

## Dynamique d'occupation des sols et perceptions paysannes au Sud-ouest du Niger : Cas du bassin versant du Kori Ouallam

*Salifou Noma Adamou*

Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques,  
Département de Géologie, Niamey, Niger

*Lahcen Daoudi*

Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de  
Géoressources, Géoenvironnement et Génie Civil (L3G), Maroc

*Amadou Abdourhamane Touré*

Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques,  
Département de Géologie, Niamey, Niger

Doi: [10.19044/esipreprint.11.2024.p257](https://doi.org/10.19044/esipreprint.11.2024.p257)

Approved: 15 November 2024

Posted: 17 November 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Noma Adamou S., Daoudi L. & Abdourhamane Touré A. (2024). *Dynamique d'occupation des sols et perceptions paysannes au Sud-ouest du Niger : Cas du bassin versant du Kori Ouallam*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.11.2024.p257>

### Résumé

Au Sahel, la dégradation exacerbée des ressources naturelles demeure toujours une contrainte majeure pour la mise en œuvre effective des stratégies de développement durable. Cette étude réalisée à l'échelle du bassin versant du Kori Ouallam (Sud-ouest du Niger), vise à examiner les changements environnementaux survenus entre 1972 et 2019 et les forces motrices qui en découlent. L'approche méthodologique préconisée implique l'exploitation des données landsat soutenues par des campagnes d'échantillonnage et des enquêtes de terrain de type ethnobotanique. Les résultats obtenus témoignent que sur le bassin versant du Kori Ouallam, les unités d'occupation des sols ont connu des mutations profondes. Celles-ci se manifestent entre autres par un déclin progressif de la couverture végétale qui passe de 32,47 % à 15,64 % entre 1972 et 1986 à seulement 11,15 % en 2019. Cependant, la proportion des surfaces cultivées a augmenté de manière significative (près de 50 %) oscillant entre 25,18 % et 50,97 % pour la période 1972 à 2019. Les sols nus des plateaux et talus ont connu une évolution sporadique allant de 42,34 % à 56,33 % entre 1972 et 1986 puis

37,53 % en 2019. L'enquête ethnobotanique montre que 61 % des espèces ligneuses de la zone ont disparu avec une prédominance des espèces appartenant à la famille des Capparaceae, Malvaceae et Rubiaceae. Les autres espèces ligneuses jugées menacées, conservées et introduites, représentent respectivement 20 %, 9 % et 10 % issues en partie de la famille des Fabaceae. L'analyse combinée des différents résultats atteste que l'hostilité du climat et la pression anthropique accrue exercée sur les ressources naturelles constituent les principales forces motrices à l'origine de ces mutations. Il découle de cette étude qu'au Sud-ouest du Niger, la vulnérabilité des écosystèmes pourrait à long terme moduler une tendance à un déséquilibre écologique avec des conséquences drastiques sur la résilience des communautés.

---

**Mots clés :** Occupation des sols, Données landsat, Enquête ethnobotanique, Sahel, Sud-ouest du Niger

---

## **Land use dynamics and peasant perceptions in southwestern Niger: Case of the Kori Ouallam watershed**

*Salifou Noma Adamou*

Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques,  
Département de Géologie, Niamey, Niger

*Lahcen Daoudi*

Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de  
Géoressources, Géoenvironnement et Génie Civil (L3G), Maroc

*Amadou Abdourhamane Touré*

Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques,  
Département de Géologie, Niamey, Niger

---

### **Abstract**

In the Sahel, the exacerbated degradation of natural resources remains a major constraint to the effective implementation of sustainable development strategies. This study, carried out on the scale of the Kori Ouallam watershed (southwestern Niger), aims to examine the environmental changes that have occurred between 1972 and 2019 and the driving forces behind them. The adopted methodological approach involves the use of landsat data supported by sampling campaigns and ethnobotanical field surveys. The results show that land use units in the Kori Ouallam watershed have undergone profound mutations. These include a gradual decline in vegetation cover, from 32.47 % to 15.64 % between 1972 and 1986, to just 11.15 % in 2019. However, between 1972 and 2019 there was a

significant increase in the proportion of cultivated land (almost 50 %), ranging from 25.18 % to 50.97 %. Bare soils on plateaux and talus have undergone sporadic changes, ranging from 42.34 % to 56.33 % between 1972 and 1986, then 37.53 % in 2019. The ethnobotanical survey shows that 61 % of the woody species in the area have disappeared, with a predominance of species belonging to the Capparaceae, Malvaceae and Rubiaceae families. Other woody species considered threatened, conserved and introduced, represent respectively 20 %, 9 % and 10 %, partly from the Fabaceae family. The combined analysis of the various results shows that a hostile climate and increased human pressure on natural resources are the main driving forces behind these mutations. It follows from this study that in the Southwestern of Niger, the vulnerability of ecosystems could in the long term modulate a trend towards ecological imbalance, with drastic consequences for the resilience of communities.

---

**Keywords:** Land use, Landsat data, Ethnobotanical survey, Sahel, Southwestern Niger

## Introduction

La région sahélienne est sujette à des chocs externes jalonnés par des séries de sécheresses récurrentes dont les plus sévères ont été enregistrées pendant les décennies 1970-1980 (Nicholson, 2013; Nicholson et al., 2018; Epule et al., 2018). Celles-ci ont entraîné un bouleversement des conditions environnementales et sociales. Plusieurs études ont mis en évidence une augmentation de la température moyenne (Brandt et al., 2014; Biasutti, 2019), une tendance à la baisse des précipitations (Dai et al., 2004; Gbohoui et al., 2021), un déclin de la densité et de la richesse floristique des ressources forestières (Maranz, 2009; Gonzalez et al., 2012; Ibrahim et al., 2018). L'insécurité alimentaire chronique régit une vulnérabilité accrue des populations contraintes à la migration (Greene, 1974; Gado, 1992 ; van Vliet et al., 2013). Ces phénomènes extrêmes associés à l'explosion démographique intervenue au cours de la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle ont engendré des mutations profondes sur la dynamique des écosystèmes sahéliens (Mortimore et Turner, 2005; Vincke et al., 2010; Spiekermann et al., 2015; Brandt et al., 2016; Trichon et al., 2018; Souverijns et al., 2020). Par exemple dans le secteur Sud-ouest du Niger, il a été observé depuis plusieurs décennies une dégradation exacerbée des ressources en sols et du couvert végétal (Abdourhamane Touré, 2011; Hiernaux et al., 2009; Dardel et al., 2014; Fiorillo et al., 2017; Noma Adamou et al., 2022b), générant un dysfonctionnement des hydrosystèmes (Leblanc et al., 2008; Bouzou et al., 2011; Mamadou et al., 2015). La surveillance des écosystèmes sahéliens a suscité la mobilisation de plusieurs équipes de recherche pluridisciplinaire. Il

s'agit entre autres ; du réseau HAPEX-Sahel (Hydrology Atmosphere Pilot Experiment) axé sur le suivi du climat en lien avec la désertification (Goutorbe et al., 1997; Lebel et al., 1997), le programme AMMA-CATCH (African Monsoon Multidisciplinary Analysis) impliquant les fluctuations climatiques et les dynamiques de surface (Cappelaere et al., 2009; Lebel et al., 2009), l'initiative OHMI (L'Observatoire Hommes-Milieus International) un outil de recherche intégré visant la protection et la valorisation des écosystèmes (Guissé et al., 2013).

Cependant, l'évolution subtile des milieux et la complexité des phénomènes qui en découlent ; affaiblissent les multiples efforts de recherche et les alternatives de développement durable en témoigne la persistance des affres climatiques et environnementales qui sévissent la région sahélienne (Elagib et al., 2021). Les modèles spatiaux développés peinent à assurer convenablement la surveillance des écosystèmes (FAO, 2010), en raison de la sensibilité des données d'entrée (Brandt et al., 2015; Nabil et al., 2020), à l'effet d'échelle spatiale (Mounirou et al., 2021), ou encore aux mutations inhérentes au fonctionnement des hydrosystèmes (Yonaba et al., 2021).

Afin de mieux appréhender la dynamique des écosystèmes du Sud-ouest Niger, cette étude s'appuie sur une démarche participative impliquant le traitement des données landsat et une série d'enquête ethnobotanique auprès des communautés locales. L'objectif principal est d'examiner de manière critique les changements environnementaux survenus sur le bassin versant du Kori Ouallam de 1972 à 2019. Il s'agit spécifiquement dans ce bassin : *i*) d'établir une cartographie diachronique de la dynamique d'occupation des sols ; *ii*) d'évaluer la tendance des complexes ligneux sur la base des connaissances indigènes ; *iii*) mettre à l'échelle les principales forces motrices à l'origine des mutations environnementales.

