

## Influence des pressions anthropiques et des variabilités climatiques sur la dynamique du changement d'occupation du sol dans la Commune rurale de Mokko au Niger

### [ Influence of anthropogenic pressures and climatic variability on the dynamics of land use change in the rural municipality of Mokko in Niger ]

Issa Garba<sup>1</sup>, Hassane Idé Hamidou<sup>1</sup>, Abdourahamane Zakari Seydou<sup>1</sup>, and Fadiala Dembélé<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre Régional AGRHYMET, BP 11011, Niamey, Niger

<sup>2</sup>Departement Génie rural, Eaux and Forêts, Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR, FRA) de Katibougou, BP 06, Koulikoro, Mali

Copyright © 2024 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:** The study was conducted in the rural commune of Mokko, in western Niger, an agro-pastoral area. The objective of this study was to assess the influence of anthropogenic and climatic factors on the dynamics of land use change. The dynamics of land cover change were studied through the perception of the population, the analysis of the normalized precipitation index and a diachronic analysis over the period 1990 to 2022 through the use of Landsat TM and TM+ images from the year 1990; 2000 and OLI & TIRS of the Year 2022. The results reveal the progress of the agricultural front, residential areas and bare glaciés. This expansive dynamic of anthropogenic areas has been to the detriment of natural formations such as low-woody fallows/pastoral enclaves and low-woody grasses/shrub savannahs. Thus, in the space of 33 years, residential areas have increased by 56.4%; bare glaciés by 41.6% and rainfed crops by 15.3% with an annual increase of 1.4% respectively; 1.1% and 0.5%, while low woody fallow/pastoral enclave units decreased by 30.4% and low woody herbaceous/shrub savannah by 20.3% with an annual decline of 1.1% and 0.72% respectively. These changes and succession of land cover units are due to anthropogenic actions combined with climatic variability.

**KEYWORDS:** diachronic analysis; land dynamics; peasant perception; anthropogenic pressure; climate variability; Mokko; Niger.

**RESUME:** L'étude a été conduite dans la Commune rurale de Mokko, dans l'ouest du Niger, zone à vocation agropastorale. Elle avait pour objectif d'évaluer le poids des facteurs anthropiques et climatiques sur la dynamique du changement d'occupation du sol. La dynamique du changement d'occupation du sol a été étudiée à travers la perception de la population, l'analyse de l'indice normalisé de précipitations et une analyse diachronique sur la période 1990 à 2022 à travers l'utilisation des images landsat TM et TM+ de l'année 1990; 2000 et OLI & TIRS de l'année 2022. Les résultats révèlent la progression du front agricole, des zones d'habitation et des glaciés dénudés. Cette dynamique expansive des zones anthropisées s'est opérée en défaveur de formations naturelles telles que les jachères à ligneux bas/enclave pastorale et les herbacées à ligneux bas/savane arbustive. Ainsi, en l'espace de 33 ans les zones d'habitations ont progressé de 56,4%; les glaciés dénudés de 41,6% et les cultures pluviales de 15,3% avec respectivement un accroissement annuel de 1,4%; 1,1% et 0,5%, tandis que les unités des jachères à ligneux bas/enclave pastorale ont régressé de 30,4% et les herbacées ligneux bas/savane arbustive de 20,3% avec respectivement une régression annuelle de 1,1% et 0,72%. Ces changements et successions de ces unités d'occupation du sol sont dus aux actions anthropiques conjuguées aux variabilités climatiques.

**MOTS-CLEFS:** analyse diachronique; dynamique des terres; perception paysanne; pression anthropique; variabilité climatique; Mokko; Niger.

## 1 INTRODUCTION

À l'instar des autres pays du sahel, le Niger fait face à des menaces d'ordre environnementales. La désertification, l'amenuisement des ressources naturelles et la dégradation des terres de cultures sont les manifestations les plus importantes de ce phénomène [1]. Cette dégradation se caractérise par une disparition progressive du couvert végétal avec un taux annuel de réduction de 3,7% entre 1990 et 2000 [2]. Ces dernières années, la dégradation des ressources naturelles a pris des proportions très inquiétantes et se pose avec acuité. Ceci pourrait s'expliquer par l'appartenance du pays à la bande saharo-sahélienne où la menace de la désertification et la fragilité des écosystèmes sont beaucoup plus prononcées [3]. Les ressources naturelles sont ainsi soumises à de fortes pressions anthropiques et climatiques qui entraînent des perturbations des écosystèmes et des pertes de biodiversité [4]. Cette dégradation accentuée essentiellement par des modes et systèmes d'exploitation inappropriés des ressources

disponibles, affecte durement l'équilibre des écosystèmes en place et change progressivement la physionomie des patrons paysagés. Ces changements ont des répercussions directes sur l'occupation du sol, ainsi, les processus naturels de la dynamique d'évolution de la végétation sont perturbés par les variabilités climatiques combinées aux activités anthropiques à travers l'exploitation forestière abusive, le surpâturage et diverses techniques culturales, principalement l'agriculture itinérante [4].

La région de Dosso particulièrement la Commune rurale de Mokko, zone à vocation agropastorale subie fortement ces pressions qui modifient considérablement la physionomie du paysage. Dans ce contexte de dégradation accrue des ressources naturelles, il est évident que le suivi et la quantification de la dynamique de l'occupation du sol s'avèrent nécessaires dans ces paysages soumis à des fortes exploitations abusives et pratiques culturales ancestrales souvent inappropriées [4]. Ainsi pour mieux appréhender la dynamique de l'évolution des ressources naturelles au regard des enjeux environnementaux, économiques et sociaux, il est nécessaire de comprendre leur passé [5], afin de prendre des mesures d'atténuation pour le futur.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 MATÉRIEL

