÉNERGIE

La croissance de l'effectif de la population est un facteur déterminant dans la dégradation des ressources ligneuses. La figure 10 donne l'évolution de la population et de la consommation en bois.

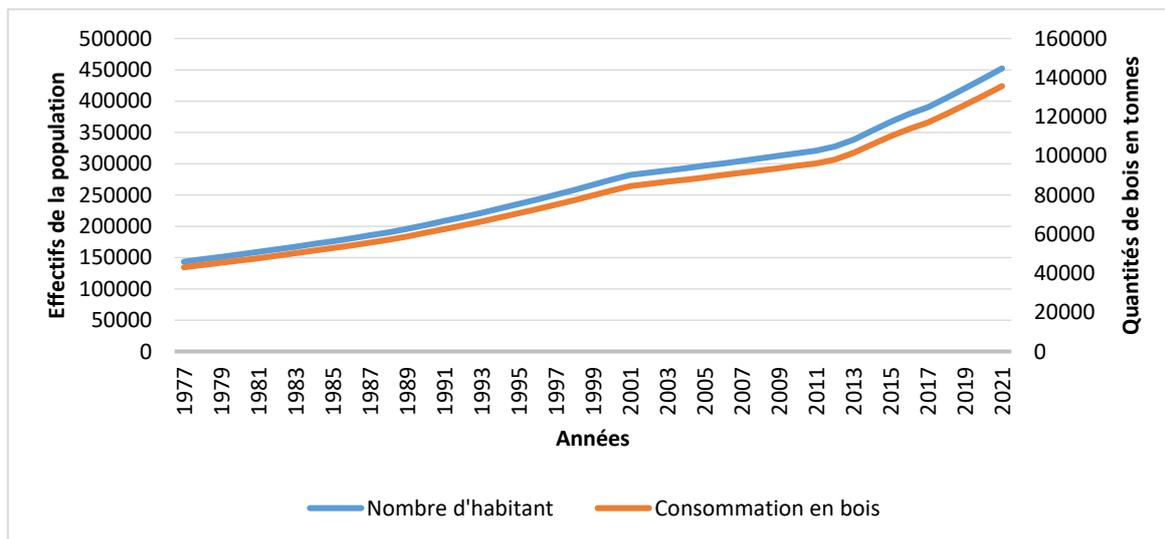


Fig. 10. Evolution de la population et de la consommation en bois d'énergie du département de Ouallam

Les résultats de la figure 9 indiquent que la population évolue de façon exponentielle. Ainsi, la population passe de 143 431 habitants en 1977 à 452 209 habitants en 2021 soit une augmentation moyenne annuelle de 7 018 habitants sur la période. Quant à la quantité de bois d'énergie consommée, elle passa de 43 029 tonnes en 1977 à 135 663 tonnes en 2021. Le besoin en bois d'énergie s'est triplé (3,15 fois) en moins d'un demi-siècle (44 ans).

3.4.4 SURPÂTURAGE DU BÉTAIL

Au même titre que la population résidente, les statistiques sur le cheptel montrent que les effectifs des différentes espèces ont augmenté sur la période 1970-2021 (figure 11).