## **2. Matériel et méthodes**

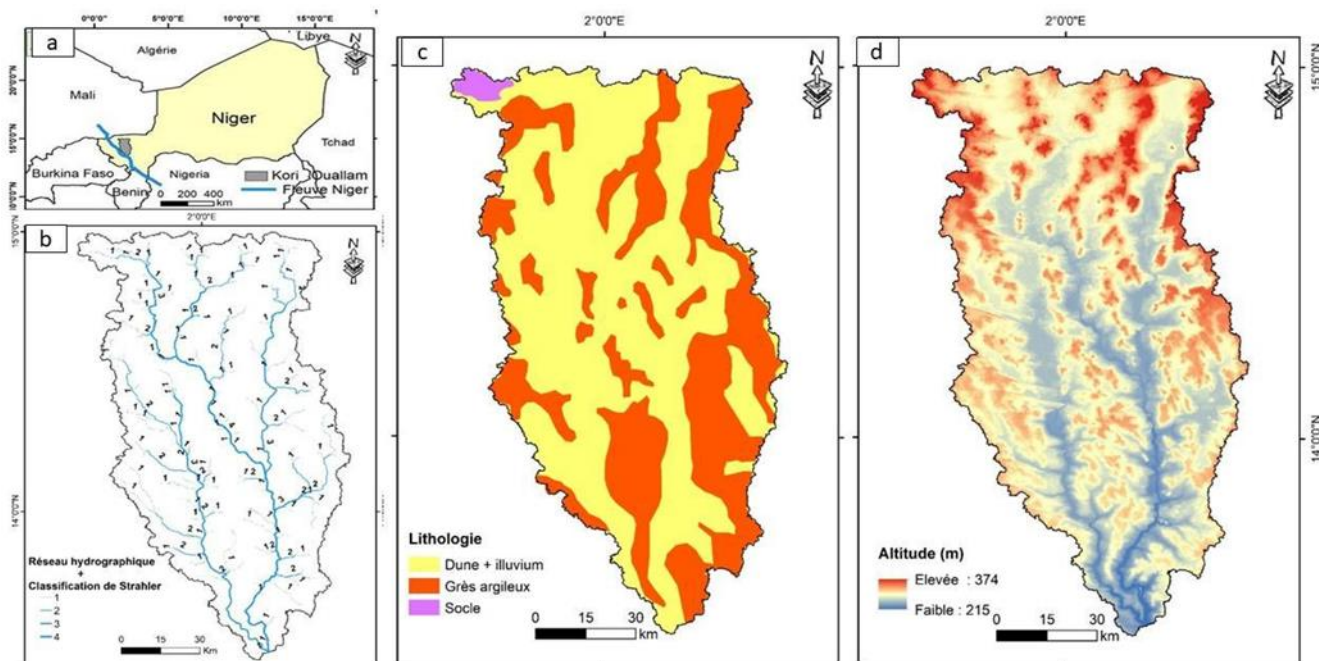
### **2.1. Zone d'étude**

Cette étude a été conduite à l'échelle du bassin versant du Kori Ouallam (10 740 km<sup>2</sup>), située dans l'extrême Sud-ouest du Niger (14° 4'26.27"N et 2° 5'49.99"E) (Fig. 1a,b). C'est une zone semi-aride en proie à une dégradation exacerbée des écosystèmes (Mamadou et al., 2015; Mamoudou, 2018). Le climat, de type sahélien est caractérisé par une longue saison sèche d'octobre à mai et une courte saison humide de juin à septembre. La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre ~376 mm au nord et ~516 mm au sud (DMN, 2015). Ces pluies irrégulières, mais de forte agressivité (Panagos et al., 2017), tombent sur des sols encroutés à faible capacité de rétention (Malam Issa et al., 2011; Malam-Abdou et al., 2016). Ce phénomène accélère de manière drastique la dégradation des

écosystèmes à travers le phénomène de l'érosion hydrique générant une moyenne annuelle des pertes potentielles en sols estimées à  $1,54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$  à l'échelle du bassin versant du Kori Ouallam (Noma Adamou et al., 2022b). La vitesse moyenne journalière du vent dépasse en général  $5 \text{ ms}^{-1}$  (Abdourhamane Touré et al., 2011). Les températures maximales journalières atteignent  $45^\circ\text{C}$  en avril et mai, et les minimales  $12^\circ\text{C}$  observées entre décembre et janvier (DMN, 2015).

Sur le plan géologique, le bassin versant du Kori Ouallam est dominé par des formations du Quaternaire composées principalement de dépôts sableux éoliens et d'alluvions situées dans les vallées à basse altitude 215 m environ (61 %). Le socle (1 %) et les formations du Continental terminal constituées de dépôts gréseux friables (38 %) occupant les surfaces relativement élevées des plateaux et versants avec une altitude de 374 m (Lang et al., 1990) (Fig. 1c,d).

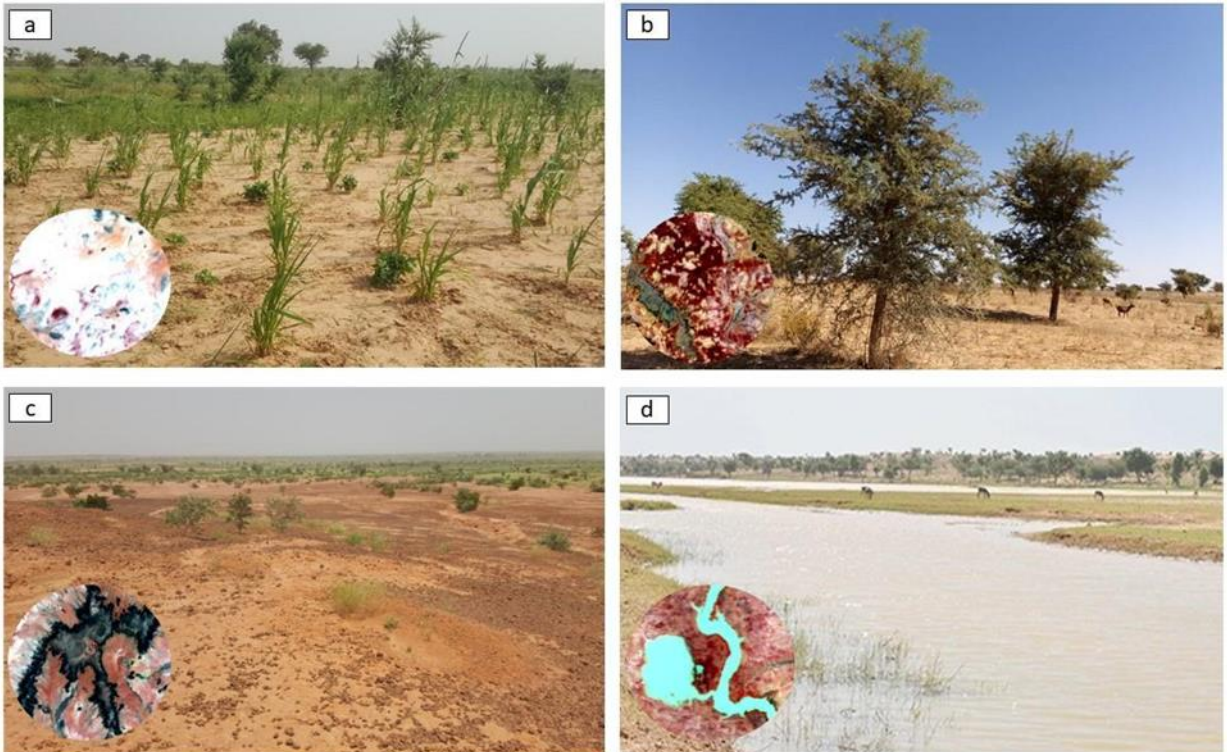
La végétation ligneuse de type éparsé connaît une dynamique accélérée (Ambouta and Dan Lamso, 1996; Boubacar, 2016). La hauteur moyenne des espèces locales varie de  $\sim 2,94 \text{ m}$  sur les plateaux et versants à plus 4 m sur les glacis et bas-fonds (Boubacar et al., 2013). Toutefois, elle dépend essentiellement de la nature des espèces (Noma Adamou et al., 2022a). Les individus ligneux présentent une densité très variable principalement contrôlée par l'intensité des pratiques culturales et le défrichement (FAO, 2010; Saley et al., 2012). Au niveau des glacis et bas-fond elle est de 104 arbres/ha en moyenne. Sur les plateaux et versants non aménagés, la densité moyenne des individus est de 70 arbres/ha et 207 arbres/ha respectivement (Habou et al., 2017). Par contre au niveau des surfaces dégradées aménagées pour les mêmes topo-séquences, la densité des ligneux est fonction de la qualité des activités de reboisement et de la nature des structures antiérosives abritant les plantations. Elle varie de 19 % arbres/ha sur certaines structures antiérosives à 463 arbres/ha pour d'autres (Noma Adamou et al., 2022a).



**Figure 1.** Caractéristiques de la zone d'étude : Localisation (a) ; réseau hydrographique avec classification de Strahler (b) ; lithologie (Pougnert et Greigert, 1965 ; modifiée) (c) ; Altitudes (d).

## 2.2. Unités d'occupation des sols

Cette étude a concerné principalement quatre unités d'occupation majeures abritant le bassin versant du Kori Ouallam. Il s'agit des sols nus des vallées et glacis associés aux terrains de culture (Figure 2, a), la végétation ligneuse permanente (Figure 2, b), les sols nus issus des plateaux et versants (Figure 2, c) et enfin les surfaces d'eau constituées de lacs et de mares permanents à semi-permanents (Figure 2, d).



**Figure 2.** Unités d’occupation suivies : Sols nus des vallées et glacis associés aux terrains de culture (a) ; végétation ligneuse permanente (b) ; Sol nus des plateaux et versants (c) ; Surfaces d’eau (d)

## 2.3. Données Landsat

### 2.3.1. Produits Landsat

Le suivi diachronique de la dynamique d’occupation des sols à l’échelle du bassin versant du Kori Ouallam a été élaboré à partir des données d’entrée issues des images de réflectance provenant des satellites Landsat OLI (Operational Land Imager), Landsat TM (Thematic Mapper) et Landsat MSS (Multi-Spectral Scanner). Celles-ci ont été fournies par United States Geological Survey (USGS) et disponibles sur le site <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Les mises en scène dépourvues des nuages résiduels et des tempêtes de sables datant de 1972 à 2019 et calées sur les mois de novembre et décembre ont été choisies (Tableau 1). En effet, au Sahel en cette période de l’année, la végétation herbacée issue de la saison humide (juin à septembre) a déjà disparu, de sorte que les valeurs NDVI correspondent uniquement à la végétation ligneuse permanente (Leblanc et al., 2008; Bouzou Moussa et al., 2011a; Spiekermann et al., 2015; Souverijns et al., 2020).

**Tableau 1.** Séries Landsat

<b>Produits Landsat</b>	<b>Références des scènes</b>	<b>Dates d'acquisition</b>	<b>Tailles des pixels</b>
Landsat-1 (MSS)	LM12070501972315AAA04	10-11-1972	(60m * 60m)
Landsat-5 (MSS)	LM51930501986356AAA03	22-12-1986	(60m * 60m)
Landsat-5 (TM)	LT51930502006363MPS00	29-12-2006	(30m * 30m)
Landsat-8 (OLI)	LC81930502019351LGN01	17-12-2019	(30m * 30m)

### 2.3.2. Observation de terrain et échantillonnage

La validation des informations fournies par l'imagerie satellitaire sur la dynamique des écosystèmes nécessite des données réelles recueillies sur le terrain (Spiekermann et al., 2015; Souverijns et al., 2020). A cet effet, une mission de collecte des données appelée phase « vérité terrain » a été conduite à l'échelle du bassin versant du Kori Ouallam. Au cours de cette étape, les coordonnées X, Y des différentes unités d'occupation étudiées ont été prises sous un système de projection WGS 1984 UTM Zone 31N. Au total 64 points ont été rééchantillonnés en vue d'améliorer la qualité du traitement des images satellitaires.

