

Dynamique de l'occupation des sols et de l'utilisation des terres et son impact sur le régime des plans d'eau dans le sous bassin du Dallol Bosso, (ouest du Niger)

[Dynamics of land occupation and land use and its impact on the water body regime in the Dallol Bosso sub-basin (west of Niger)]

BAKO Mamane ^{1, 2}, SANDAO Issoufou^{1, 3}, Abdel Kader HASSANE SALEY ¹, MANSOUR Mahamane²

¹ Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Département de géologie, sandaoissoufou@gmail.com, hassanesaleyak@gmail.com,

² Centre Régional AGRHYMET, Département Gestion des Ressources Naturelles mamane.bako@cilss.int;

³ Ministère de l'Environnement, de l'Hydraulique et de l'Assainissement, Niger, sandaoissoufou@gmail.com

*Auteur correspondant : SANDAO Issoufou, sandaoissoufou@gmail.com,

Résumé :

Au Niger, les ressources en eau, les sols d'occupation et les terres productives représentent les principales ressources partagées, bases du développement durable. Cependant, les importantes modifications constatées sur la dynamique de l'occupation des sols et de l'occupation des terres au cours des dernières décennies ont impacté négativement les conditions de vie des populations et l'état des écosystèmes naturels, particulièrement dans le sous bassin de Dallol Bosso, où l'agriculture et l'élevage sont les principales sources de revenus des populations. De ce fait, les activités anthropiques et les changements climatiques impactent négativement la dynamique des ressources en eau, constituant un cycle de causes à effets. Cette étude a été menée pour mieux comprendre la dynamique et les tendances des changements des types d'occupation des sols et d'utilisation des terres, ainsi que leurs relations avec le régime des plans d'eau de surface, sur les cinquante dernières années (1972-2023) dans le sous bassin du Dallol Bosso. Pour cela, l'interprétation visuelle de la composition colorée des images satellites Landsat et Sentinel des années 1972, 1989 et 2023, l'analyse des données sur la bathymétrie des plans d'eau et l'application de l'outil Trends.Earth, pour le suivi de l'état des dégradations des terres, ont permis de : (i) déterminer 12 classes d'occupation des sols et d'utilisation des terres en référence à la Nomenclature d'utilisation des sols (NOS) du Niger, (ii) évaluer les variations différentielles en superficie et en pourcentages des unités en présence et sur les trois (3) périodes (de 1973 à 1989, de 1989 à 2023 et 1973 à 2023), (iii) constater que les dégradations du couvert végétal et le développement des zones de cultures et d'habitation ont engendré des ruissellements et le développement des plans d'eau temporaires, plus exposés à l'évaporation.

Mots clés : Dallol Bosso, occupations des sols, eaux de surface, Dallol Bosso, Niger.

Abstract : In Niger, water resources, land use, and productive lands represent the main shared resources, the basis for sustainable development. However, the significant changes observed in land use dynamics over the past few decades have negatively impacted the living conditions of the population and the state of natural ecosystems, particularly in the Dallol Bosso sub-basin, where agriculture and livestock are the primary sources of income for the population. As a result, anthropogenic activities and climate change negatively affect the dynamics of

water resources, creating a cycle of cause and effect. This study was conducted to better understand the dynamics and trends of changes in land use types and usage, as well as their relationships with surface water regimes over the last fifty years (1972-2023). in the Dallol Bosso sub-basin. To achieve this, the visual interpretation of the colored composition of Landsat and Sentinel satellite images from the years 1972, 1989, and 2023, the analysis of data on the bathymetry of water bodies, and the application of the TrendsEarth tool for monitoring land degradation, allowed to: (i) determine 12 classes of land use and land cover in reference to the Land Use Nomenclature (LUN) of Niger, (ii) assess the differential variations in area and percentages of the existing units over the three (3) periods (from 1973 to 1989, from 1989 to 2023, and from 1973 to 2023), (iii) observe that degradation of vegetation cover and the development of cultivation and residential areas have led to runoffs and the emergence of temporary water bodies, which are more exposed to evaporation.