#### 2.1.1 ZONE DE L'ÉTUDE

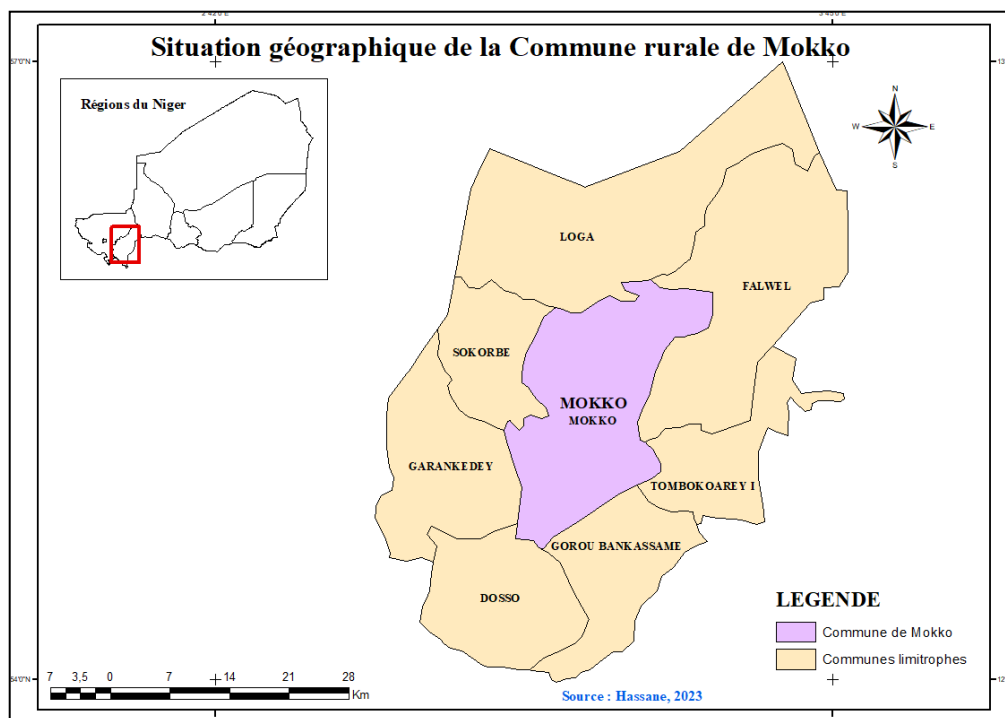
La Commune rurale de Mokko est localisée au nord du département de Dosso, Ouest du Niger sur la RN 14 à 17 km de Dosso.

Les coordonnées géographiques sont 13,17323° de latitude Nord et 003,26463° de longitude Est. La commune s'étend sur une superficie d'environ 1075 km<sup>2</sup>.

Le climat est de type sahélien, la pluviométrie moyenne annuelle des dix dernières années est de 500 mm (données chirps). Le relief est composé de plateaux, des terres dunaires et de terres de bas-fonds. Les sols sont constitués principalement de couches sableuses reposant sur des grés ferrigno-sableux. La végétation est caractérisée par la présence de quelques formations steppiques et des enclaves pastorales qui subissent quelques empiétements des terres agricoles.

Elle est limitée (Figure 1):

- Au nord par les communes de Sokorbé et Falwel, (département de Loga.);
- Au sud par la commune urbaine de Dosso et la Commune rurale de Goroubankassam;
- A l'Est par la commune rurale de Tombokoirey;
- À l'ouest par la commune rurale de Garantchédey



**Fig. 1.** Localisation de la zone de l'étude

## 2.1.2 DONNÉES DE LA CARTOGRAPHIE

Les images satellitaires multispectrales utilisées dans le cadre de cette étude ont été obtenues au niveau du Centre Régional AGRHYMET. Il s'agit des images Landsat TM et ETM+ de l'année 1990; 2000 et OLI & TIRS de l'année 2022.

*Tableau 1. Référence des images Landsat utilisées*

Capteur	Date d'acquisition	Résolution (m)	Path/Row
Landsat TM	01 février 1990	30	192/051
Landsat TM	01 février 1990	30	192/052
Landsat ETM+	26 octobre 2000	30	192/051
Landsat ETM+	11 novembre 2000	30	192/052
Landsat9 OLI&TIRS	24 janvier 2022	15	192/050
Landsat9 OLI&TIRS	24 janvier 2022	15	192/051

## 2.2 MÉTHODES

### 2.2.1 ÉLABORATION DES CARTES D'OCCUPATION DU SOL

#### 2.2.1.1 PRÉTRAITEMENTS DES IMAGES

Le prétraitement des images regroupe toutes les opérations qui sont effectuées dans le but de rendre les lots d'images lisibles et superposables. Il s'agit des corrections géométriques et radiométriques de la mosaïque. Les améliorations radiométriques corrigent les effets des différents artefacts qui perturbent la mesure radiométrique, alors que celles géométriques rendent possible la superposition à d'autres documents cartographiques de référence [6]. En effet, ces traitements préliminaires visent avant tout, la préparation des images pour les contrôles sur le terrain et leur lecture afin de faciliter l'interprétation visuelle.

#### 2.2.1.2 COMBINAISON DES BANDES/COMPOSITION COLORÉE

Les images Landsat ont été acquises sous forme de bandes individuelles ou en canaux séparés en niveaux de gris sous format GeoTIFF. Ces canaux sont assemblés pour obtenir une image composite multicanaux pleinement exploitable.

L'objectif est d'avoir une synthèse d'informations en vue d'une bonne discrimination des unités d'occupation du sol. De plus, l'interprétation visuelle des images qui a pour rôle d'établir une relation entre le terrain et l'image a permis d'identifier des détails comme: les savanes (arbustive, herbeuse), les zones de pâturage (les enclaves pastorales et autres végétations basses), les champs et jachères, les plans d'eau, les agglomérations et sols nus sur les différentes images.

#### 2.2.1.3 EXTRACTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude a été extraite en superposant la carte en format shapefile de la limite administrative de la commune rurale de Mokko avec l'image composite multicanaux.

#### 2.2.1.4 PHASE D'EXTRACTION ANALYTIQUE ET/OU SELECTIVE DE L'INFORMATION

Ce sont ces traitements qui aboutissent à la discrimination des différentes classes d'occupation du sol recherchées. Ils sont effectués sur la base des caractéristiques biophysiques du milieu et la bonne connaissance du terrain.

#### 2.2.1.5 ÉLABORATION D'UNE CLÉ D'INTERPRÉTATION

La nomenclature du comité du Réseau d'Observatoires et de Surveillance Ecologique à Long Terme (ROSELT) de juillet 2009 a été utilisée pour élaborer la clé d'interprétation. Elle a permis de définir les différentes classes d'occupation du sol en fonction de leurs caractéristiques observables sur les images. Son élaboration a pris en compte les caractéristiques topologiques et spectrales des unités (structure/texture, forme, teinte, et distribution spatiale), et les informations récoltées sur le terrain. Les classes retenues sont: les cultures (regroupant les cultures pluviales sensu stricto), les formations végétales naturelles (formations ripicoles, savane arbustive, enclave pastorale, jachères), les réseaux hydrographiques (mare temporaire et permanente), les sols nus (terrain rocheux, plateau dénudé et glaciaire) et les infrastructures (couloir de passage, habitations).

### 2.2.1.6 CARTOGRAPHIE PAR INTERPRÉTATION VISUELLE

La connaissance du secteur d'étude a guidé le choix en faveur de la méthode de classification non supervisée automatique couplée avec la vérité terrain à l'aide du GPS. Au total 16 points de contrôle ont été visités (Tableau 2). Ainsi, la cartographie a été réalisée manuellement sur l'écran en tenant compte de la clef précédemment définie. Elle a consisté à délimiter les contours des zones homogènes et à codifier ces zones suivant la classe d'occupation du sol à laquelle elles appartiennent.