### 2.3.3. Prétraitement

Les données multispectrales ont subi au préalable une correction radiométrique, puis atmosphérique suivant la méthode absolue DOS (Dark Object Subtraction), choisie en raison de son aptitude à améliorer la qualité du système d'imagerie en prenant compte les différentes perturbations induites par les paramètres de gain et de décalage (Chavez, 1988). Un traitement statistique basé sur une matrice de corrélation entre les bandes a été également effectué afin d'établir un choix pour les composées colorés (RGB). En référence aux indices observés, les faibles valeurs de corrélation ont été retenues, résultant d'une différence significative d'informations entre les bandes. Cette étape a été réalisé sous l'environnement du logiciel Envi 5.3.

### 2.3.4. Classification et validation

L'approche adoptée repose sur le principe de la classification supervisée, avec comme algorithme de classification le SVM (Support Vector Machine) choisi en raison de ses capacités robustes dans la reconnaissance et l'optimisation des paramètres spécifiques aux données d'entrée (Cervantes et al., 2020). Parmi les points rééchantillonnés (64) lors de la phase « vérité terrain » ; 67 % ont servi de support à l'algorithme pour la délimitation des différentes zones d'entraînement, et 33 % (21 points ) ont été exploités lors de l'étape de la validation (Souverijns et al., 2020). Les séries ainsi générées ont été validées suivant une évaluation quantitative axée sur quatre paramètres : la précision globale, le coefficient de Kappa, la matrice de confusion et la matrice de séparabilité. Une seconde évaluation



mais qualitative a été également réalisée en s'appuyant sur des images google earth, la carte géologique et la carte topographique extraite à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT). L'ensemble du travail a été exécuté sous l'environnement de deux logiciels : Envi 5.3 et Arcgis 10.7.

#### 2.4. Enquête ethnobotanique

Au sahel, les connaissances indigènes issues des communautés autochtones constituent un outil indispensable à la compréhension de l'évolution écologique des milieux, eu égard aux diverses lacunes générées par l'imagerie satellitaire (Brandt et al., 2014; Boubacar et al., 2015b; Spiekermann et al., 2015). En ce sens, une enquête ethnobotanique a été conduite auprès des communautés locales afin de mieux appréhender la dynamique de végétation ligneuse et les principales forces motrices. A l'échelle du secteur d'étude, 25 villages (Tableau 2 ; Figure 3) ont été choisis de façon aléatoire pour des interviews. Dans chaque village un ensemble de questionnaire a été administré d'abord en individuel (au chef du village ou son représentant), puis par focus groupe de 10 personnes (5 hommes et 5 femmes) soit un total de 275 personnes enquêtées. Il s'agit notamment des personnes âgées de 50 ans et plus composées exclusivement d'agriculteurs et d'éleveurs ; véritables témoins des différentes mutations environnementales survenues dans leur région (Wezel et Lykke, 2006; Ibrahim et al., 2018).

Au terme des discussions avec les enquêtés, les différentes espèces végétales ligneuses recensées ont été scindées en quatre catégories conformément aux statuts de la tendance des complexes ligneux au Sahel (Wezel and Lykke, 2006; Ibrahim et al., 2018). Il s'agit : des espèces ligneuses jugées disparues, des espèces ligneuses menacées, des espèces ligneuses conservées et des espèces ligneuses introduites.

**Espèces disparues** : il s'agit des espèces ligneuses éteintes mais qui jadis étaient présentes autrement fois dans la zone.

**Espèces menacées** : il s'agit des espèces ligneuses en voie de disparition qui subissent une pression anthropique accrue dont la densité des individus est en régression progressive.

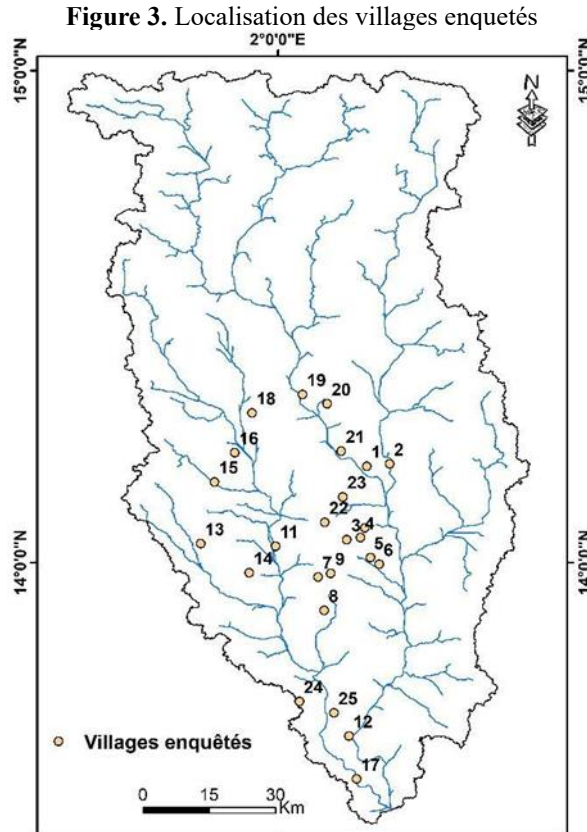
**Espèces conservées** : elles sont perçues par les personnes enquêtées comme étant des espèces ligneuses relativement exemptées de l'emprise humaine et du pâturage des animaux.

**Espèces introduites** : elles correspondent à toutes espèces ligneuses exotiques c'est-à-dire non indigènes nouvellement arrivées dans la zone sous l'égide des projets de reboisement ou des initiatives privées.

Les différentes catégories d'espèces ligneuses identifiées ont été dénommées en langue locale de la zone (Djerma), sur la base du lexique de noms vernaculaires des plantes du Niger (Peyre de Fabrègues, 1977). Pour les espèces ligneuses non répertoriées dans le lexique, les appellations locales ont été employées.

**Tableau 2.** Liste des villages enquêtés

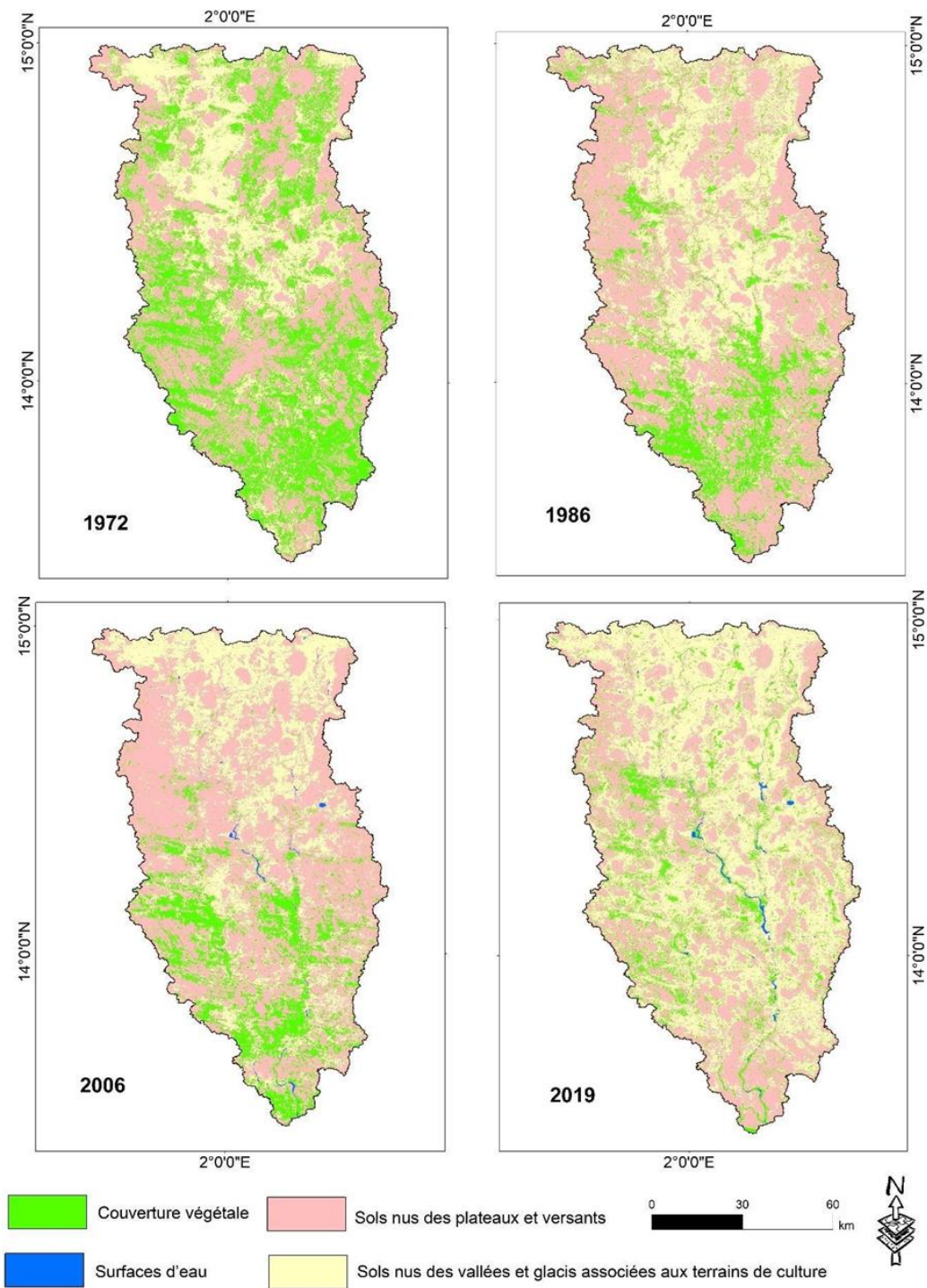
Noms villages enquêtés	Codes villages enquêtés	Coordonnées géographiques		Altitude (m)
		X	Y	
Guéssé Sinsan	1	411573	1569524	255
Goutoumbou Koira Tégui	2	416611	1570019	225
Boyé Garba Gatwane	3	407133	1553020	246
Banimaté	4	410138	1553492	282
Zimba Koira Tégui	5	412353	1548994	258
Deli Tondi Zimba	6	414230	1547461	260
Dogfole Zamokoira	7	400803	1544647	229
Goubé Tchiri	8	402144	1537138	255
Tondobon	9	403588	1545440	255
Sinsan Beri	10	411098	1555676	234
Sinibangou	11	391519	1551614	194
Bourbourkabé	12	407452	1508900	213
Dandji Bio	13	375081	1552286	269
Fandou Kaina	14	385727	1545660	276
Boudada Ouallam Izeido	15	378163	1566129	249
Samtigué	16	382653	1572708	245
Gorou Kaina	17	409099	1499224	207
Boley Zeydo	18	386482	1581616	245
Bardouga	19	397568	1585712	233
Ouallam	20	402963	1583605	243
Tolkoboye	21	405984	1572920	228
Satara	22	402328	1556959	280
Simiri	23	406294	1562641	244
Adabdab	24	396632	1516689	273
Kone Kaina	25	404169	1514077	228