Keywords : land use, soils, water, Dallol Bosso, Niger

Introduction

La présente étude porte sur les impacts de la dynamique de l'occupation des sols et de l'utilisation des terres sur le régime des plans d'eau dans le sous bassin du dallol Bosso, localisé dans les régions de Tillabéri et de Dosso au Niger [1L. K. Mbala], [2H. Mbaïyetom], [3Kouamé K. A.], [4B. Tankoano]. La zone d'étude est dans la bande sahélienne, où le climat est caractérisé par une courte saison des pluies (juin à septembre) et une longue saison sèche pour le reste des mois de l'année. La moyenne pluviométrique annuelle est de 561 mm à la station de Birni N'Gaouré, au centre de la zone d'étude qui dispose d'un potentiel en terres et en eau favorable pour le développement des activités agropastorales. Cela engendre des concurrences pour l'accès aux ressources et des risques élevés de conflits entre les usagers. Plusieurs études ont été réalisées pour montrer que les effets du changement climatique et des actions anthropiques contribuent à la dégradation continue des sols, du couvert végétal et des plans d'eau, et à l'exacerbation de conflits récurrents [5K. P. Aka] [6R. Bou Kheir] [7K. A. Stéphane] [8Saley] . Pour permettre un développement socio-économique durable, prenant en compte la nécessité de la restauration et de la protection des écosystèmes, il est nécessaire de comprendre l'inter relation entre l'évolution de l'occupation des sols et de l'utilisation des terres dans ce contexte de changement climatique, à l'instar des récentes études réalisées dans le Sahel [1L. K. Mbala], [2H. Mbaïyetom]. D'où l'objectif général de la présente étude, qui est d'analyser les variations des unités d'occupation des sols et d'utilisation des terres et leurs impacts sur la dynamique des plans d'eau de la zone d'étude. Pour cela, il a été procédé à la collecte et aux traitements des données satellitaires concernant la zone pour les années 1972, 1989 et 2023, à l'utilisation de plateformes en ligne pour estimer l'état de la dégradation des terres, à l'analyse des données d'observation sur le terrain, et à l'établissement et l'interprétation des cartes thématiques. Ceci, pour permettre aux décideurs de prendre des mesures préventives pour préserver l'écosystème.

1. Présentation de la zone d'étude

1.1 Situation géographique et socioéconomique de la zone

La zone d'étude correspond à la partie active du sous bassin de Dallol Bosso, à cheval entre les régions de Dosso et de Tillabéri, en République du Niger. Elle s'inscrit entre les longitudes Est 3°48' et 2°23' et les latitudes Nord 12°24'-14°05', sur une superficie de 15 000 km² (fig. 1).

Selon les projections (INS, 2017), la population totale des huit départements (Filingué, Balayara, Ouallam, Kollo, Boboye, Falmay, Loga, Dosso) partageant le sous bassin, est estimée en 2023 à 3 330 635 habitants, dont 50,6 % de femmes.

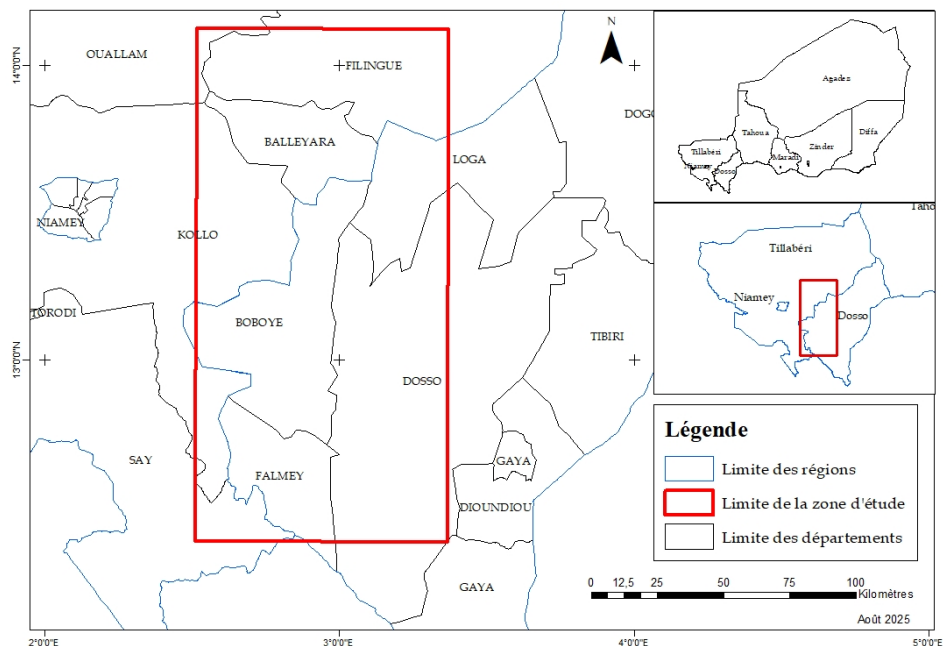


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

Le Dallol Bosso jouxte la partie nigérienne de la réserve de biosphère du Parc du W du Niger, qui couvre 2 200 km² de superficie. Elle constitue la zone tampon Est dudit Parc W, qui englobe environ 80% de la biodiversité du Niger, classé depuis 1996 comme Réserve de la biosphère du Patrimoine mondial de l'UNESCO.