*Tableau 2. Coordonnées géographiques des points vérifiés dans la Commune rurale de Mokko*

N°	Classes	Coordonnées (WGS84)
1	Couloir de Passage 1	E: 3°22'49,99" ; N: 13° 16'13,23"
2	Couloirs de Passage 2	E: 3°21'33,43" ; N: 13°17'41,34"
3	Culture Pluviale Continue 1	E: 3°16' 35,94" ; N: 13°11'7,95"
4	Culture Pluviale Continue 2	E: 3°20'42,95" ; N: 13°13'25,61"
5	Glacis Dénudée 1	E: 3°16'11,90" ; N: 13°10'53,70"
6	Glacis Dénudée 2	E: 3°16'13,44" ; N: 13°11'6,10"
7	Herbacées Ligneux Bas /Savane arbustive 1	E: 3°15'35,48" ; N: 13°10'18,29"
8	Herbacées Ligneux Bas /Savane arbustive 2	E: 3°18'31,36" ; N: 13°9'35,53"
9	Jachère à Ligneux Bas /Enclave Pastorale 1	E: 3°19'29,52" ; N: 13°10'47,99"
10	Jachère à Ligneux Bas /Enclave Pastorale 2	E: 3°19'35,65" ; N: 13°10'50,7"
11	Plateau Dénudé 1	E: 3°17'4,37" ; N: 13°10'42,41"
12	Plateau Dénudé 2	E: 3°17'13,34" ; N: 13°9'52,89"
13	Zone d'Habitation 1	E: 3°16'14,71" ; N: 13°10'39,29"
14	Zone d'Habitation 2	E: 3°16'8,19" ; N: 13°11'55,93"
15	Ligneux Bas Ripicole 1	E: 3°16'4,27" ; N: 13°11'26,77"
16	Ligneux Bas Ripicole 2	E: 3°16'8,01" ; N: 13°11'28,43"

### 2.2.2 ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU CHANGEMENT D'OCCUPATION DU SOL ET MISE EN ÉVIDENCE DES CHANGEMENTS

Pour évaluer la dynamique du changement d'occupation du sol, sur les périodes 1990-2000; 2000-2022; 1990-2022, les cartes des différentes dates (1990-2000; 2000-2022; 1990-2022) ont été superposées pour aboutir à une analyse de la dynamique des changements. À cet effet, le taux global d'évolution, le taux moyen annuel d'expansion spatiale et la matrice de transition ont été déterminés.

#### 2.2.2.1 CALCUL DU TAUX D'ÉVOLUTION GLOBAL

La dynamique de chaque catégorie d'occupation du sol a été appréciée en calculant le taux d'évolution global (Tg) des superficies d'occupation du sol de la façon suivante: Soit  $S_A$  la superficie d'une catégorie d'occupation du sol de l'année A et  $S_B$  celle d'une catégorie d'occupation du sol de l'année B, avec  $B > A$ . Tg (A; B) sera égale à:

$$Tg (A, B) = \frac{SB - SA}{SA} \times 100$$

Si Tg = 0, on conclut qu'il y a stabilité de cette catégorie d'occupation du sol;

Si Tg < 0, on conclut qu'il y a régression de cette catégorie;

Si Tg > 0, il y a extension de cette catégorie.

Cet indice est calculé pour toutes les catégories d'occupation du sol. Il permet d'apprécier quantitativement l'évolution des différentes catégories d'occupation du sol entre deux périodes.

#### 2.2.2.2 TAUX MOYEN ANNUEL D'EXPANSION SPATIALE

Le changement des unités d'occupation du sol a été évalué en utilisant les superficies des unités d'occupation du sol des trois périodes de l'étude à savoir: 1990-2000; 2000-2022 et 1990-2022. La combinaison de ces différentes périodes permet de voir le changement intervenu en 10 ans (1990-2000) puis en 22 ans (2000-2022) et en fin en 33 ans (1990-2022).

Une analyse approfondie basée sur l'évaluation des changements intervenus au sein de chaque unité d'occupation du sol prise isolément a été faite à travers le calcul du taux moyen annuel d'expansion spatiale, couramment utilisé dans les études sur le changement d'occupation du sol [5], [6]. Ce taux de changement s'évalue à partir de la formule de Bernier (1992) fréquemment utilisée pour mesurer la croissance des agrégats macroéconomiques entre deux périodes données. Cette formule se présente comme suit:

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

Avec  $S_1$  la surface d'une classe d'occupation du sol à la date  $t_1$ ;  $S_2$  la superficie de la même classe d'unité de surface à la date  $t_2$ ;  $\ln$  le logarithme népérien;  $e$  la base des logarithmes népériens ( $e = 2,71828$ ).

Ainsi les différentes tendances (progressives, régressives ou stationnaires) ont été dégagées, ce qui a permis d'apprécier l'impact des actions anthropiques et climatiques sur les classes d'occupation du sol.

### 2.2.2.3 MATRICE DE TRANSITION

Elle permet de mettre en évidence les différentes formes de conversion subies par les unités d'occupation du sol entre deux dates  $t_1$  et  $t_2$ , et décrire les changements intervenus. Elle décrit de manière condensée, les changements d'état des éléments d'un système pendant une période donnée, dont les cellules contiennent la valeur d'une variable ayant passé d'une classe initiale  $I$  à une classe finale  $F$  pendant la période allant de  $t_1$  à  $t_2$  [6], [7]. Dans le cadre de la présente étude, cette matrice est obtenue à partir des valeurs issues de l'union des cartes d'occupation du sol, dans le logiciel Arc GIS (grâce à l'algorithme "Union" de l'extension Geoprocessing), et traitées dans Excel.

### 2.2.3 DONNÉES D'ENQUÊTE SOCIOLOGIQUE

Dans l'optique d'appréhender la perception de la population de la Commune rurale de Mokko sur la dynamique du changement d'occupation du sol, nous avons procédé à une enquête sociologique. Ainsi compte tenu de l'absence de données récentes sur l'effectif de la population de la Commune rurale de Mokko, nous avons jugé utile d'enquêter 10 personnes par villages dont 7 se trouvant dans la tranche d'âge de plus de 45 ans, à cet âge un enquêté serait en mesure de renseigner sur les événements passés 30 ans auparavant. 17 villages (15 %) des 110 villages que compte la Commune rurale de Mokko ont été enquêtés, les critères considérés sont l'accessibilité en termes de sécurité et la présence des agropasteurs et agro-éleveurs. Le logiciel Sphinx V5 et Excel ont été utilisés pour l'analyse des données issues de l'enquête.