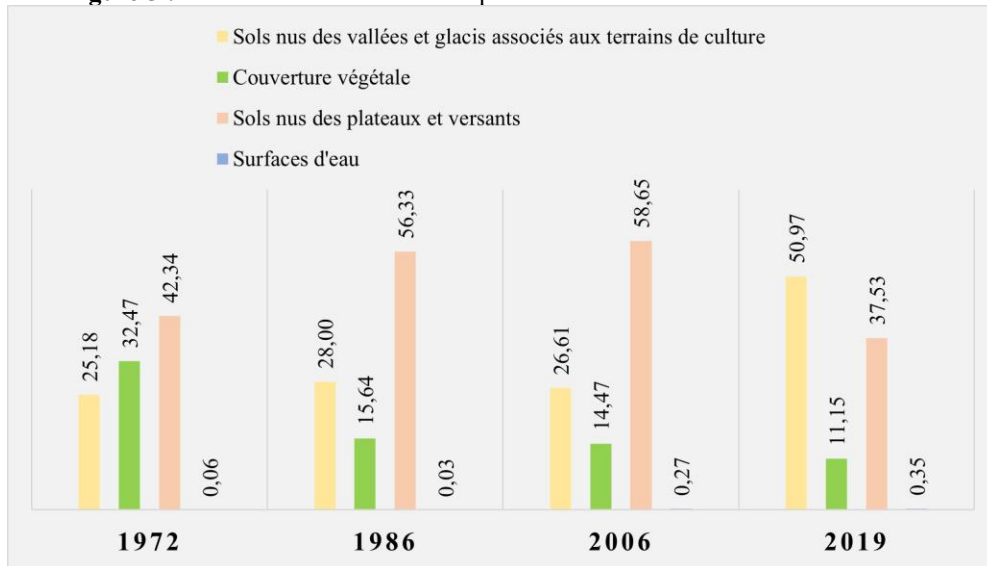
### 3. Résultats

#### 3.1. Dynamique d'occupation des sols

Le traitement des données satellitaires indique une dynamique accélérée des unités d'occupation des sols à l'échelle du bassin versant Kori Ouallam. Celle-ci est d'autant plus active dans le cas des sols nus des vallées et glacis associés aux terrains de culture. Ces derniers ont évolué de 25,18 % à 28 % en entre 1972 et 1986, avant d'atteindre 50,97 % en 2019 (Figure 4 ; 5). La végétation ligneuse permanente reflète une tendance à la baisse. Ainsi, elle passe de 32,47 % à 15,64 % entre 1972 et 1986 à seulement 11,15 % en 2019. Les sols nus des plateaux et versants qui occupaient 42,34 % de la superficie totale du bassin versant en 1972 sont passés à 56,33 % en 1986 puis à 37,53 % en 2019. Quant aux surfaces d'eau, elles n'ont pas connu une variation significative entre 1972 et 1986. Par ailleurs pour les années 2006 et 2019, l'imagerie satellitaire affiche quelques points d'eau même si leur proportion reste très faible avec respectivement 0,27 % et 0,37%.



**Figure 4.** Cartes d'occupation des sols du bassin versant du Kori Ouallam

**Figure 5 :** Evolution des unités d'occupation des sols du versant du Kori Ouallam

### 3.2. Perceptions paysannes sur la tendance de la végétation ligneuse

#### 3.2.1. Espèces ligneuses disparues

Les résultats issus de l'enquête ethnobotaniques révèlent un total de 42 espèces ligneuses perçues comme disparues par la population. Celles-ci appartiennent à 25 familles dont les plus dominantes sont les Capparaceae, Malvaceae et Rubiaceae sont les plus dominantes (Tableau 3).

**Tableau 3.** Espèces ligneuses végétales jugées disparues

N°	Noms botaniques	Familles	Genres	Noms locaux (Langue Zarma)	Statuts
1	<i>Albizia chevalieri</i>	Mimosaceae	Albizia	N'kolo	1
2	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	Combretaceae	Anogeissus	Gonga	1
3	<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae	Annona	Mufa	1
4	<i>Bombax costatum</i>	Malvaceae	Bombax	Forogo	1
5	<i>Boscia salicifolia</i>	Capparaceae	Boscia	Shinkiliga	1
6	<i>Burkea africana</i>	Fabaceae	Burkea	Kolo	1
7	<i>Cadaba farinosa</i>	Capparaceae	Cadaba	Gagey	1
8	<i>Cadaba glandulosa</i> Forssk	Capparaceae	Cadaba Forssk	Tarkusa	1
9	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	Ceiba	Bantan	1
10	<i>Celtis integrifolia</i>	Cannabaceae	Celtis	Sée	1
11	<i>Cochlospermum planchonii</i>	Cochlospermaceae	Cochlospermum	Bagarbey	1
12	<i>Commiphora africana</i>	Burseraceae	Commiphora	Korombé	1

13	<i>Cordia sinensis</i>	Boraginaceae	Cordia	Barmandagaye	1
14	<i>Crateva adansonii</i>	Capparaceae	Crateva	Fifrigi	1
15	<i>Crossopteryx febrifuga</i>	Rubiaceae	Crossopteryx	Hicin nizri	1
16	<i>Daniellia oliveri</i>	Fabaceae	Daniellia	Falmi	1
17	<i>Detarium microcarpum</i>	Fabaceae	Detarium	Fantu	1
18	<i>Diospyros mespiliformis</i>	Ebenaceae	Diospyros	Tokoye nya	1
19	<i>Ficus ingens</i>	Moraceae	Ficus	Durmi nya	1
20	<i>Ficus platyphylla</i>	Moraceae	Ficus	Kobbé	1
21	<i>Ficus sycomorus</i>	Moraceae	Ficus	Gaigai	1
22	<i>Gardenia erubescens</i>	Rubiaceae	Gardenia	Gaudey	1
23	<i>Gardenia sokotensis</i>	Rubiaceae	Gardenia	Tondi fara	1
24	<i>Gardenia ternifolia</i>	Rubiaceae	Gardenia	Komnidi	1
25	<i>Grewia bicolor</i>	Malvaceae	Grewia	Saari	1
26	<i>Grewia flavescens</i>	Malvaceae	Grewia	Chayi	1
27	<i>Grewia villosa</i>	Malvaceae	Grewia	Grisummi	1
28	<i>Holarrhena floribunda</i>	Apocynaceae	Holarrhena	Karaw	1
29	<i>Khaya senegalensis</i>	Meliaceae	Khaya	Farrey	1
30	<i>Kigelia africana</i>	Bignoniaceae	Kigelia	Gangi dunou	1
31	<i>Lannea acida</i>	Anacardiaceae	Lannea	Tamarza	1
32	<i>Lannea velutina</i>	Anacardiaceae	Lannea	Tchambako	1
33	<i>Neocarya macrophylla</i>	Chrysobalanaceae	Neocarya	Gamsa	1
34	<i>Parkia biglobosa</i>	Mimosaceae	Parkia	Lutu nya	1
35	<i>Prosopis africana</i>	Mimosaceae	Prosopis	Zamturi	1
36	<i>Sclerocarya birrea</i>	Anacardiaceae	Sclerocarya	Luley	1
37	<i>Pteleopsis suberosa</i>	Combretaceae	Pteleopsis	Deligna albora	1
38	<i>Securidaca longepedunculata</i>	Polygalaceae	Securidaca	Hasu koiré	1
39	<i>Tamarindus indica</i>	Fabaceae	Tamarindus	Boseye	1
40	<i>Vetiveria nigritana</i>	Poaceae	Chrysopogon	Bawu	1
41	<i>Vitex doniana</i>	Lamiaceae	Vitex	Booyi	1
42	<i>Ximenia americana</i>	Ximenia	Olacaceae	Mollan	1

Avec :

**1** : Statuts des espèces ligneuses jugées disparues par la population enquêtée.

### 3.2.2. Espèces ligneuses menacées, conservées et exotiques

Selon les réponses fournies par les personnes enquêtées, 14 espèces ligneuses sont perçues comme menacées, 6 conservées et 7 introduites, soit respectivement 20 %, 9 % et 10 % par rapport à toutes les espèces inventoriées (Tableau 4). Pour toutes catégories confondues, la famille des Fabaceae apparaissent relativement dominantes.