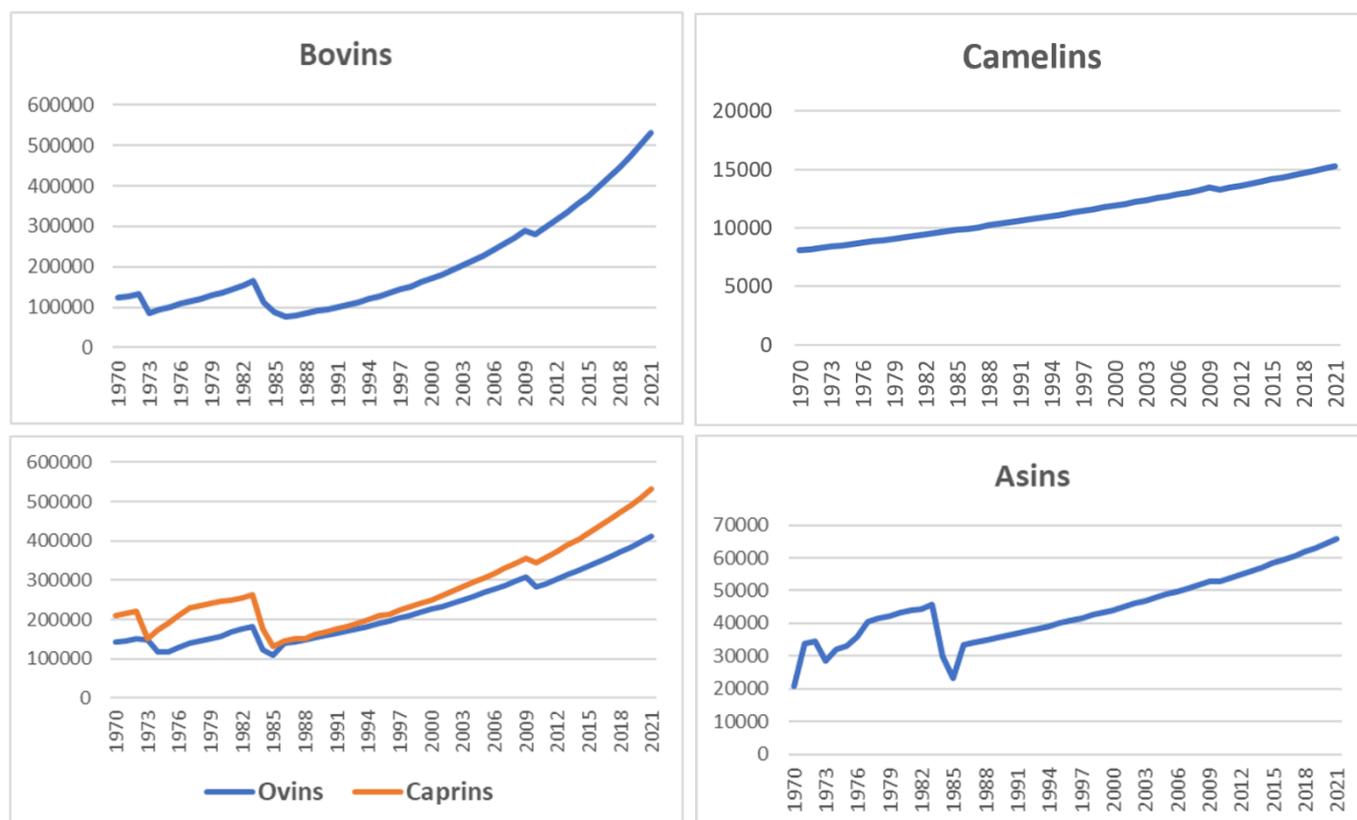


Fig. 11. Evolution du cheptel du département de Ouallam de 1970 à 2021

Les bovins qui constituent les grands ruminants les plus nombreux sont passés de 124 343 têtes en 1970 à 531 793 têtes en 2021. Les nombres de têtes des ovins et caprins ont passé de 1970 à 2021 respectivement de 141 919 à 411 524 et de 210 899 à 530 960.

En effet, l'élevage pratiqué dans le département de Ouallam est de type semi-extensif où la source principale de l'alimentation du bétail demeure les ressources végétales locales. L'augmentation des populations animales entraîne une demande de plus en plus forte de fourrage. Les aires de pâturage subissent une pression favorisant leur transformation en sols nus. Le déficit en aliment bétail conduit les populations à exploiter les résidus des cultures, exposant ainsi les sols cultivés à l'érosion (hydrique et éolienne). Malgré le recours aux résidus de culture, le fourrage aérien n'est pas aussi épargné comme l'illustre la figure 12.