### 2.2.4 DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

Le climat est l'un des facteurs essentiels dont dépend la couverture végétale [8]. En effet, le développement des formations végétales dépend non seulement de la quantité de pluie tombée, mais aussi de sa répartition temporelle. À cet effet, l'indice standardisé des précipitations (SPI) ([9], [10], [11]) a été utilisé pour analyser l'évolution climatique dans la Commune rurale de Mokko sur la période 1990 - 2022. Cet indice bien adapté au suivi des variations de la croissance de la végétation a été utilisé pour quantifier les déficits des précipitations à différentes échelles temporelles. Sa formule est la suivante:

$$SPi = \frac{(Xi - Xm)}{Sm}$$

Où: SPi: Indice Standardisé de Précipitation de l'année  $i$ ;

$Xi$ : est le cumul des pluies pour une année  $i$ ;

$Xm$  et  $Sm$  sont respectivement la moyenne et l'écart type des pluies annuelles observées pour la série concernée.

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 OCCUPATION DU SOL DANS LA COMMUNE DE MOKKO SUR LES PERIODES 1990; 2000; 2022

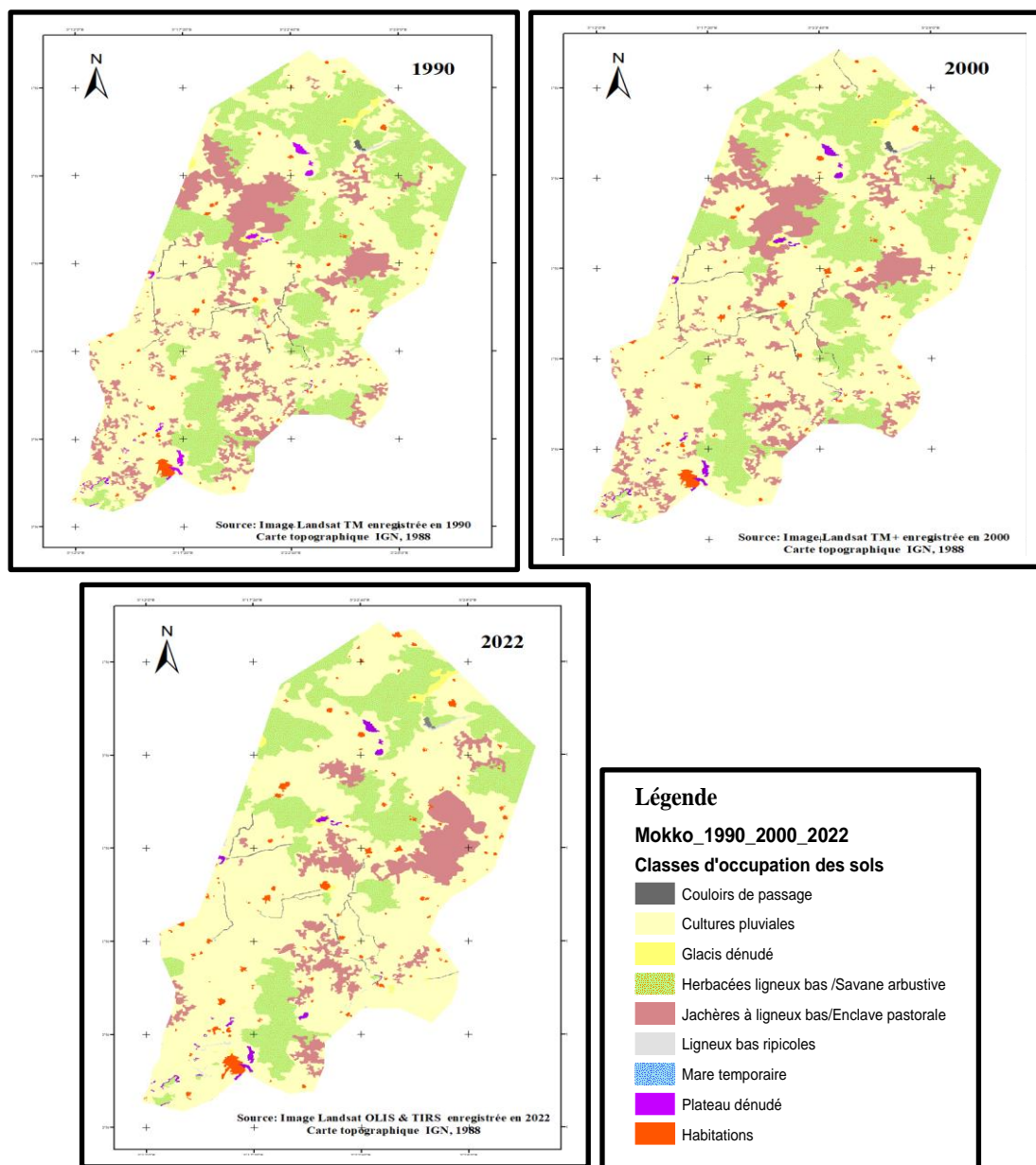


Fig. 2. Cartes d'occupation du sol de la Commune rurale de Mokko sur les périodes de 1990-2000 et 2022.

#### 3.2 ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

L'analyse de la figure 3 et du tableau 3 montre que sur les trois périodes de 1990-2000; 2000-2022 et 1990-2022 les unités telles que les Habitations; les Couloirs de Passages et les Cultures pluviales ont connu une évolution progressive tandis que les Jachères Ligneux Bas/Enclaves Pastorales; les Glacis dénudés et les Herbacés Ligneux Bas /Savane arbustive ont régressé. Les unités de ligneux bas ripicole/cordon ripicole et des glacis dénudés quant à elles ont connu une régression sur la période de 1990-2000 puis une progression significative sur la période de 2000-2022 et 1990-2022.

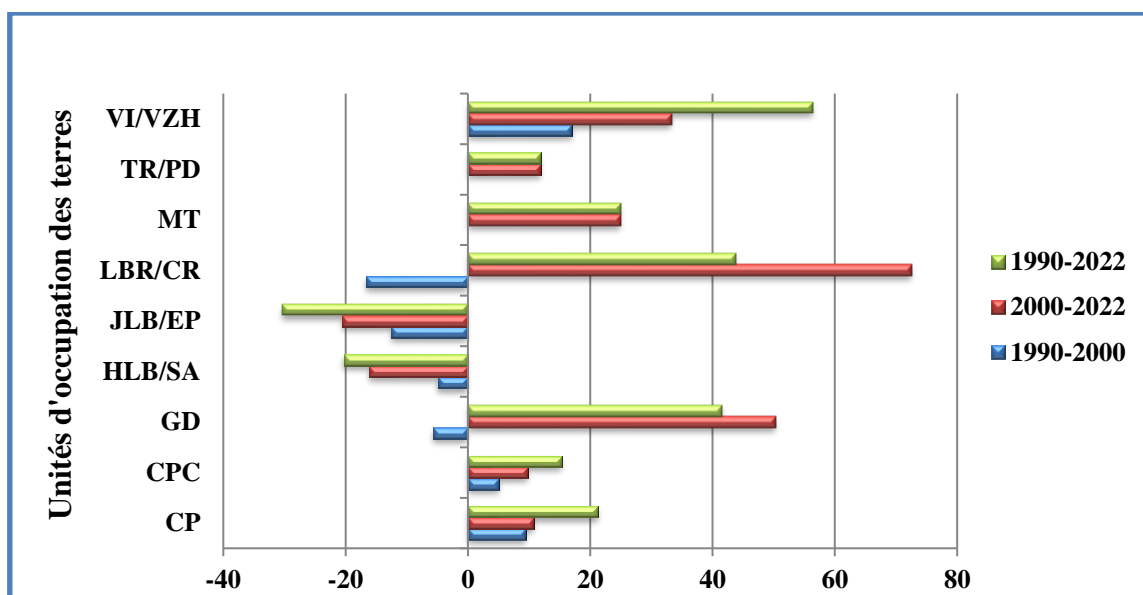


Fig. 3. Taux d'évolution global des unités d'occupation du sol sur les périodes de 1990-2000; 2000-2022 et 1990-2022