**Tableau 4.** Espèces ligneuses végétales perçues comme menacées, conservées et introduites

N°	Noms botaniques	Familles	Genres	Noms locaux (Langue Djerma)	Statuts
1	<i>Acacias macrostachya</i>	Fabaceae	Acacia	Goumbi	2
2	<i>Acacia nilotica</i>	Mimosaceae	Acacia	Bani	2
3	<i>Acacias raddiana</i>	Fabaceae	Acacia	Bisaw	2
4	<i>Acacia senegal</i>	Mimosaceae	Acacia	Danga	2
5	<i>Acacias seyal,</i>	Fabaceae	Acacia	Saagey	2
6	<i>Adansonia digitata</i>	Bombacaceae	Adansonia	Koo nya	2
7	<i>Balanites aegyptiaca</i>	Zygophyllaceae	Balanites	Garbey	2
8	<i>Boscia angustifolia</i>	Capparaceae	Boscia	Hasu	2
9	<i>Combretum micranthum</i>	Combretaceae	Combretum	Kubu	2
10	<i>Combretum nigricans</i>	Combretaceae	Combretum	Déli-nya	2
11	<i>Faidherbia albida</i>	Fabaceae	Faidherbia	Gao	2
12	<i>Guiera senegalensis</i>	Combretaceae	Guiera	Sabara	2
13	<i>Piliostigma reticulatum</i>	Fabaceae	Piliostigma	Koseye	2
14	<i>Securidaca longipedunculata</i>	Polygalaceae	Securidaca	Hasu-koiré	2
1	<i>Boscia senegalensis</i>	Capparaceae	Boscia	Anza	3
2	<i>Cassia sieberiana</i>	Fabaceae	Cassia	Sinesan	3
3	<i>Combretum glutinosum</i>	Combretaceae	Combretum	Kokorbey	3
4	<i>Hyphaene thebaica</i>	Arecaceae	Hyphaene	Kongwu	3
5	<i>Piliostigma reticulatum</i>	Fabaceae	Piliostigma	Kosey	3
6	<i>Borassus aethiopum</i>	Arecaceae	Borassus	Sabb izé	3
1	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	Azadirachta	Turi forta	4
2	<i>Bauhinia rufescens</i>	Fabaceae	Bauhinia	Nammary	4
3	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Myrtaceae	Eucalyptus	Touraré	4
4	<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	Moringa	Windi-bundu	4
5	<i>Prosopis juliflora</i>	Mimosaceae	Prosopis	Sahel vert	4
6	<i>Prosopis cineraria</i>	Fabaceae	Prosopis	Sahel vert	4
7	<i>Ziziphus mauritiana</i>	Rhamnaceae	Ziziphus	Darey	4

Avec :

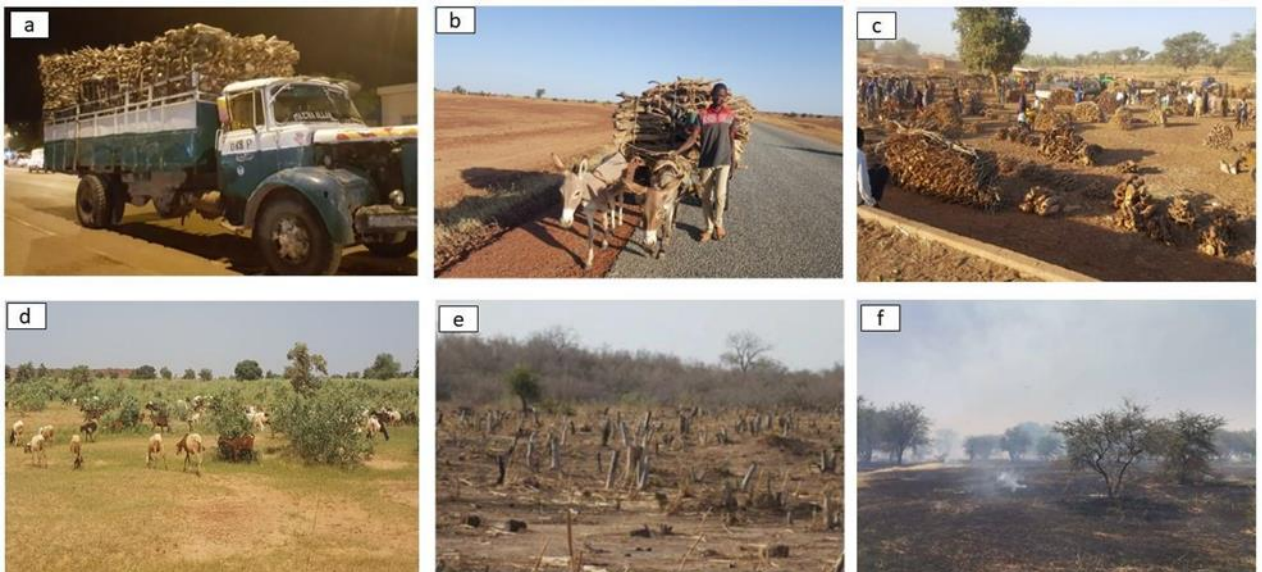
2 : Statut des espèces ligneuses menacées ;

3 : Statut des espèces ligneuses conservées ;

4 : Statut des espèces ligneuses introduites.

### 3.3. Perceptions paysannes sur les forces motrices de la disparition et du déclin des espèces ligneuses

Les personnes enquêtées estiment que les facteurs à l'origine de la disparition des espèces ligneuses étaient à priori les fortes variabilités climatiques enregistrées au cours des épisodes de sécheresses récurrentes ayant émaillé le Sahel dont les plus sévères en datent de 1970-1980. Sur le bassin versant du Kori Ouallam, ces périodes ont été marquées par une hausse extrême des températures, une tendance à la baisse des précipitations et un assèchement des réserves d'eau déclarent les personnes interrogées. Ainsi une grande partie des espèces ligneuses jugées éteintes ont été observées au cours de ces crises environnementales. Par contre, le déclin progressif des essences forestières est principalement attribué aux facteurs d'ordre anthropique (Figure 6) résultant de la croissance démographique accélérée. Ce phénomène régit un accroissement des besoins alimentaires et énergétiques qui se traduit par le défrichage des zones boisées pour l'installation des cultures, la coupe abusive de la végétation pour des besoins du bois de chauffe, le surpâturage, les feux de brousse (Figure 6) etc.



**Figure 6 :** Facteurs anthropiques liés au déclin de la végétation ligneuse : quelques modes d'approvisionnement des ménages en bois de chauffe (a) et (b) ; marché de bois (c) ; surpâturage des animaux (d) ; défrichage et mise en culture des surfaces boisées (e) ; scène de feu de brousse (f).

## 4. Discussion

### 4.1. Analyse diachronique de la dynamique d'occupation des sols

La cartographie diachronique des unités d'occupation des sols du bassin versant du Kori Ouallam indique une dynamique spatio-temporelle



très active. Entre 1972 et 2019, les surfaces cultivées sont passées de 25,18 % à 50,97 % soit une augmentation de près de 50 % sur une période d'environ un demi-siècle (Figure 4 ; 5). Des tendances relativement similaires ont été observées à Saga Gorou situé au centre sud du bassin versant du Kori Ouallam. Les champs de cultures qui occupaient 24,3 % du terroir en 1950 sont passés à 53,9 % en 2009, et cela malgré le développement des surfaces encroûtées non propices à l'agriculture (Abdourhamane Touré, 2011). Pour une fréquence temporelle réduite (1994-2006), les surfaces cultivées ont augmenté de 24 % dans le Fakara, sud-ouest Niger (Hiernaux et al., 2009). Sur le bassin versant de Mountséka au centre-sud du Niger, la proportion des surfaces cultivées a connu une augmentation de 17,5 % entre 1986 et 2000 (Bouzou Moussa et al., 2009). A l'échelle de la région sahélienne, il a été enregistré une augmentation globale de 57 % des superficies cultivées entre 1975 et 2000 (Brink et Eva, 2009). Sur la base d'une méta-analyse de vingt-cinq études menées à l'échelle du Sahel, van Vliet et al. (2013) affirment que les terres cultivées ont connu une augmentation de 73 % entre 1960 et 2010. Au Niger, plus de 90 % du potentiel des surfaces cultivables ont déjà été exploités (Brown et al., 2008). Ceci résulte principalement de l'accroissement des besoins alimentaires dont les rendements peinent à s'améliorer (Guengant and Banoin, 2003; Bouzou Moussa et al., 2011b).

Cependant, les surfaces cultivées passent de 28 % à 26,61% entre 1986 et 2006 soit une baisse de 4,96 %. Ce constat est en accord avec les travaux de Abdourhamane Touré (2011). Le principal facteur à l'origine était le développement des surfaces encroûtées non propices à l'agriculture.

L'extension des surfaces cultivées s'est accomplie au détriment des zones boisées. Sur le bassin versant du Kori Ouallam, la proportion de la couverture végétale a diminué progressivement. En 1972, elle couvrait 32,47 % de la superficie totale du bassin versant, puis 15,64 % en 1986 et seulement 11,15 % en 2019. Il ressort que le déclin a été beaucoup important entre 1972 et 1986 où près de la moitié de la couverture végétale a disparu, et cela indépendamment des unités topographiques. Cette tendance spatio-temporelle laisse à prédire qu'en plus des actions anthropiques, les aléas climatiques extrêmes résultant de la sécheresse des années 1970-1980 auraient contribué à une baisse substantielle de la couverture végétale. Les résultats de la cartographie diachroniques semblent être en accord avec ceux de l'enquête ethnobotanique. Dans le secteur d'étude à l'échelle de la commune rurale de Simiri les travaux de Saley et al. (2012) ont abouti également à des conclusions similaires pour des données longues serties datant de 1975 et 2006. Par ailleurs, plusieurs études ont fait état d'un reverdissement du Sahel au cours des deux dernière décennies induit par le rétablissement du régime pluviométrique (Spiekermann et al., 2015; Brandt

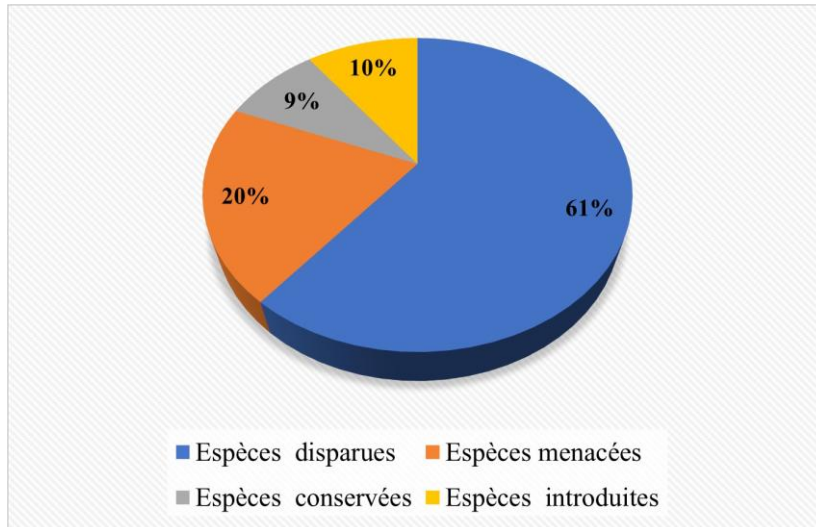
et al., 2016; Souverijns et al., 2020); ce qui est en désaccord avec nos résultats. Ce controverse a été également observé par Ibrahim et al. (2018) sur la frontière Nigéria-Niger.