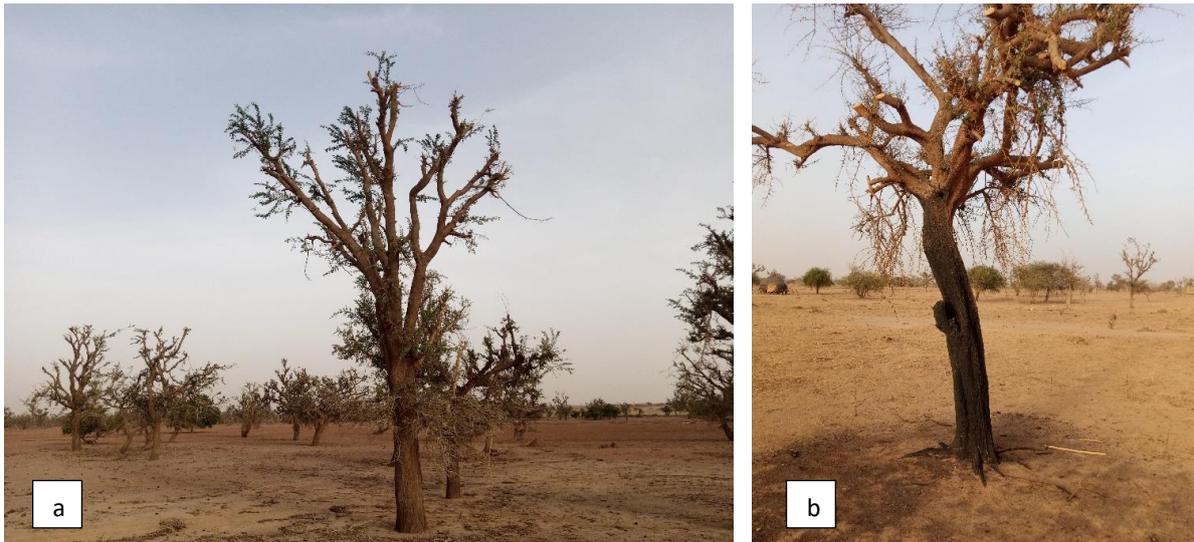


Fig. 12. Pieds émondés a: *Faidherbia albida* et b: *Balanites aegyptiaca*

Cette pression sur les ligneux fourragers conduit dans des cas à la destruction totale de l'individu. Mieux, le rôle agroécologique que joue l'espèce *Faidherbia albida* en matière de fertilisant, prend un coup car les feuilles n'arrivent plus au sol. Cela amplifie davantage le problème de la gestion de la fertilité des champs de cultures ce qui favorise la pauvreté des terres dont la phase ultime est la dénudation totale de la surface.

3.4.5 EXPLOITATION DE LA PAILLE

De par le passé, le bois a été exploité par la population pour gagner de revenus surtout pendant les périodes difficiles de soudures et de chocs de sécheresse. De nos jours, la régression voire la rareté de la végétation ligneuse a entraîné une ruée vers l'exploitation de la paille (figure 13). On assiste même à une exploitation du fourrage naturel à l'état vert. Cette pratique réduit la disponibilité des semences au sol. Les aires de pâturage connaissent ainsi une régression de la couverture de leurs herbacées. Ce recul se fait au profit de la progression de la classe des sols nus.

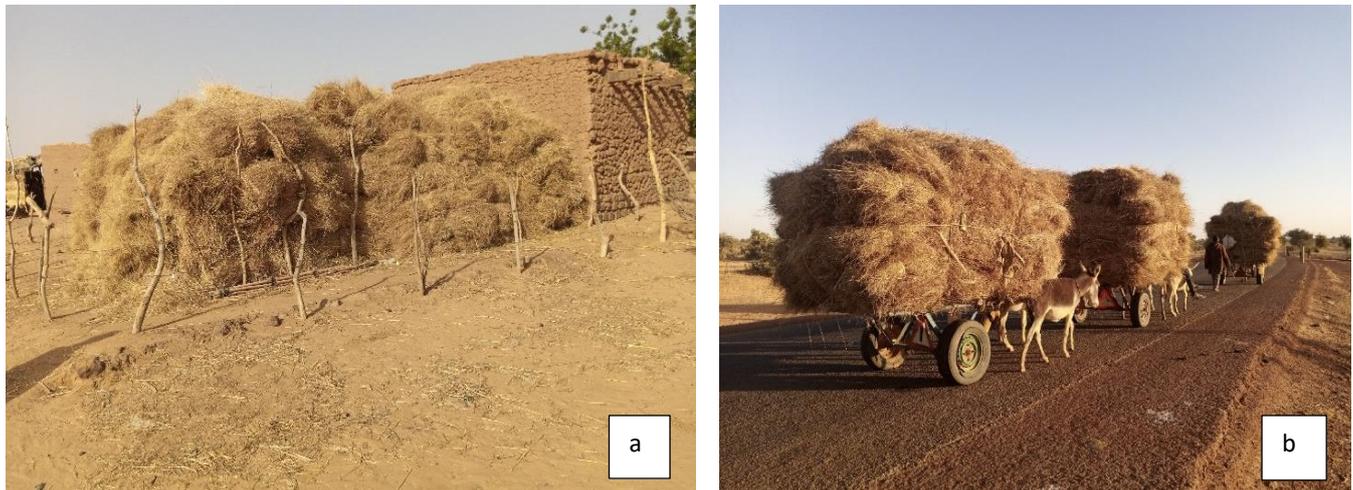


Fig. 13. Exploitation de la paille: a: Stockage au village; b: Charretiers en destination de Niamey pour la vente de la paille