Le relief du sous bassin du Dallol Bosso est marqué par trois unités morphologiques : (i) les plateaux qui surplombent à l'extrême Nord les départements de Baleyara et de Filingué, et le secteur de Gaya au Sud ; (ii) les zones de vallée ou paléo chenaux des affluents du fleuve Niger entre les lignes de plateaux ; et enfin (iii) les plaines ou terrasses alluviales le long de la rive gauche du fleuve Niger [8Saley].

Les trois (3) types de sols présents, suivant le parcours de la vallée du Dallol Bosso et du Nord au Sud sont :

- les sols tropicaux, des plateaux et des terrasses des plateaux, sous forme de mince couches ferrugineuses et fertiles lorsque l'eau est disponible ;
- les sols des vallées, dépôts de sables et de sables argileux et/ou limoneux ;
- les sols argileux lourds des plaines, dans la partie sud au bord du Fleuve.

Les activités socio-économiques dans la zone d'étude sont l'agriculture, l'élevage, l'artisanat et la pêche. L'agriculture est de type pluvial, avec un développement accéléré des cultures irriguées à partir des plans d'eau temporaires et des nappes alluviales peu profondes.

Le cheptel est composé de bovins, d'ovins, de caprins, de camelins et d'asins, parqués essentiellement sur les plateaux dénudés et les aires de pâturage au niveau des plaines dans certaines vallées.

2.2 Contexte géologique et hydrologique

La géologie de la zone d'étude est marquée par la présence de trois (3) formations, qui sont, de bas en haut, [8Saley], [9Gregeirt] :

- **Formations du Continental Intercalaire/Hamadien (CI/H)**, constituées de : (i) la série de Tégama correspondant au terme du CI, d'âge albien à cénomanien inférieur, (ii) la série du CH, des grès moyens à grossiers, micacés et à ciment kaolinitique bariolé ;
- **Formations du Continental Terminal (Ct)**, d'âge compris entre le post-Eocène et ante-quadernaire, c'est une succession de trois niveaux. D'abord, le Ct¹, constitué de grès ferrugineux, d'argiles ferrugineuses, des sables ou argiles à oolithes et d'oolithes ferrugineuses, puis le niveau Ct² représenté par des sables, des grès fins plus ou moins argileux, des argiles grises ou de vases noires feuilletées, caractérisé par la présence de débris végétaux et de lignite [10Tirat]. Leur épaisseur augmente d'ouest en est pour atteindre plus de 80 m au niveau du dallol Bosso, [11Favreau]. En fin, le niveau du CTI 3, constitué à la base par des argiles grises à lignite et affleurant sous forme des plateaux gréseux à carapace latéritique, recouverts de brousse tigrée et entaillés par l'érosion. Ces formations du Ct reposent à l'ouest sur le socle cristallin où sa profondeur est quasi-nulle (biseautage), et peut aller à plus de 130 m vers l'est, [9Gregeirt] ;
- **Dépôts du Quaternaire et des alluvions**, constitués par les alluvions fluviales qui comblent la vallée fossile du dallol et son principal affluent de l'Azgaret dans la partie Nord. La puissance du remplissage est très variable. L'épaisseur varie de quelques mètres dans les vallées du fleuve et de ses affluents, à plus de 20 m dans le dallol Bosso et 15 m au maximum dans l'Azgaret [10Tirat].

Le contexte hydrogéologique de la zone d'étude est caractérisé par la présence de trois (3) principaux systèmes aquifère suivants, de bas en haut :

- **Système aquifère du Continental Intercalaire/Hamadien**, contenant des nappes sous pression, avec des profondeurs élevées (300 à 500 m) et des débits d'exploitation assez élevés, plus de 100 m³/h localement [8Saley], [11Favreau]. C'est le cas des résultats des forages profonds de Dabaga et de Birni N Gaouré. Ces nappes sont présentes dans toute la partie centrale du Dallol Bosso et leur exploitation nécessite des ouvrages profonds, autour de 500 m. les eaux sont assez chargées et, sur certains sites, elles sont impropres à la consommation.
- **Système aquifère multicouches du Continental Terminal (Ct¹, Ct², Ct³)**, les deux (2) premiers niveaux de bas en haut, sont sous pression avec des eaux chargées, les profondeurs des nappes varient de de 60 m pour le Ct² et 100 à 150 m pour le Ct¹. Le 3^{ème} niveau (Ct³) contient une nappe libre avec des eaux peu chargées, de bonne qualité pour les différents usages. C'est la nappe phréatique renouvelée par les infiltrations des eaux de pluie et par les échanges avec la nappe alluviale du Dallol Bosso. Les débits d'exploitation sont élevés, atteignant fréquemment 40 m³/h.
- **Nappes alluviales du dallol Bosso**, affleurantes et très épaisses dans les secteurs Bonkougou, Ballayara, Birni N'Gaouré où l'alluvionnement est particulièrement sableux. Les captages par puits de grand diamètre permettent d'obtenir des débits spécifiques pouvant dépasser 10 m³/h/m. Ces nappes sont dans ces zones en continuité avec le système phréatique du continental terminal Ct³.