Tableau 3. Superficies et taux de variation des classes d'occupation entre 1990, 2000 et 2022

Unité	Superficie						Taux d'évolution %					
	1990		2000		2022		1990-2000		2000-2022		1990-2022	
	Ha	%	Ha	%	ha	%	Tg	Tc	Tg	Tc	Tg	Tc
CP	389	0,38	426	0,41	472	0,46	9,5	0,9	10,7	0,4	21,3	0,5
CPC	58204	56,89	61161	59,78	67166	65,65	5,08	0,5	9,8	0,4	15,3	0,4
GD	468	0,46	441	0,43	663	0,64	-5,7	-0,6	50,3	1,8	41,6	1,1
HLB / SA	28044	27,41	26646	26,04	22345	21,84	-4,9	-0,5	-16,1	-0,8	-20,3	-0,72
JLB / EP	13682	13,37	11969	11,69	9512	9,29	-12,5	-1,31	-20,5	-1,0	-30,4	-1,1
LBR / CR	114	0,11	95	0,09	164	0,16	-16,6	-4,14	72,6	2,4	43,8	0,4
MT	4	0,00	4	0,003	5	0,004	0	0	25	1,01	25	0,6
TR / PD	476	0,44	476	0,46	533	0,52	0	0	11,9	0,5	11,9	0,3
V / V / ZH	928	0,91	1089	1,06	1452	1,41	17	1,6	33,3	1,3	56,4	1,4
Total	102309	100,00	102309	100,00	102309	100,00						

Tg : Taux de changement global ; Tc : Taux de changement annuel ; CP : Couloirs de passage ; CPC : Culture Pluviale Continue ; GD : Glacis Dénudées ; HLB/SA : Herbacées Ligneux Bas/Savane arbustive ; JLB/EP : Jachère Ligneux Bas/Enclave Pastorale ; LBR : Ligneux Bas Ripiccole ; MT : Mare Temporaire ; PD : Plateau Dénudée ; V/V/ZH : Habitation.

### 3.3 MATRICE DE TRANSITION

La matrice de transition révèle les changements des unités d'occupation des sols dans la commune de Mokko entre 1990-2000, 2000-2022 et 1990-2022 (Tableau 4; 5 et 6).

Tableau 4. Matrice de transition des unités d'occupation du sol entre 1990-2000

1990 \ 2000	CP	CPC	GD	HLB/SA	JLB/EP	LBR/CR	MT	TR/PD	V/V/H	Total 1990
CP	0,37	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,38
CPC	0,04	55,78	0,01	0,28	0,62	0	0	0	0,16	56,89
GD	0	0,01	0,43	0,03	0	0	0	0	0	0,46
HLB/SA	0	1,76	0	25,64	0,01	0	0	0	0	27,41
JLB/EP	0	2,27	0	0,10	11	0	0	0	0	13,37
LBR/CR	0	0,02	0	0	0	0,09	0	0	0	0,11
MT	0	0	0	0	0	0	0,004	0	0	0
TR/PD	0	0	0	0	0	0	0	0,44	0	0,44
V/V/H	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0,91
<b>Total 2000</b>	0,41	59,78	0,44	26,05	11,63	0,09	0,004	0,44	1,06	<b>100</b>

▪ De 1990-2000

Il ressort de l'analyse du tableau 4 que 3 unités d'occupation de sol ont connue de changement significatif durant la période de 1990-2000, il s'agit des Cultures pluviales Continues; des Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale et des Herbacées Ligneux Bas/ Savane arbustive, ainsi les cultures pluviales qui couvraient 58203,53 ha (56,89%) de la superficie totale en 1990 se retrouvent à 61161,46 ha (59,78%) en 2000, cette dynamique expansive sur cette période s'est faite principalement au détriment des unités telles que les Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale (2315,03 ha soit 2,27%), des Herbacées Ligneux Bas/ Savane arbustive (1743,56 ha soit 1,76%) et des Ligneux Bas Ripicole/ Cordon Ripicole (19,13 ha soit 0,02%).

Tableau 5. Matrice de transition des unités d'occupation du sol entre 2000-2022

2000 \ 2022	CP	CPC	GD	HLB/SA	JLB/EP	LBR/CR	MT	TR/PD	V/V/H	Total 2000
CP	0,28	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0,41
CPC	0,16	51,3	0,12	3,01	4,77	0,04	0	0,03	0,36	59,78
GD	0	0	0,42	0,02	0	0	0	0	0	0,44
HLB/SA	0,01	6,92	0,12	17,54	1,46	0,01	0	0	0	26,05
JLB/EP	0,01	7,27	0	1,26	3,05	0,02	0	0,02	0	11,63
LBR/CR	0	0	0	0	0	0,09	0	0	0	0,09
MT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TR/PD	0	0	0	0	0	0	0	0,44	0	0,44
V/V/H	0	0	0	0	0	0	0	0,01	1,05	1,06
<b>Total 2022</b>	0,46	65,61	0,66	21,83	9,3	0,16	0	0,5	1,41	<b>100</b>

▪ De 2000 à 2022

Le tableau 5 montre que sur la période de 2000 à 2022 plusieurs unités d'occupation de sols ont connues de changement majeur. Ainsi les Cultures pluviales Continues qui occupaient 61161,41 ha (59,78%) de la superficie totale de la commune en 2000 se retrouvent avec 67165,51 ha (65,61%) en 2022, cette expansion s'est faite en défaveur des unités telles que les Jachères Ligneux bas/Enclave Pastorale (7486,02 ha soit 7,27%), des Herbacées Ligneux Bas/Savane arbustive (7076,33 ha soit 6,92%) et des Couloirs de Passage (121,81 ha soit 0,12%). La catégorie des Herbacées Ligneux Bas/Savane Arbustive qui occupait 26646,42 ha (26,05 %) de la superficie totale en 2000 se retrouve avec 22344,67 ha (21,83%) en 2022 soit une régression de 301,75 ha (4,22%) en faveur des Cultures pluviales Continues (7076,33 ha soit 6,92%), des Jachères Ligneux Bas/Enclave pastorale (1492,71 ha soit 1,46%) et des Glacis Dénudées (122,18 ha soit 0,02%). La catégorie de Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale qui étaient de 11969,13 ha (11,63%) en 2000 se retrouve à 9511,57 ha (9,3%) en 2022, cette dynamique régressive est observée en faveur de la catégorie des Cultures pluviales Continues (7486,02 soit 7,27%) et de celle des Herbacées Ligneux Bas/Savane arbustive (1298,74 ha soit 1,46%).