4 DISCUSSION

4.1 FACTEURS CLIMATIQUES

Au Sahel, la pluviométrie est l'un des facteurs déterminant la dynamique de l'occupation du sol malgré la stabilité relative de la géologie et du relief [2], [23]. Dans cette région, le changement climatique entraîne des variations de températures, des diminutions de précipitations ou des épisodes de pluies extrêmes donnant lieu aux inondations [24]. Le département de Ouallam appartient aux régions exposées aux changements climatiques [25]. L'analyse de la pluviométrie à travers l'ISP avait ressorti que la somme des proportions des années normales et humides est de 90 % contre 10 % pour les années sèches. A ce titre, l'impact des précipitations sur la dynamique du paysage serait plus lié à la faible hauteur des pluies où la valeur maximale enregistrée sur la période 1981-2020 est de 555,7 mm. Les entretiens ont relevé que la sécheresse de l'année 1984 (IPS = -2,14) a été la date à partir de laquelle le recul de la végétation surtout des plateaux a été perceptible. [19] ont trouvé qu'entre 1971 et 2014, les années de contraintes de précipitations représentent 59,85 % sur la dynamique de l'agriculture au sud du bassin versant de l'Oti (Bénin). Ces résultats dénotent la variabilité de la pluviométrie d'une part et la pertinence de l'ISP pour analyser la pluviométrie car le Bénin est une zone de bonne pluviométrie plus que Ouallam.

Par ailleurs, au sein du département de Ouallam, la température moyenne minimale tourne autour de 23,8 °C et la maximale autour de 37,2 °C [7]. Ces températures élevées entraînent une évapotranspiration. A ce titre, l'évapotranspiration annuelle est d'environ 3000 mm avec un minimum de 460 mm en saison humide et 2460 mm en saison sèche [26]. Cela accentue le dessèchement conduisant à des stress hydriques et à des poches de sécheresse [20]. Cet impact de la température sur la disponibilité en eau est perçu par les populations comme une insuffisance de la pluviométrie. D'après [27], la modification profonde de dégradation des formations forestières et des parcours pastoraux dans la région de Mopti (Mali), est causée par l'insuffisance de pluies et de la baisse des crues. De ce qui précède et ainsi que des études comme celles de [15] et [16], la pluviométrie constitue le principal facteur climatique qui influence la dynamique des écosystèmes au Sahel.

4.2 FACTEURS PHYSIQUES

La complexité du paysage à travers l'interdépendance des différentes unités (bassin versant), constitue l'un des facteurs qui expliquent l'occupation des sols ainsi que de son évolution. La dégradation de la végétation des plateaux est un facteur influençant la dynamique des autres composantes (glacis et bas-fond) du bassin versant [19]. Or, les plateaux de la zone sont généralement dénudés [10]. De par la topographie, toutes les gouttes d'eau tombées, non infiltrées, ruissellent et se convergent vers l'exutoire du bassin versant [11]. Au passage, les eaux de ruissellement (érosion hydrique), occasionnent la perte des terres et l'ensablement des bas-fonds. Cette dynamique entraîne la dégradation des champs de culture, l'augmentation et/ou la diminution des plans d'eau [28]. L'ensablement des lits des réseaux hydrographiques conduit ainsi aux débordements des eaux ou inondations. En même temps, les sols à texture sableuse sont assujettis au vent qui arrache et transporte des quantités importantes de particules [29]. Cette érosion éolienne qui se produit presque exclusivement sur les champs agricoles, est fonction de la vitesse du vent mais aussi de la rugosité à la surface du sol où les résidus de culture jouent un rôle important. En effet, avec un taux variant de 800 à 100 kg/ha, les résidus de culture protègent les champs contre l'érosion éolienne en saison sèche et diminuent le flux horizontal d'érosion [30]. En-dessous d'un taux de résidus de culture de 100 kg/ha, la rugosité aérodynamique des sols baisse, impliquant une très forte activité de l'érosion éolienne. Or, les résidus de cultures sont exploités par la population. Selon [9], dans le Zarmaganda (département de Ouallam), en une heure, le vent peut déplacer sur des sols sableux dénudés, près d'une trentaine de kilogrammes de sable sur une largeur de 1 m et une hauteur de 10 cm. On enregistre l'appauvrissement en nutriments des sols conduisant à la baisse de leur fertilité dont le phénomène de l'encroustement constitue l'une des conséquences. D'après [31], en plus des facteurs climatiques, la topographie et la nature du sol sont des facteurs explicatifs de la dynamique du milieu, principalement la distribution des formations végétales. L'influence de la pédologie dans la dynamique de l'occupation du sol est aussi rapportée par [32].