Sur la topo-séquence des plateaux et versants, les sols nus ont évolué de 42,34 % à 56,33 % entre 1972 et 1986. Cette fluctuation pourrait être attribuée au défrichement de la végétation structurée en bandes boisées et dénudées correspondant à la brousse tigrée voir tachetée (Diouf et al., 2010). A l'ouest de Niamey, Fiorillo et al., (2017) observent que les sols nus des plateaux sont passés de 25 % à 56 % entre 1986 et 2012. Ils concluent que les plateaux constituent les principales sources d'approvisionnement de bois pour les populations. Par ailleurs, entre 1986 et 2019, la proportion des sols nus des plateaux et versants a chuté passant de 56,33 % à 37,53 %. Les stratégies de restauration des terres dégradées entreprises depuis plusieurs décennies pourraient être à l'origine. Sur le bassin versant du Kori Ouallam Noma Adamou et al. (2022a) et Hassane et al. (2017) affirment que les travaux d'aménagement associant les structures antiérosives et le reboisement contribuent à la reconstitution du couvert végétal sur des plateaux et versants qui jadis étaient nus.

L'apparition des lacs et mares permanents à semi-permanents est soutenue par une remontée de la nappe phréatique résultant de l'évolution croissante des coefficients de ruissellement (Leblanc et al., 2008). Au sud-ouest du Niger, les fortes pressions anthropiques exercées sur les ressources naturelles ont favorisé des mutations profondes sur le fonctionnement hydro-géo-morphologique des bassins versants (Bouzou Moussa et al., 2011a).

#### **4.2. Analyse de la tendance des espèces ligneuses végétales**

Au Sahel, la végétation ligneuse assure le maintien d'un équilibre écologique et offre des services écosystémiques aux populations notamment rurales (Millogo et al., 2017). Cependant dans cette région, il a été observé depuis plusieurs décennies une baisse progressive de la densité et de la diversité floristique (Herrmann et Tappan, 2013). En effet, sur le bassin versant du Kori Ouallam, l'enquête ethnobotanique menée auprès des communautés autochtones indique que le complexe ligneux est composé d'un ensemble de 69 espèces ligneuses dont 61 % sont perçues comme disparues, 20 % menacées, 9 % conservées et 10 % introduites lors de la mise en œuvre des projets de reboisement (Figure 7).



**Figure 7 :** Statuts et proportions des espèces ligneuses du bassin versant du Kori Ouallam

Les résultats reflètent une régression de la diversité floristique du bassin versant du Kori Ouallam sur une période d'environ un demi-siècle (1972-2019). Les enquêtés affirment que l'hostilité du climat est la principale force motrice à l'origine de la disparition des espèces ligneuses alors que leur baisse est attribuée aux actions humaines. Plusieurs travaux de recherche portant sur la dynamique des essences ligneuses sahéliennes ont abouti à des conclusions similaires. A l'est du Niger dans la commune rurale de Gaffati (région de Zinder), Alhassane (2021) a recensé 57 espèces ligneuses dont 15,55 % ont disparu et 11,11 % sont menacées de disparition sous l'effet des contraintes naturelles et anthropiques. Dans la région frontalière Nigéria-Niger, Ibrahim et al. (2018) ont réalisé un inventaire des espèces ligneuses de sept localités sur une période 30 ans (1982 et 2012). En fonction des zones investiguées, il ressort que 19 à 50 % des espèces ligneuses sont perçues comme disparues, 36 à 60 % menacées et 2 à 14 % conservées. Selon ces auteurs, la paupérisation généralisée de la population conduit à l'abattage des arbres à des fins commerciales. En plus de cela, s'ajoute l'élagage des arbres pour la production d'aliments bétails, les feux de brousse, la migration géographique des espèces ligneuses associées à des campagnes de reboisement dont les résultats restent encore très mitigés. A l'est du Burkina Faso notamment dans les secteurs de Bogandé, Fada N'Gourma et Pama, 39 espèces ligneuses ont été citées comme disparues et 52 en voie de disparition dans une période de 25 ans en moyenne (Hahn-Hadjali et Thiombiano, 2000). Dans ces régions, les principales forces motrices évoquées sont similaires à celles susmentionnées. Il s'agit entre autres des mauvaises pratiques culturelles et la forte demande en bois de chauffe résultant de l'explosion démographique, les feux de brousse et les

déficits pluviométriques. A travers plusieurs zones agroécologiques de l'Afrique subsaharienne, ces mêmes facteurs ont été également mis en cause dans le déclin de la végétation ligneuse (Niang et al., 2008; Hiernaux et al., 2009; Vincke et al., 2010; Saley et al., 2012; Spiekermann et al., 2015; Brandt et al., 2016; Fiorillo et al., 2017).

Dans la zone sahélo-soudanienne du Sénégal, Brandt et al. (2015) attribuent le dépérissement de la végétation exclusivement aux effets néfastes des fluctuations climatiques. Ils soutiennent que 69 % des espèces ligneuses en diminution présentaient une forte sensibilité aux variations extrêmes des températures enregistrées entre 1987 et 2013. Cette hypothèse est également cohérente avec les travaux de Sop et Oldeland (2013) ; mettant en évidence l'influence de la teneur en humidité du sol sur la dégradation de la densité et de la diversité des complexes ligneux. La baisse de l'humidité du sol est principalement accélérée par l'effet d'allélopathie résultant du développement spontané de la strate herbacée ; créant une concurrence avec la végétation ligneuse pour l'humidité disponible. Ce phénomène d'interaction arbres/herbacées a été bien documenté dans les savanes arbustives à arborées sahéliennes. C'est le cas au Niger (Hiernaux and Gérard, 1999; Hiernaux et al., 2009; Diouf et al., 2012), au Mali (Picard et al., 2005) ou encore au Burkina Faso (Wezel and Lykke, 2006).

Dans le cadre de cette étude, l'impact des conditions naturelles et anthropiques dans la dynamique de la végétation ligneuse ne semble pas être dissocié. En effet, près de 80 % des personnes interrogées affirment que la disparition des espèces ligneuses est liée aux sécheresses récurrentes enregistrées entre 1970 et 1980, alors que leur baisse découle principalement des activités humaines inappropriées. Pour l'Observatoire Hommes-Milieus International (OHMI) (Guissé et al., 2013), le dysfonctionnement des écosystèmes sahéliens demeure aussi longtemps que va perdurer la persistance des contraintes naturelles et anthropiques. Les épisodes de sécheresse ont entraîné une dégradation des conditions environnementales marquées par un déficit pluviométrique entraînant la disparition de plusieurs espèces ligneuses estimées à l'ordre des millions (Chamard and Courel, 1999; Ariori and Ozer, 2005; Ozer et al., 2010). Au Niger, 200 000 ha de couvert ligneux disparaissaient chaque année pour des besoins alimentaires et énergétiques (CEDEAO/CILSS, 1999).

En dépit de leurs contributions substantielles dans la compréhension de l'évolution écologique des milieux sahéliens, les enquêtes ethnobotaniques ne déterminent pas de manière exhaustive la tendance de toutes les espèces ligneuses. En effet, le statut d'une espèce citée peut varier selon la perception des personnes enquêtées ou encore d'une zone à l'autre sous l'influence de la migration écologique (Ibrahim et al., 2018).

## Conclusion

Cette étude réalisée à l'échelle du bassin versant du Kori Ouallam a permis d'évaluer les changements environnementaux survenus sur une longue fréquence temporelle comprise entre 1972 et 2019. Les résultats résultent du traitement des images satellitaires et une série d'enquêtes.

La cartographie diachronique témoigne que les unités d'occupation ont connu une dynamique spatio-temporelle très active. La couverture végétale a progressivement diminué au profit des surfaces cultivées et des sols nus. Les résultats de l'enquête ethnobotanique révèlent que, 61 % des espèces ligneuses sont perçues comme disparues, 20 % menacées, 9 % conservées et 10 % introduites par les projets de reboisement.

L'hostilité du climat soutenue par une emprise humaine de plus en plus croissante constituent les principaux facteurs à l'origine des changements environnementaux observés sur le bassin versant du Kori Ouallam. Ainsi, il découle des résultats de cette étude, la nécessité de mettre en œuvre des politiques écologiques visant à préserver les espèces ligneuses contre la coupe abusives et le défrichement. Celles-ci doivent inclure entre autres : la sensibilisation, la création d'activités génératrices de revenus aux populations rurales tout en facilitant l'accès aux sources d'énergies domestiques modernes.

**Remerciements :** Les auteurs remercient très vivement la population du terroir du bassin versant du Kori Ouallam pour l'hospitalité et leur franche collaboration pour le bon déroulement de l'enquête ethnobotanique.

**Conflit d'intérêts :** Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

**Disponibilité des données :** Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

**Déclaration de financement :** Le soutien financier a été fourni par trois institutions. Il s'agit du Centre National de la Recherche Scientifique et Technique (CNRST) du Royaume du Maroc "Domaines Prioritaires de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique/Ref. PPR1/2015/63 ", l'Agence Nigérienne des Allocations et Bourses (ANAB) et l'Agence Marocaine de Coopération Internationale (AMCI). Nos sincères remerciements à toutes ces institutions.