Tableau 6. Matrice de transition des unités d'occupation du sol entre 1990-2022

1990 \ 2022	CP	CPC	GD	HLB/SA	JLB/EP	LBR/CR	MT	TR/PD	V/V/H	Total 1990
CP	0,29	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0,38
CPC	0,14	49,34	0,11	2,22	4,49	0,05	0	0,02	0,52	56,89
GD	0	0	0,44	0,02	0	0	0	0	0	0,46
HLB/SA	0,01	7,53	0,1	18,31	1,45	0,01	0	0,01	0	27,41
JHB/EP	0,02	8,67	0	1,29	3,36	0,01	0	0,02	0	13,37
LBR/CR	0	0,02	0	0	0	0,09	0	0	0	0,11
MT	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0,03
TR/PD	0	0	0	0	0	0	0	0,44	0	0,44
V/V/H	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,9	0,91
<b>Total 2022</b>	0,46	65,65	0,65	21,84	9,3	0,16	0,03	0,5	1,42	<b>100</b>

CP: Couloirs de passage; CPC: Culture Pluviale Continue; GD: Glacis Dénudé; HLB/SA: Herbacée Ligneux Bas/Savane arbustive; JLB/EP: Jachère Ligneux Bas/Enclave Pastorale; LBR/CR: Ligneux Bas Ripicole/Cordon Ripicole; MT: Mare Temporaire; TR/PD: Terrain Rocheux/Plateau Dénudée; V/V/H: Ville/Village/Habitation.

#### ▪ De 1990 à 2022

Le tableau 6 indique que sur la période de 1990 à 2022, la catégorie des Cultures pluviales Continues qui couvraient 58203,66 ha (56,89%) de la superficie totale en 1990 a progressé de 8961,85 ha (8,76%) et passé à 67165,51 ha (65,65%). Cette progression s'est faite au détriment des Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale 8875,80 ha (8,67%), des Herbacée Ligneux Bas/Savane arbustive 7701,90 ha (7,53%), des Couloirs de Passage 89,84 ha (0,09%) et des Ligneux Bas Ripicole/ Cordon Ripicole 17,93 ha (0,02%). La catégorie des Herbacées Ligneux Bas/Savane Arbustive qui couvrait 28043,61 ha (27,41%) de la superficie totale en 1990 se retrouve avec 22344,67 ha (21,84%). Cette régression a été faite en faveur des Cultures pluviales Continues (7701,90 ha soit 7,53%), des Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale (1480,16 ha soit 1,45%) et des Glacis Dénudée (97,82 ha soit 0,02%). La catégorie de Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale qui occupait 13683,31 ha (13,37%) de la superficie totale en 1990 se retrouve à 9511,57 ha (9,3%) en 2022, cette régression s'est faite en faveur des Cultures pluviales Continues (8875,80 ha soit 8,67%) et des Herbacées Ligneux Bas/Savane arbustive (1323,59 ha soit 1,29%).

### 3.4 PERCEPTION PAYSANNE SUR LA DYNAMIQUE DU CHANGEMENT D'OCCUPATION DU SOL

Les enquêtes menées auprès des populations de la commune rurale de Mokko, ont révélé que la majorité (94%) des personnes enquêtées perçoivent le changement d'occupation des sols, ces changements sont perceptibles à travers les indicateurs suivants:

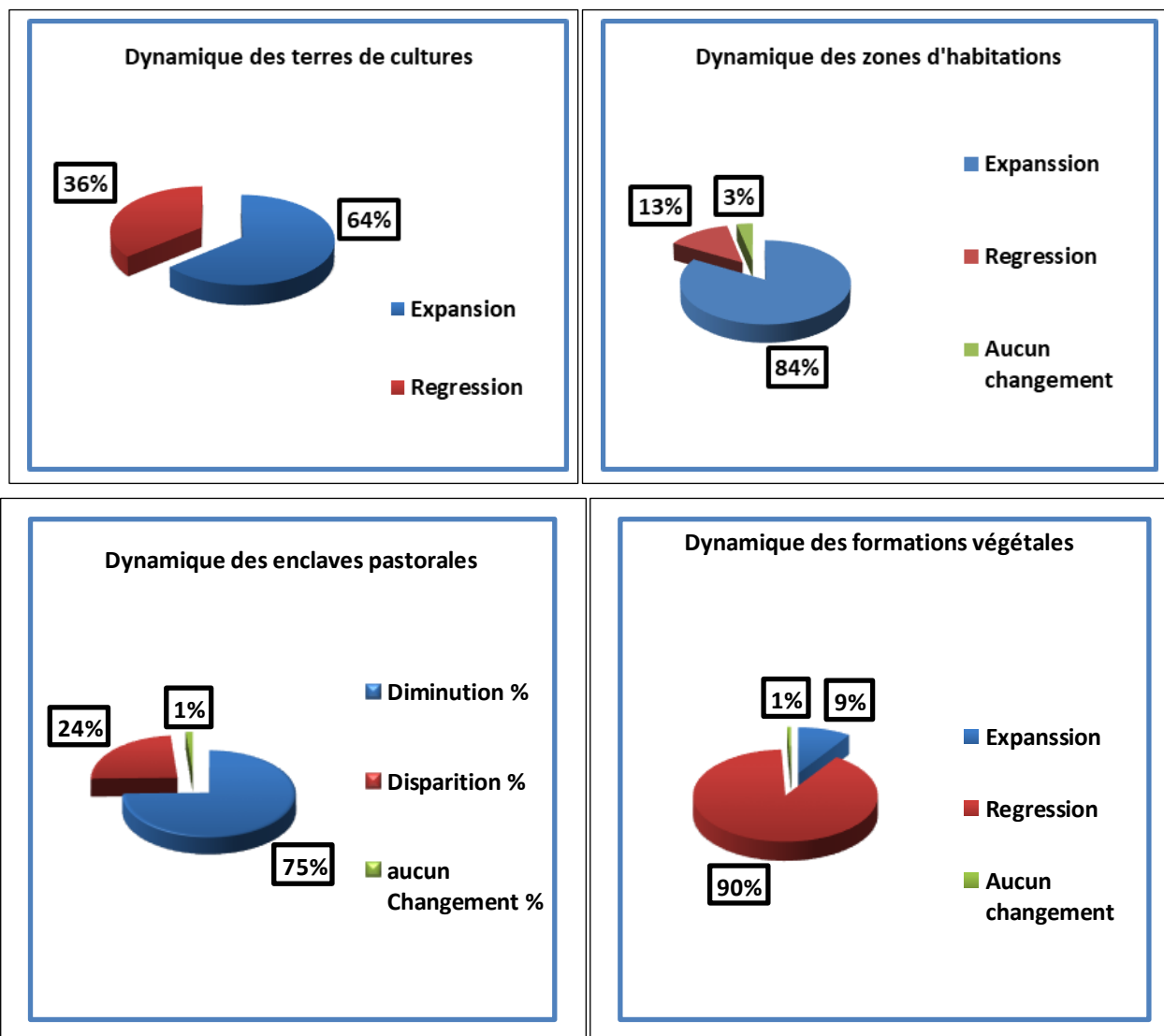


Fig. 4. Perception paysanne sur la dynamique du changement d'occupation du sol

3.5 ANALYSE DE L'INDICE NORMALISE DE PRECIPITATION

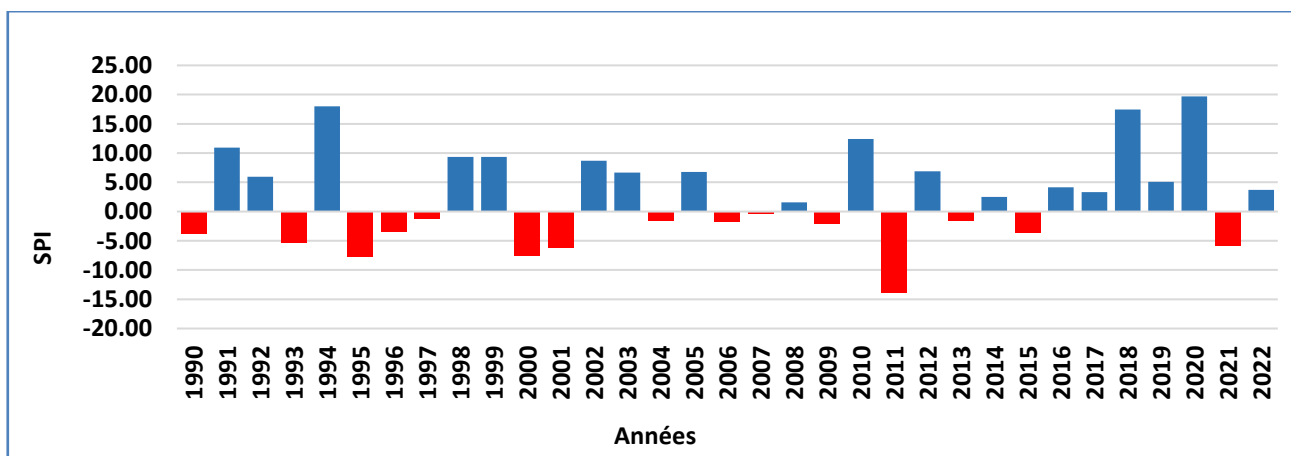


Fig. 5. Écart par rapport à la moyenne du SPI de Mokko de 1990 à 2022

L'analyse de l'évolution de la pluviométrie (figure 5) à travers l'indice normalisé des précipitations dans la Commune rurale de Mokko à partir des données chirps, montre une pluviosité irrégulière qui se caractérise par une alternance d'années sèches et humides sur la période de 1990 à 2022. La décennie 1990-2000 s'est caractérisée par une pluviométrie majoritairement déficitaire, tandis que la période de 2000-2022 s'est caractérisée par une pluviométrie majoritairement excédentaire, une tendance d'années humides est observée entre 2016 à 2022. Globalement on observe que la séquence excédentaire est plus importante entre 1990-2022.

## 4 DISCUSSIONS

### 4.1 INTERPRÉTATION VISUELLE

L'analyse des images Landsat TM et ETM<sup>+</sup> de l'année 1990 et 2000 et OLI & TIRS de l'année 2022 a permis d'identifier les différentes unités d'occupation de sols. L'interprétation visuelle basée sur la méthode traditionnelle de photo-interprétation des images satellites a été utilisée en raison de la forte ressemblance des éléments du milieu. Elle a été utilisée et reconnue par plusieurs auteurs pour sa performance dans la détection et l'identification des caractéristiques des unités spatiales sur une image [11], [12] contrairement à la classification supervisée qui confond la signature spectrale de certaines classes. Elle donne des résultats satisfaisants lorsqu'elle est combinée avec une bonne maîtrise du terrain.

### 4.2 LA DYNAMIQUE D'ÉVOLUTION DES UNITÉS D'OCCUPATION DE SOLS

L'analyse de l'évolution spatio-temporelle des unités d'occupation de sols montre une expansion des zones d'habitations, des terres de cultures et des glaciés dénudés, les résultats obtenus montrent clairement l'avancée des formations anthropisées. Cette dynamique évolutive de ces unités d'occupation de sols s'est opérée principalement au détriment des Jachères à ligneux bas/Enclave Pastorale et des herbacées à ligneux bas/savane arbustive qui ont perdu respectivement 30,4% et 20,3% de leurs superficie initiales. Cette tendance pourrait s'expliquer par la croissance démographique et l'empiétement des terres de cultures observés dans la zone et qui touche pratiquement l'ensemble des unités d'occupation des sols. Ces résultats corroborent ceux de [14] dans l'ouest du Niger et [15] dans le Sud-Ouest du Niger, en effet selon ces auteurs l'avancée du front agricole résulte d'une forte activité anthropique qui se traduit par une réduction des formations naturelles et la disparition progressive des espèces ligneuses et herbacées considérées importantes par les populations.

### 4.3 PERCEPTION DE LA POPULATION SUR LA DYNAMIQUE DU CHANGEMENT D'OCCUPATION DU SOL

Sur les 150 personnes enquêtées, 84% affirment que les zones d'habitation sont en expansion, selon ces mêmes personnes la principale raison de l'expansion des zones d'habitation est la croissance démographique (selon 94% des répondants). En effet, l'augmentation de la population pourrait influencer la dynamique d'occupation du sol à travers l'augmentation des zones d'habitation.

Sur les 150 personnes enquêtées, 64% affirment que les terres de cultures sont en expansion, les principales causes de l'expansion des terres de cultures sont selon ces mêmes personnes l'épuisement des terres de culture (52%), la croissance démographique (30%) et l'absence des ligneux dans les champs (12%). En effet, l'épuisement des terres de cultures et/ou la croissance démographique peuvent encourager les paysans à défricher de nouvelles terres ou à remettre en culture les terres déjà en jachère, ce qui explique probablement cette dynamique expansive des terres de culture.