4.3 FACTEURS ANTHROPIQUES

Au Sahel, les ressources naturelles constituent les principales sources de satisfaction des besoins vitaux (fourrage, énergie, bois d'œuvre, etc.) des populations animales et humaines. Ce recours s'accroît surtout pendant les périodes de déficit alimentaire [33]. En ce sens, l'augmentation des effectifs de ces populations, engendre ainsi la croissance des besoins comme celui en terres agricoles ou encore celui en bois d'énergie et de construction. La demande en terres agricoles, conduit à la surexploitation et au morcellement des champs, à l'extension des superficies agricoles ainsi qu'à la disparition ou temps réduit de la pratique de la jachère. Ces facteurs entraînent la dégradation des terres et la modification de l'occupation du sol.

Par ailleurs, la satisfaction des besoins d'énergie, entraîne la consommation de quantités importantes de bois de chauffe. En 2021, en moyenne 372 tonnes de bois sont consommées au quotidien à l'échelle départementale. A cette consommation de bois d'énergie, s'ajoutent celle des constructions locales et des exportations. La part du bois de construction est assez importante lorsqu'on sait que les

bâties (maisons, hangars et clôtures) sont faits à base du bois au village. S'agissant des exportations du bois, il est à noter que le département de Ouallam a toujours ravitaillé la ville de Niamey. La sollicitation du bois en milieu rural et urbain, accentue de plus en plus la pression sur les ressources ligneuses locales. On assiste alors à la régression de la végétation avec des répercussions négatives sur l'environnement. Outre les demandes en bois, le cheptel exerce aussi une pression sur les ressources végétales. De par l'augmentation du besoin fourrager consécutif à la croissance des effectifs du cheptel, ce dernier contribue à la dynamique de dégradation de la végétation et à l'occupation du sol. En effet, au Sahel où la saison des pluies ne dépasse guère quatre mois, le fourrage naturel (herbacées) issu de la campagne pastorale, s'épuise généralement avant la saison suivante. Les animaux tombent ainsi dans une période de soudure. Pour faire face, un recours est fait au fourrage aérien déjà sollicité pour sa bonne valeur bromatologique face à celle de la paille. Ce qui accentue la pression sur les espèces ligneuses déjà fragilisées par les besoins des populations en bois. En ce sens, le rôle de la pression pastorale a été considéré comme un élément déterminant de la dynamique du paysage dans plusieurs travaux [4], [34], [35].

En effet, le recul de la végétation constitue la principale évolution paysagère perçue par la population. A cet effet, 94,91 % des enquêtés ont confirmé la régression de la végétation ainsi que la disparition de certaines espèces végétales et animales. Selon toujours les enquêtés, les causes de la dégradation de la végétation sont l'exploitation humaine (coupe du bois, défrichement) et les facteurs climatiques, particulièrement l'insuffisance de la pluviométrie. Cette assertion a été partagée par plusieurs auteurs dont [36], [37], [38]. Dans leur travail, [32], qui ont confirmé que la pluviométrie et l'exploitation anthropique, sont les facteurs dominants de la dynamique des peuplements et du paysage. Au cours de leur travail qui a étudié la dynamique d'occupation des espaces pastoraux et de l'anthropisation, dans l'ouest du Niger, [39] ont abouti à la conclusion selon laquelle la régression de la végétation est liée à l'évolution spatio-temporelle des facteurs naturels, particulièrement les précipitations et les actions anthropiques dont entre autres le déboisement, le surpâturage, le défrichement et les feux de brousse. Selon [40], la fragmentation des espaces forestiers constitue le facteur de l'érosion de la flore et de la faune.