L'hydrographie est marquée par la présence du Fleuve Niger, le Dallol Bosso, des mares parsemées et les ruissellements intermittents dans la vallée fossile se jetant dans le fleuve Niger.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

Le matériel utilisé est constitué de :

- Satellites Landsat 1, 5, 7 et 8 pour les années 1972 (207/50, 207/51, 2026/50 et 207/51), 1989 et 2023 (206/50, 206/51) avec une résolution spatiale de 30 m ;
- Satellites Sentinel 2 avec 10 m de résolution spatiale pour l'année 2023 ;
- plateformes Google Earth Engine et Digital Earth Africa;
- images satellitaires pour les années 1973, 1989 et 2023, couvrant la zone d'étude ;
- TendsEarth pour l'analyse de l'évolution de la dégradation des terres selon la Convention des Nations sur la Lutte Contre la Désertification (CNULCD) ;
- logiciels de traitement des images satellitaires ;
- logiciel ArcGIS 10.8, pour la cartographie.

Les données analysées sont :

- Les images satellitaires de la zone, pour Landsat 1, 5, 7 et 8 pour les années 1972 (207/50, 207/51, 2026/50 et 207/51), 1989 et 2023 (206/50, 206/51) avec une résolution spatiale de 30 m ;
- Les données hydro climatiques (températures, pluies), de 1972 à 2023, pour les stations de Birni Gaouré et Fillingué ;
- Les hauteurs des plans d'eau pour la période de 1972 à 2023, mesurées in situ et reconstituées à partir des images satellitaires ;
- Les données des forages réalisés dans la zone (débits, profondeurs).

2.2. Méthodes

2.2.1. Définition des classes d'occupation des sols et d'utilisation des terres

Les classes d'occupation des sols et d'utilisation des terres retenues sont celles de la Nomenclature d'utilisation des sols (NOS) du Ministère en charge de l'environnement du Niger, [12MHE] et ont été digitalisées à partir des images de 1972, 1990 et 2023 [13Y. A. Patrick], [14Kangah A.], [15Bi], [16Bako Mamane]. Des images à haute résolution ont été utilisées pour valider la série de cartes obtenues avec les plateformes Google Earth Engine et Digital Earth Africa.

En effet, les luminances que les satellites mesurent depuis l'espace sont fortement corrélées aux données radiométriques de terrain [1L. K. Mbala], [2H. Mbaiyetom], [13Y. A. Patrick]. Sur la base de sa réflectance, la zone d'étude a été discrétisée en plusieurs unités de surface [7K. A. Stéphane], [12MHE], [17T. Ouattara], [18Girard], correspondant aux classes d'occupation des sols et utilisation des terres.

2.2.2. Elaboration des cartes d'occupation des sols et de l'utilisation des terres :

- Prétraitement des images satellitaires qui consiste aux opérations suivantes [6R. Bou Kheir], [7K. A. Stéphane], [13Y. A. Patrick], [14Kangah A.] :
 - ✓ Correction géométrique ;
 - ✓ Amélioration visuelle ;
 - ✓ Création d'une mosaïque d'images ;
 - ✓ Extraction de la zone d'étude.
- Traitement et analyse des images :
 - ✓ Composition colorée ou l'affichage des bandes spectrales dans les canaux Rouge Vert et Bleu pour faire apparaître les différents contrastes ;
 - ✓ Interprétation visuelle de l'image à partir de la composition colorée (Rouge, Vert Bleu), utilisée pour matérialiser les différentes classes d'occupation des terres. Cela consiste à numériser chaque groupe homogène qui représente une classe spécifique.