Sur les 150 personnes enquêtées, 90% affirment que les formations forestières sont en régression et 75% affirment que les enclaves pastorales sont en régression, selon ces mêmes personnes, la principale raison de la réduction des ressources végétales est l'expansion des terres de cultures (95%). En effet, une dynamique expansive des terres de cultures se fait le plus souvent au détriment des formations naturelles telles que les ressources forestières ou les enclaves pastorales. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par [16] dans l'ouest du Niger, qui ont établi qu'il existe une forte corrélation entre les actions anthropiques et la dégradation des ressources naturelles.

### 4.4 ANALYSE DES DONNÉES CLIMATIQUES

L'analyse de l'évolution pluviométrique à travers le calcul de l'indice normalisé des précipitations sur la période de 1990 à 2022 indique une pluviosité globalement excédentaire (humide) avec une alternance irrégulière d'années sèches et humides.

En effet, l'irrégularité ou l'inégale répartition de la pluviométrie sont également des facteurs qui agissent sur la dynamique du changement d'occupation du sol. Selon [17] cité par [18], la contrainte climatique principale n'est pas simplement la rareté des précipitations, mais également la variabilité dans la distribution, et l'imprévisibilité des précipitations, qui augmente du sud au nord, et constitue des facteurs de contrôle déterminant de l'écosystème sahélien et de la modification de la végétation.

D'autres ont établi que les sécheresses répétées dans les années 1970 et 1980 ont eu directement pour effet, notamment en Afrique, d'augmenter la mortalité des espèces ligneuses des écosystèmes sensibles [19], cité par [18]. Certains ont montré que les sécheresses récurrentes ont rendu plus difficile la capacité de régénération naturelle des espèces en particulier le tapis graminé [20].

## 5 CONCLUSION

Il ressort de cette étude que la commune rurale de Mokko, a connu un changement de paysage majeur au cours de la période de 1990 à 2022. En effet, l'étude a révélé à travers la perception de la population, l'analyse de l'indice normalisé de précipitations et l'analyse diachronique de l'occupation du sol une modification importante de la configuration des patrons paysagés. Cette dynamique évolutive se caractérise par une progression des zones anthropisées, notamment les zones d'habitations et les terres de cultures au détriment des formations végétales en l'occurrence les herbacées à ligneux bas/ savane arbustive et les jachères à ligneux bas/enclaves pastorales. L'expansion du front agricole et la régression des ressources végétales résultent principalement des pressions anthropiques et des variabilités climatiques.

## REMERCIEMENTS

Les autres remercient le centre régional AGRHYMET pour avoir mis à leurs dispositions les données cartographiques et climatiques et le projet PREDIP/SRIP pour avoir financé les sorties terrain.

## REFERENCES

- [1] Kiari A K Kaou, O L M, Iro Dan Guimbo<sup>3</sup>, Saley K, Rabiou H, Roger P: " Diversité floristique et structure de la végétation dans la zone dunaire du sud-est du Niger: Cas de Mainé soroa ". *Journal of Applied Biosciences* 120: 12053-12066 ISSN 1997-5902, 2017.
- [2] S. BARMO, A. AMANI, A. IDRISSE, M. M. BACHIR, A. MAHAMANE. 2021. Cartographie et dynamique spatio-temporelle des formations végétales de la forêt protégée de Baban Rafi (Niger).
- [3] Maman Maarouhi Inoussa. 2011. " Dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le Parc national du W du Niger (Afrique de l'Ouest) ", *Journal Science et Changements Planétaires – Secheresse*, 9, 2011, pp 208.
- [4] Bamba, I et Ali, " Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Congo central (R.D. Congo) ", *Sciences & Nature*, 5, 2008, pp. 49-60.
- [5] Toudou Daouda Abdoul Karim. 2011. Dynamique de l'occupation des terres et structure de la végétation dans la commune rurale de Garhanga (Tahoua). Mémoire de fin de cycle, Université de Niamey. P.10-12.
- [6] KPEDENOU Djagnikpo Koffi, DRABO Ousmane, OUOBA Pounyala Awa, DA Constant Evariste Dapola et TCHAMIE Thiou Tanzidani Komlan. Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire ouatchi au sud-est Togo entre 1958 et 2015. *Cahiers du cerleshs* 55, pp. 203-227 p210, 2017.
- [7] Bamba I, 2010: " Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en république démocratique du Congo ". Thèse de doctorat en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences. Université de Bruxelles.
- [8] McKee, T.B., N.J. Doesken et J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, du 17 au 22 janvier 1993. Boston, American Meteorological Society, 179–184.
- [9] Edwards, D. C. et T. B. McKee, 1997: Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report 97-2*, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- [10] Guttman, N.B., 1998: Comparing the Palmer drought index and the Standardized Precipitation Index. *Journal of the American Water Resources Association*, 34 (1): 113–121.
- [11] Bah, O. A., Kone, T., Yaffa, S., & Ndiaye, M. L. " Land Use and Land Cover Dynamics in Central River Region of the Gambia, West Africa from 1984 to 2017 ". *American Journal of Modern Energy*, 5 (2), 5–18. doi: 10.11648/j.ajme.20190502.11, 2019.
- [12] Séverin Biauou, Felix Houeto, Gérard Gouwakinnou, Samadori Sorotori Honoré Biauou, Beranger Awessou, Sèwanou Tovihessi, Raphaël Tete. 2019. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au nord Bénin.
- [13] Abdou I. K., T. Abasse, M Massaoudou., R. Rabiou, I. Soumana et J. Bogaert. Influence des Pressions Anthropiques sur la Dynamique Paysagère de la Reserve Partielle de Faune de Dosso (Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13 (2): 1094-1108, 2019.
- [14] Sanoussi ATTA, François ACHARD & Sidi O.M. OULD MOHAMEDOU. 2010. " Evolution récente de la population, de l'occupation des sols et de la diversité floristique sur un terroir agricole du Sud-Ouest du Niger ". *Sciences & Nature* Vol.7 N°2: 119 – 129, 2010.
- [15] Ozer P, Hountondji YC, Niang AJ, Karimoune S, Manzo OL, Salmon M, 2010. Desertification au Sahel: historique et perspectives. *BSGLg* 54: 69-84.
- [16] Diallo, H., Bamba, I., Barima, Y.S.S., Ballo, A., Mama, A., Vranken, I., Visser, M. & Bogaert, J. " Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la végétation d'une zone protégée du Mali (réserve de fina, boucle du Baoulé) ". *Sécheresse*, 22 (2): 97-107, 2011.
- [17] Kossi A, Bellefontaine R, Kokou K. " Les forêts claires du Parc national Oti-Keran au Nord-Togo: structure, dynamique et impacts des modifications climatiques récentes ". *Sécheresse* 20: 394-6. doi: 10.1684/sec.2009.0211, 2009.
- [18] FAO, 2005. Situation des Forêts du monde. Rome.