Cependant, en dehors des activités anthropiques et des facteurs climatiques, la dynamique de la végétation est aussi due à des facteurs biotiques ou maladies. En ce sens, 7,35 % des enquêtés ont souligné les facteurs parasitaires et maladies, parmi les causes de la dégradation des écosystèmes. [41], au cours de leur étude des facteurs de pression sur les parcs agroforestiers (*Vitellaria paradoxa* et *Neocarya macrophylla*, dans le Sud-ouest du Niger), ont trouvé qu'en plus des facteurs climatiques et anthropiques, la dynamique régressive des ligneux est due à des facteurs biotiques (épiphytes et parasites) selon 15,56 % des personnes enquêtées. Par ailleurs, de par les opinions recueillies auprès de la population, 19,12 % des enquêtés affirment que la dégradation de l'environnement émane de la volonté divine par le biais du climat. Dans leur étude sur l'analyse socio-environnementale des indicateurs de la dynamique du climat en RD Congo, [42] ont obtenu 46,7 % des personnes enquêtées, ayant affirmé que les changements observés découlent d'une désapprobation divine.

5 CONCLUSION

Les facteurs de la dynamique des ressources sont anthropiques mais aussi climatiques. Les principales formes d'exploitation des ressources naturelles par l'Homme sont entre autres l'agriculture, l'élevage, l'exploitation forestière (bois d'énergie et de services). La pluviométrie, de par l'insuffisance de sa hauteur, constitue le potentiel facteur climatique qui influence l'occupation des sols. La conjugaison des facteurs climatiques et humains sous l'effet de la croissance démographique, entraîne la régression de la végétation. D'autre part, pour faire face à l'insuffisance en aliment bétail, les populations procèdent au ramassage et à la conservation des résidus des récoltes et de la paille du pâturage naturel. Cette exploitation des résidus de culture et de la paille favorisent la vulnérabilité des sols aux érosions éolienne et hydrique. Les paysans perçoivent la dynamique de l'environnement local ainsi que le changement climatique. Dans la lutte contre les effets de la dégradation continue des ressources naturelles, les populations adoptent des stratégies d'adaptation dont certaines accélèrent la dynamique paysagère. Toutefois, des efforts de restauration des sols dégradés et de gestion de la fertilité des terres sont amorcés.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Programme Alimentaire Mondial (PAM) pour l'accompagnement financier ayant permis la collecte des données.