## References:

1. Abdourhamane Touré, A. (2011). Erosion en milieu sableux cultivé au Niger : dynamique actuelle et passée en liaison avec la pression anthropique et les changements climatiques. Thèse de Doctorat de

- l'Université de Bourgogne. 224p.
2. Abdourhamane Touré, A., Rajot, J.L., Garba, Z., Marticorena, B., Petit, C., & Sebag, D. (2011). Impact of very low crop residues cover on wind erosion in the Sahel. *Catena* 85, 205–214. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.01.002>
  3. Abdourhamane Touré, A., Tidjani, A.D., Rajot, J.L., Marticorena, B., Bergametti, G., Bouet, C., Ambouta, K.J.M., & Garba, Z. (2019). Dynamics of wind erosion and impact of vegetation cover and land use in the Sahel: A case study on sandy dunes in southeastern Niger. *CATENA* 177, 272–285. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.02.011>
  4. Alhassane, A. (2021). Évolution de la flore ligneuse dans les terroirs villageois au Niger, cas de la commune rurale de Gaffati. *IOSR Journal of Environmental Science* 15, 5–14. <https://doi.org/10.9790/2402-1506010514>
  5. Ambouta, J.M.K. & Dan Lamso, N. (1996). Rapport d'étude des sols des terroirs de Nazey et Togom (Ouallam). Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, 30 p.
  6. Ariori, S.L., & Ozer, P. (2005). Evolution des ressources forestières en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne au cours des 50 dernières années. *Geo-Eco-Trop* 29, 61–68.
  7. Biasutti, M. (2019). Rainfall trends in the African Sahel: Characteristics, processes, and causes. *WIREs Climate Change* 10, 1–22. <https://doi.org/10.1002/wcc.591>
  8. Boubacar, M.M.,(2016). Caractérisation des stades de dégradation des écosystèmes de l'Ouest du Niger et proposition de techniques simples de restauration des stades dégradés.Thèse de Doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey,138p.
  9. Boubacar, M.M., Inoussa, M., Ambouta, J., Mahamane, A., Jorgen, A., Harissou, Y., & Rabiou, H. (2013). 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). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7, 1963–1975. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i5.15>
  10. Bouzou Moussa, I., Descroix, L., Faran Maiga, O., Gautier, E., Moustapha Adamou M, E.M., Souley Yéro, K., Malam Abdou, M., Mamadou, I., Le Breton, E., & Abba, B. (2011a). Les changements d'usage des sols et leurs conséquences hydrogéomorphologiques sur un bassin-versant endoréique sahélien. *Sècheresse* 22, 13–24.
  11. Bouzou Moussa, I., Maiga, O.F., Ambouta, J.K., Sarr, B., Descroix, L., & Adamou, M.M.( 2009). Les conséquences géomorphologiques de l'occupation du sol et des changements climatiques dans un

- bassin-versant rural sahélien. *Sécheresse* 2009 ; 20 (1) : 145-52. 20, 145–152.
12. Bouzou Moussa, I., Sissoko, K., Zougmore, R., Dieye, K., Amadou, M., Moussa, A.S., Forch, W., Garlick, C., Ochieng, S., Kristjanson, P., & Thornton, P.K. (2011b). Summary of household baseline survey results – Fakara, Niger. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen, Denmark. Available online at: [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org).
  13. Brandt, M., Hiernaux, P., Rasmussen, K., Mbow, C., Kergoat, L., Tagesson, T., Ibrahim, Y.Z., Wélé, A., Tucker, C.J., & Fensholt, R. (2016). Assessing woody vegetation trends in Sahelian drylands using MODIS based seasonal metrics. *Remote Sensing of Environment* 183, 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.05.027>
  14. Brandt, M., Mbow, C., Diouf, A.A., Verger, A., Samimi, C., & Fensholt, R. (2015). Ground and satellite based evidence of the biophysical mechanisms behind the greening Sahel. *Global Change Biology* 21, 1610–1620. <https://doi.org/10.1111/gcb.12807>
  15. Brandt, M., Romankiewicz, C., Spiekermann, R., & Samimi, C. (2014). Environmental change in time series – An interdisciplinary study in the Sahel of Mali and Senegal. *Journal of Arid Environments* 105, 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.02.019>
  16. Brink, A.B., & Eva, H.D., (2009). Monitoring 25 years of land cover change dynamics in Africa: A sample based remote sensing approach. *Applied Geography* 29, 501–512. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.10.004>
  17. Brown, M., Funk, C., Verdin, J., & Eilerts, G. (2008). Response to “Ensuring food security”. *Science* 320, 611-612.
  18. Cappelaere, B., Descroix, L., Lebel, T., Boulain, N., Ramier, D., Laurent, J.-P., Favreau, G., Boubkraoui, S., Boucher, M., Bouzou Moussa, I., Chaffard, V., Hiernaux, P., Issoufou, H.B.A., Le Breton, E., Mamadou, I., Nazoumou, Y., Oi, M., Otlé, C., & Quantin, G. (2009). The AMMA-CATCH experiment in the cultivated Sahelian area of south-west Niger- Investigating water cycle response to a fluctuating climate and changing environment. *Journal of Hydrology* 375, 34–51. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.021>
  19. CEDEAO/CILSS, (1999). Programme d’action sous-régional de lutte contre la désertification en Afrique de l’Ouest et au Tchad. 83p.
  20. Chamard, C., & Courel, M. (1999). La forêt sahélienne menacée. *Sécheresse* 10, 11–18.
  21. Dai, A., Lamb, P.J., Trenberth, K.E., Hulme, M., Jones, P.D., Xie, P., 2004. The recent Sahel drought is real. *International Journal of Climatology* 24, 1323–1331. <https://doi.org/10.1002/joc.1083>

22. Dardel, C., Kergoat, L., Hiernaux, P., Mougin, E., Grippa, M., & Tucker, C.J. (2014). Re-greening Sahel: 30years of remote sensing data and field observations (Mali, Niger). *Remote Sensing of Environment* 140, 350–364. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.09.011>
23. Diouf, A., Barbier, N., Lykke, A.M., Couteron, P., Deblauwe, V., Mahamane, A., Saadou, M., & Bogaert, J., (2012). Relationships between fire history, edaphic factors and woody vegetation structure and composition in a semi-arid savanna landscape (Niger, West Africa). *Applied Vegetation Science* 15, 488–500. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2012.01187.x>
24. Diouf, A., Barbier, N., Mahamane, A., Lejoly, J., Saadou, M., & Bogaert, J. (2010). Caractérisation de la structure spatiale des individus ligneux dans une « brousse tachetée » au sud-ouest du Niger. *Canadian Journal of Forest Research* 40, 827–835. <https://doi.org/10.1139/X10-031>
25. DMN, Direction de la Météorologie Nationale. (2015). *Annuaire statistiques, séries longues (1960- 2015)*, Niamey, Niger., n.d.
26. Elagib, N.A., Zayed, I.S. Al, Saad, S.A.G., Mahmood, M.I., Basheer, M., & Fink, A.H. (2021). Debilitating floods in the Sahel are becoming frequent. *Journal of Hydrology* 599, 126362. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126362>
27. Epule, T.E., Ford, J.D., & Lwasa, S. (2018). Climate change stressors in the Sahel. *GeoJournal* 83, 1411–1424. <https://doi.org/10.1007/s10708-017-9831-6>
28. FAO. (2010). *Global forest resource assessment. Forestry paper, Food and agricultural organization, Rome, Italy., 163p., n.d.*
29. Fiorillo, E., Maselli, F., Tarchiani, V., & Vignaroli, P. (2017). Analysis of land degradation processes on a tiger bush plateau in South West Niger using MODIS and LANDSAT TM/ETM+ data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 62, 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.05.010>
30. Gado, B.A. (1992). Concepts traditionnels sur les sécheresses, famines et épidémies du Sahel. *Sécheresse*; 3, 243–250.
31. Gbohoui, Y.P., Paturel, J.-E., Fowe Tazen, Mounirou, L.A., Yonaba, R., Karambiri, H., & Yacouba, H. (2021). Impacts of climate and environmental changes on water resources: A multi-scale study based on Nakanbé nested watersheds in West African Sahel. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 35, 100828. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100828>
32. Gonzalez, P., Tucker, C.J., & Sy, H. (2012). Tree density and species decline in the African Sahel attributable to climate. *Journal of Arid Environments* 78, 55–64.



- <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.11.001>
33. Goutorbe, J.P., Lebel, T., Dolman, A.J., Gash, J.H.C., Kabat, P., Kerr, Y.H., Monteny, B., Prince, S.D., Stricker, J.N.M., Tinga, A., Wallace, J.S. (1997). An overview of HAPEX-Sahel: a study in climate and desertification. *Journal of Hydrology* 188–189, 4–17. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)03308-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03308-2)
  34. Greene, M. (1974). Impact of the sahelian drought in mauritania, west Africa. *The Lancet* 303, 1093–1097. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(74\)90568-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(74)90568-6)
  35. Guissé, A., Boëtsch, G., Ducourneau, A., Goffner, D., & Gueye, L. (2013). The international man–media Tessékéré (OHMi) Observatory: A research tool to study the complexity of arid ecosystems in Sahel. *Comptes Rendus Biologies* 336, 273–277. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2013.04.007>
  36. Habou, R., Abdoulaye, D., Maârouhi, I.M., Yakoubou, B., Mahamane, S., Boubacar, M.M., Sani, I.S., Abdou, L., & Ali, M. (2017). Influence de la géomorphologie sur La distribution spatiale des peuplements de *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. Ex Poir. dans la commune rurale de Simiri (Ouest Niger). *European Scientific Journal*, ESJ 13, 230. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n30p230>
  37. Hahn-Hadjali, K., & Thiombiano, A., (2000). Perception des espèces en voie de disparition en milieu gourmantché (Est du Burkina Faso). *Berichte des Sonderforschungsbereichs* 14, 285–297.
  38. Hassane, M., Noma Adamou, S., Abdourhamane Touré, A., & Bouba, H., (2017). Evaluate the socio-economic impact of the realization of half-moons and forest benches, their durability as well as their influences on the plantations of *Eucalyptus camaldulensis* at the village of Satara, commune of simiri, department of Ouallam, region. *International Journal of Agriculture and Environmental Research* ISSN: 2455-6939 4307–4328.
  39. Herrmann, S.M., & Tappan, G.G. (2013). Vegetation impoverishment despite greening: A case study from central Senegal. *Journal of Arid Environments* 90, 55–66. <https://doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2012.10.020>
  40. Hiernaux, P., Ayantunde, A., Kalilou, A., Mougin, E., Gérard, B., Baup, F., Grippa, M., & Djaby, B. (2009). Trends in productivity of crops, fallow and rangelands in Southwest Niger: Impact of land use, management and variable rainfall. *Journal of Hydrology* 375, 65–77. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.01.032>
  41. Hiernaux, P., Gérard, B. (1999). The influence of vegetation pattern on the productivity, diversity and stability of vegetation: The case of 'brousse tigrée' in the Sahel. *Acta Oecologica* 20, 147–158.