REFERENCES

- [1] B. Abdou, S. T. Souleymane, C. Baba, D. Cheick Hamalla, D. Moriké, T. Alou et D. Sidi, "Pressions anthropiques et dynamique d'occupation des terres dans le terroir de Ziguéna, zone cotonnière du Mali, "European Scientific Journal, vol. 12, no. 5, pp. 90-99, 2016.
- [2] CILSS (Comité permanent Inter- Etats de Lutte contre la sécheresse dans le Sahel): Les Paysages de l'Afrique de l'Ouest: Une Fenêtre sur un Monde en Pleine Évolution, U.S. Geological Survey EROS, 47914 252nd St, Garretson, SD 57030, UNITED STATES, 2016.
- [3] A. Hamidou, B. Morou, A. Mahamane, M. Saadou et A. Issaka, "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)", Journal des Sciences de l'Environnement, vol. 1, no. 1, pp. 16-26, 2012.
- [4] K. Abel, W. K. François, S. Soungalo, S. Marco, T. Adjima et I. Joseph, "Dynamique des unités de végétation et réponse des espèces ligneuses à la dégradation des terres en zone sub-sahélienne du Burkina Faso". Rev. Ivoir. Sci. Technol., vol. 34, no. 2019, pp. 144-162, 2019.
- [5] M. Issoufou, O. Boureïma et D. Ado, "Évolution de l'occupation des sols dans la partie Nord du Dallol Bosso, départements de Filingué et Balleyara, région de Tillabéri-Niger, European Scientific Journal, vol. 14, no. 30, pp. 391-407, 2018.
- [6] ELD Initiative (Economics of Land Degradation): La valeur des terres: Terres prospères et résultats positifs grâce à une gestion durable des terres. Disponible sur www.eld-initiative.org.
- [7] INS (Institut National de la Statistique): Le Niger en chiffre, 88p., 2018.
- [8] INS (Institut National de la Statistique): Répertoire national des localités (ReNaLoc). Localités du Niger issues du 4ème recensement général de la population et de l'habitat de 2012, pp.467-490, 2014.
- [9] M. O. Faran, "L'érosion éolienne dans le Zarmaganda (Niger) / Wind erosion in Zarmaganda", Revue de géographie alpine, tome 92, no.1, pp. 71-82, 2004.
- [10] I. Mamoudou: Impact du climat et des activités anthropiques sur les écosystèmes dans le Nord-Ouest de la région de Tillabéri au Niger. Thèse de doctorat Unique de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, 139p, 2018.
- [11] I. Aboubacar: Dynamique et productivité des structures forestières contractées des plateaux de l'Ouest nigérien. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier de Toulouse III. 231p., 2000.
- [12] M. M. Boubacar, M. M. Inoussa, J.M.K. Ambouta, A. Mahamane, A. A. Jorgen, Y. Harissou et H. Rabiou, "Caractérisation de la végétation ligneuse et des organisations pelliculaires de surface des agroécosystèmes à différents stades de dégradation de la Commune rurale de Simiri (Niger)", J. Biol. Chem. Sci. Vol. 7, no. 5, pp. 1963-1975, 2013.
- [13] S. Ihssane: FICHE PRATIQUE: Constitution d'un échantillon. Fiche élaborée dans le cadre du guide pratique d'audit de la fonction ACHAT, version 1.0, 6p. 2014.
- [14] Z. Soufouyane, T. I. Ismaïla, A. T. Omer, D. Mama et A. Ousséni, "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, vol. 14, no. 15, pp. 450-469, 2018.
- [15] V. W. Expédit: Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 258p., 2017.
- [16] E. Ago: Dynamique des flux de carbone entre l'atmosphère et des écosystèmes Ouest-Africains: cas des forêts et savanes sous climat soudanien au BENIN. Thèse, Université de Liège Gembloux Agro Bio Tech, Bruxelles. 184 p., 2016.
- [17] OMM (Organisation Météorologique Mondiale): Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé. OMM-N° 1090, ISBN 978-92-63-21090-6, 17p., 2012.
- [18] M. Radouan, M. El-Mostafa et S. Aziz, "Caractérisation à l'aide du SPI de la Sécheresse climatique dans le bassin versant de Ziz (Sud-Est, Maroc)", European Scientific Journal, vol.14, no. 21, pp. 177-194, 2018.
- [19] T. S. Kafilatou, O. B. Imorou, Y. Ibouraïma et O. Euloge, "Fondements géographiques de la valorisation agricole des bas-fonds au Sud du bassin versant de l'Oti (Bénin)", European Scientific Journal, vol. 14, no. 21, pp. 136-154, 2018.
- [20] C. Faye, D. D. Ba et B. Sy, "Quantification de la sécheresse météorologique par des indices standardisés de précipitations dans la vallée du fleuve Sénégal de 1980 à 2017". Revue de géographie du laboratoire Leïdi, no. 21, pp. 108-122, 2019.
- [21] A. Tchouso: Analyse d'un système d'exploitation des ressources naturelles renouvelables au Sahel: cas de la forêt de Baban Rafi au Niger. Thèse unique de doctorat Université Felix Houphouët – Boigny d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 222p., 2018.
- [22] GIZ (Deutsche Geselles chaft für Internationale Zusammenarbeit): Bonnes pratiques de conservation des eaux et des sols. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs au Sahel. pp 20-54., 2012.
- [23] D. Luc: Sécheresse, désertification et reverdissement au Sahel. Article réalisé en collaboration avec la Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la Désertification (CNULCD), 15p., 2021.
- [24] A. Zakari, K. B. Mahamadou et A. Toudou, "Les systèmes de productions agricoles du Niger face au changement climatique: défis et perspectives", J. Biol. Chem. Sci. Vol. 10, no. 3, pp. 1262-1272, 2016.
- [25] HLPE: Sécurité alimentaire et changement climatique. Rapport du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition du Comité de la sécurité alimentaire mondiale, Rome, no. 2012, 115p., 2012.

- [26] I. Amadou: Ciblage et analyse de la vulnérabilité: Cas du deuxième projet d'urgence d'appui à la sécurité alimentaire (PUSA II) dans le département de Ouallam. Mémoire de Master, Faculté d'Agronomie/UAM, 65p, 2012.
- [27] T. N. Aude: Désertification et dégradation. Ré-interrogation des concepts à la lumière d'exemples africains. Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) Géographie, Université d'Angers. 170p., 2015.
- [28] M. Ibrahim, F. Oumarou, J.M. Ambouta, S. Benoît, D. Luc et M. Mahaman, "Les conséquences géomorphologiques de l'occupation du sol et des changements climatiques dans un bassin versant rural sahélien. Sécheresse, vol. 20, no. 1, pp. 145-52, 2009.
- [29] C. L. Biielders, J. L. Raiot et K. Michels, "L'érosion éolienne dans le Sahel nigérien: influence des pratiques culturelles actuelles et méthodes de lutte", Sécheresse, vol. 15, no. 1, pp. 19-32, 2004.
- [30] T. A. Abdourhamane, J. L. Rajot, Z. Garba, R. Guillon, T.A. Didier, B. Marticorena, C. Petit et D. Sebag, "Six années de suivi du flux d'érosion éolienne sur un sol sableux cultivé au Sahel: Impacts des résidus de culture et de l'encroûtement". ResearchGate, Étude et Gestion des Sols, vol. 20, no. 2, pp. 57-70, 2013.
- [31] J. Oloukoi, V. Mama et F. Agbo, "Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin". Télédétection, vol. 6, no. 4, pp. 305-323, 2007.
- [32] K. Akobi, I. Yabi, N. Agnon, E. Amoussou et M. Boko, "Peuplement spontané et accès à l'éducation primaire dans la commune de Banté au centre du Bénin". European Scientific Journal, vol. 13, no. 19, pp. 168-190, 2017.
- [33] S. Douma: Etude ethnobotanique et écologique des plantes ligneuses alimentaires de soudure des systèmes agroforestiers du sud-ouest du Niger: diversité, importance, structure et niveau de menace. Thèse de Doctorat Unique de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, 93p., 2016.
- [34] H. Abdallah: Dynamique de la végétation et transformation des systèmes d'élevage sur les marges arides du Tell oriental du Soughas à Souar (Dorsales tunisiennes). Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 348p., 2015.
- [35] B. Taïbou, E. A. Léonard, et D. Abdoul-Aziz, "Dynamique spatio-temporelle des écosystèmes du bassin versant du Ferlo (Nord-Sénégal)". Journal of Animal & Plant Sciences, vol. 33, no. 1, pp. 5255-5273, 2017.
- [36] A. D. Tidjani, C. L. Biielders et K. J-M. Ambouta, "Dynamique saisonnière des paramètres déterminant l'érosion éolienne sur les pâturages dunaires du Niger oriental". Geo-Eco-Trop., no. 33, pp. 39-56, 2009.
- [37] K. Daouda et C. Mamadou, "Evaluation des Impacts de la Transhumance sur les Ressources Pastorales au sud du Mali dans la Commune Rurale de Dabia (Cercle de Kéniéba)". European Scientific Journal, vol. 15, no. 21, pp. 202-227, 2019.
- [38] M. Médard, K. Ildephonse, T. John, K. Alain, C. Sylvestre et U. Yannick, "Perception de la dégradation de la fertilité des sols et de sa gestion par les agriculteurs de la cité de Kasenga en République Démocratique du Congo". Geo-Eco-Trop., vol. 45, no. 2, pp 211-220, 2021.
- [39] A. A. Kassoum, M. Moussa et B. Amadou, "Dynamique d'occupation des espaces pastoraux dans l'ouest du Niger, de l'anthropisation au changement climatique: cas de l'aire de pâturage Yani", Cahier du Foncier au Tchad (CFT), vol. 2, no. 2, pp. 193-207, 2019.
- [40] E. C. Alohou, C. Ouinsavi et N. Sokpon, "Fragmentation des écosystèmes forestiers: Définitions des concepts et évolution des méthodes d'évaluation", International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 17, no. 2, pp. 474-486, 2016.
- [41] I. Dan Guimbo, B. Morou, H. Rabiou et M. Larwanou, "Facteurs de pression sur les parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et à *Neocarya macrophylla* dans le Sud-ouest du Niger (Afrique de l'Ouest)", Journal of Applied Biosciences no. 107, pp. 10407-10417, 2016.
- [42] J. Mobunda, E. Ndongo, B. P. Miafuntilla, J. Ebwa et J. P. Meniko, "Analyse socio-environnementale des indicateurs de la dynamique du climat tels que perçus par la population riveraine de la Réserve Forestière de Masako", Rev. Mar. Sci. Agron. Vét., vol. 8, no. 2, pp. 151-157, 2020.