- [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(99\)80028-9](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(99)80028-9)
42. Ibrahim, Y.Z., Balzter, H., & Kaduk, J. (2018). Land degradation continues despite greening in the Nigeria-Niger border region. *Global Ecology and Conservation* 16, e00505. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00505>
  43. Lang, J., Kogbe, C., Alidou, S., Alzouma, K.A., Bellion, G., Dubois, D., Durand, A., Guiraud, R., Houessou, A., de Klasz, I., Romann, E., Salard-Cheboldaeff, M., & Trichet, J. (1990). The Continental Terminal in West Africa. *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)* 10, 79–99. [https://doi.org/10.1016/0899-5362\(90\)90048-J](https://doi.org/10.1016/0899-5362(90)90048-J)
  44. Lebel, T., Cappelaere, B., Galle, S., Hanan, N., Kergoat, L., Levis, S., Vieux, B., Descroix, L., Gosset, M., Mougin, E., Peugeot, C., & Seguis, L. (2009). AMMA-CATCH studies in the Sahelian region of West-Africa: An overview. *Journal of Hydrology* 375, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.03.020>
  45. Lebel, T., Taupin, J.D., & D'Amato, N. (1997). Rainfall monitoring during HAPEX-Sahel. 1. General rainfall conditions and climatology. *Journal of Hydrology* 188–189, 74–96. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)03155-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03155-1)
  46. Leblanc, M.J., Favreau, G., Massuel, S., Tweed, S.O., Loireau, M., & Cappelaere, B. (2008). Land clearance and hydrological change in the Sahel: SW Niger. *Global and Planetary Change* 61, 135–150. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.08.011>
  47. Malam-Abdou, M., Vandervaere, J.-P., Bouzou-Moussa, I., Descroix, L., Mamadou, I., & Faran-Maiga, O. (2016). Genèse des écoulements sur deux petits bassins versants cristallins de l'Ouest du Niger : approche multi-échelles du fonctionnement hydrodynamique. *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 22, 363–375. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.11537>
  48. Malam Issa, O., Valentin, C., Rajot, J.L., Cerdan, O., Desprats, J.-F., & Bouchet, T. (2011). Runoff generation fostered by physical and biological crusts in semi-arid sandy soils. *Geoderma* 167–168, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.09.013>
  49. Mamadou, I., Gautier, E., Descroix, L., Noma, I., Bouzou Moussa, I., Faran Maiga, O., Genthon, P., Amogu, O., Malam Abdou, M., & Vandervaere, J.-P. (2015). Exorheism growth as an explanation of increasing flooding in the Sahel. *CATENA* 131, 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.03.017>
  50. Mamoudou, I. (2018). Impact du climat et des activités anthropiques sur les écosystèmes dans le nord-ouest de la région de tillabéri au Niger. Thèse de Doctorat, Université Abdou Moumouni de

- Niamey,133p.
51. Maranz, S. (2009). Tree mortality in the African Sahel indicates an anthropogenic ecosystem displaced by climate change. *Journal of Biogeography* 36, 1181–1193. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.02081.x>
  52. Millogo, D., Nikiema, A., Koulibaly, B., Zombre, N.P., (2017). Analyse de l'évolution de l'occupation des terres à partir de photographies aériennes de la localité de Loaga dans la province du Bam, Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 11, 2133. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.16>
  53. Mortimore, M., Turner, B. (2005). Does the Sahelian smallholder's management of woodland, farm trees, rangeland support the hypothesis of human-induced desertification? *Journal of Arid Environments* 63, 567–595. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.03.005>
  54. Mounirou, L.A., Yonaba, R., Koïta, M., Paturel, J., Mahé, G., Yacouba, H., Karambiri, H., (2021). Hydrologic similarity: Dimensionless runoff indices across scales in a semi-arid catchment. *Journal of Arid Environments* 193, 104590. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104590>
  55. Nabil, M., Zhang, M., Bofana, J., Wu, B., Stein, A., Dong, T., Zeng, H., & Shang, J. (2020). Assessing factors impacting the spatial discrepancy of remote sensing based cropland products: A case study in Africa. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 85, 102010. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.102010>
  56. Niang, A.J., Ozer, A., & Ozer, P. (2008). Fifty years of landscape evolution in Southwestern Mauritania by means of aerial photos. *Journal of Arid Environments* 72, 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.04.009>
  57. Nicholson, S.E. (2013). The West African Sahel: A Review of Recent Studies on the Rainfall Regime and Its Interannual Variability. *ISRN Meteorology* 2013, 1–32. <https://doi.org/10.1155/2013/453521>
  58. Nicholson, S.E., Fink, A.H., & Funk, C. (2018). Assessing recovery and change in West Africa's rainfall regime from a 161-year record. *International Journal of Climatology* 38, 3770–3786. <https://doi.org/10.1002/joc.5530>
  59. Noma Adamou, S., Abdourhamane Touré, A., & Daoudi, L. (2022a). Effects of restoration of degraded lands on soils physicochemical properties and adaptability of planted woody species in southwestern Niger. *Land Degradation & Development* 1–16. <https://doi.org/10.1002/ldr.4435>

60. Noma Adamou, S., Gourfi, A., Abdourhamane Touré, A., & Daoudi, L., (2022b). Érosion hydrique au sud-ouest du Niger : impacts des facteurs naturels et anthropiques sur les pertes en sols. *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 28, 77–92. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.16744>
61. Ozer, P., Hountondji, Y., Niang, A., Karimoune, S., Laminou Manzo, O., & Salmon, M. (2010). Désertification au Sahel : historique et perspectives. *Bulletin de la Société Géographique de Liège* 54, P, 69–84.
62. Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Yu, B., Klik, A., Lim, K.J., Yang, J.E., Ni, J., Miao, C., & Chattopadhyay, N., (2017). Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04282-8>
63. Peyre de Fabrègues, B. (1977). *Lexique de noms vernaculaires de plantes du Niger*. Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux. Maisons-Alfort, [France], deuxième édition. 156 p.
64. Picard, N., Gueguen, K., Abdoulaye, H.A., Diarisso, D., Karembe, M., Birnbaum, P., & Nasi, R. (2005). Tree formations in relation with soil and grasses in a dry savanna in Mali, West Africa. *African Journal of Ecology* 43, 201–207. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2005.00568.x>
65. Saley, K., Allah, M.Z., Morou, B., Mahamane, A., & Saadou, M., (2012). Land Cover/Use Dynamics and Vegetation Characteristics in the Rural District of Simiri (Tillabery Region, Niger). *The Functioning of Ecosystems*, Prof. Mahamane Ali (Ed.), ISBN: 978-953-51-0573-2, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/the-functioning-of-ecosystems/spatial-and-temporal-dynamics-of-the-falki-pond-ecosystem-in-the-region-of-zinder-Nige>.
66. Sop, T.K., & Oldeland, J., (2013). LOCAL PERCEPTIONS OF WOODY VEGETATION DYNAMICS IN THE CONTEXT OF A 'GREENING SAHEL': A CASE STUDY FROM BURKINA FASO. *Land Degradation & Development* 24, 511–527. <https://doi.org/10.1002/ldr.1144>
67. Souverijns, N., Buchhorn, M., Horion, S., Fensholt, R., Verbeeck, H., Verbesselt, J., Herold, M., Tsendbazar, N., Bernardino, P.N., Somers, B., & Van De Kerchove, R. (2020). Thirty Years of Land Cover and Fraction Cover Changes over the Sudano-Sahel Using Landsat Time Series. *Remote Sensing* 12, 3817. <https://doi.org/10.3390/rs12223817>
68. Spiekermann, R., Brandt, M., & Samimi, C. (2015). Woody vegetation and land cover changes in the Sahel of Mali (1967–2011). *International Journal of Applied Earth Observation and*

- Geoinformation 34, 113–121.  
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.08.007>
69. Trichon, V., Hiernaux, P., Walcker, R., & Mougin, E. (2018). The persistent decline of patterned woody vegetation: The tiger bush in the context of the regional Sahel greening trend. *Global Change Biology* 24, 2633–2648. <https://doi.org/10.1111/gcb.14059>
70. van Vliet, N., Reenberg, A., & Rasmussen, L.V. (2013). Scientific documentation of crop land changes in the Sahel: A half empty box of knowledge to support policy? *Journal of Arid Environments* 95, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2013.03.010>
71. Vincke, C., Diédhiou, I., & Grouzis, M., (2010). Long term dynamics and structure of woody vegetation in the Ferlo ( Senegal ). *Journal of Arid Environments* 74, 1988–1996. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.08.006>
72. Wezel, A., & Lykke, A.M. (2006). Woody vegetation change in Sahelian West Africa: evidence from local knowledge. *Environment, Development and Sustainability* 8, 553–567. <https://doi.org/10.1007/s10668-006-9055-2>
73. Yonaba, R., Koïta, M., Mounirou, L.A., Tazen, F., Queloz, P., Biaoou, A.C., Niang, D., Zouré, C., Karambiri, H., & Yacouba, H. (2021). Spatial and transient modelling of land use/land cover (LULC) dynamics in a Sahelian landscape under semi-arid climate in northern Burkina Faso. *Land Use Policy* 103, 105305. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105305>