2.2.3. Analyse de la dynamique de l'occupation des sols et de l'utilisation des terres

La zone d'étude est subdivisée en mailles de forme carrée de 100 mètres de côté. Au sein de chaque maille sera considérée la classe d'occupation et d'utilisation des terres correspondante pour les années (i) 1972, (ii) 1990 et (iii) 2021. Il sera procédé à une analyse des changements de classes au cours des trois périodes (1972 - 1990, 1990 - 2021 et 1972 – 2021). Ce qui permettra de suivre la dynamique au niveau de chaque maille, [1L. K. Mbala], [5K. P. Aka], [13Y. A. Patrick]. Les mailles qui ont subi de changement seront identifiées, [19Hamidou]. Les changements périodiques sont calculés par la formule des taux de changement global :

Taux de changement global = $\frac{S2-S1}{S1}$, avec :

S1 : la superficie de la classe en année de référence de départ

S2 : la superficie de la classe à l'arrivée.

2.2.4. Analyse de l'évolution des dégradations des terres

L'outil TendsEarth a été utilisé pour suivre la neutralité sur la dégradation des terres selon l'indicateur des Objectifs sur le Développement Durable (ODD) 15.3.1 de la Convention des Nations sur la Lutte Contre la Désertification (CNULCD).

2.2.5. Analyse de l'évolution des plans d'eau

Le régime des eaux de surface est obtenu à partir d'un algorithme qui a été exécuté sur la plateforme Digital Earth Africa, où les données satellitaires couvrant l'ensemble du continent africain sont disponibles. L'algorithme a permis (i) de détecter la présence d'eau en surface, (ii) de classer les mares selon la durée de la présence de l'eau et enfin (iii) d'établir les courbes des mares (surface, période correspondante). Le temps imparti pour accéder aux données et leur traitement se fait sur le cloud avec le support de l'initiative Digital Earth Africa. Cette approche, qui combine l'occurrence de l'eau pour tous les pixels constituant une mare, a permis d'obtenir la superficie (nombre de pixels) pour chaque prise de vue du satellite et pour chaque plan d'eau constitué, [20A. K. Kouamé], [21A. M. Kouassi], [22N. M. R Fossou]. La période d'analyse, dont les données sont assez complètes, concerne les années 2000 à 2023.

L'algorithme élaboré, exécuté dans la zone du sous bassin du dallol Bosso pour cette étude est présenté en annexe. Enfin, il permet de déterminer la situation de la surface occupée pour chaque mare afin de générer les courbes cumulatives.

3. Résultats et discussions

3.1. Dynamique de l'occupation des sols et de l'utilisation des terres de 1972 à 2023

L'analyse et l'interprétation de la mosaïque d'images satellitaires Landsat ont permis d'établir les états en 1972, 1989 et 2023, et de déterminer la dynamique d'occupation des sols et d'utilisation des terres dans la zone d'étude au cours des périodes. Ces trois années de référence sont considérées à partir de la séquence des périodes climatiques identifiées après l'analyse des paramètres hydroclimatiques de la zone (période humide avant 1970, période sèche de 1970 à 1990 et période actuelle de tendance à un retour à la normale) [11Favreau]. En rappel, l'analyse diachronique [19Hamidou] est appliquée sur une cinquantaine (51) d'années (1972 à 2023) de suivi à des classes issues de la Nomenclature d'Occupation des Sols (NOS) [12MHE]. Des unités spécifiques ont été identifiées et regroupées [23Mensah], [24Mahamane], pour correspondre aux classes retenues pour l'occupation des sols, qui sont :

la brousse tigrée dégradée, les cordons ripicoles, le talus dégradé et broussaille, les sols dénudés et glacis érodé, la savane arbustive sur glacis, la prairie marécageuse – vallée inondable, le kori-ravin, les mares, le plateau dénudé et le terrain rocheux.

Pour les actions anthropiques (utilisation des terres), on distingue l'agriculture et les jachères, la zone d'habitation, les cultures maraîchères – cultures de bas-fonds, [14Kangah A.].

Les formations naturelles [3Kouamé K. A.], [4B. Tankoano], [14Kangah A.], [17T. Ouattara], et les domaines liés aux activités anthropiques [14Kangah A.], [Rabilou] sont déterminés à partir d'une interprétation visuelle des images multi spectrales en 3 bandes pour 1972, et en 6 bandes pour les années 1989 et 2023 [18Girard]. Cela, en utilisant la combinaison des trois bandes RGB.

3.1.1. Etats de l'occupation des sols et de l'utilisation des terres en 1972, 1989 et 2023

Les états de l'occupation des sols et de l'utilisation des terres entre 1972 et 2023 sont présentés à la figure 2 ci-dessous [1L. K. Mbala], [2H. Mbayetom], [3Kouamé K. A.], [4B. Tankoano].

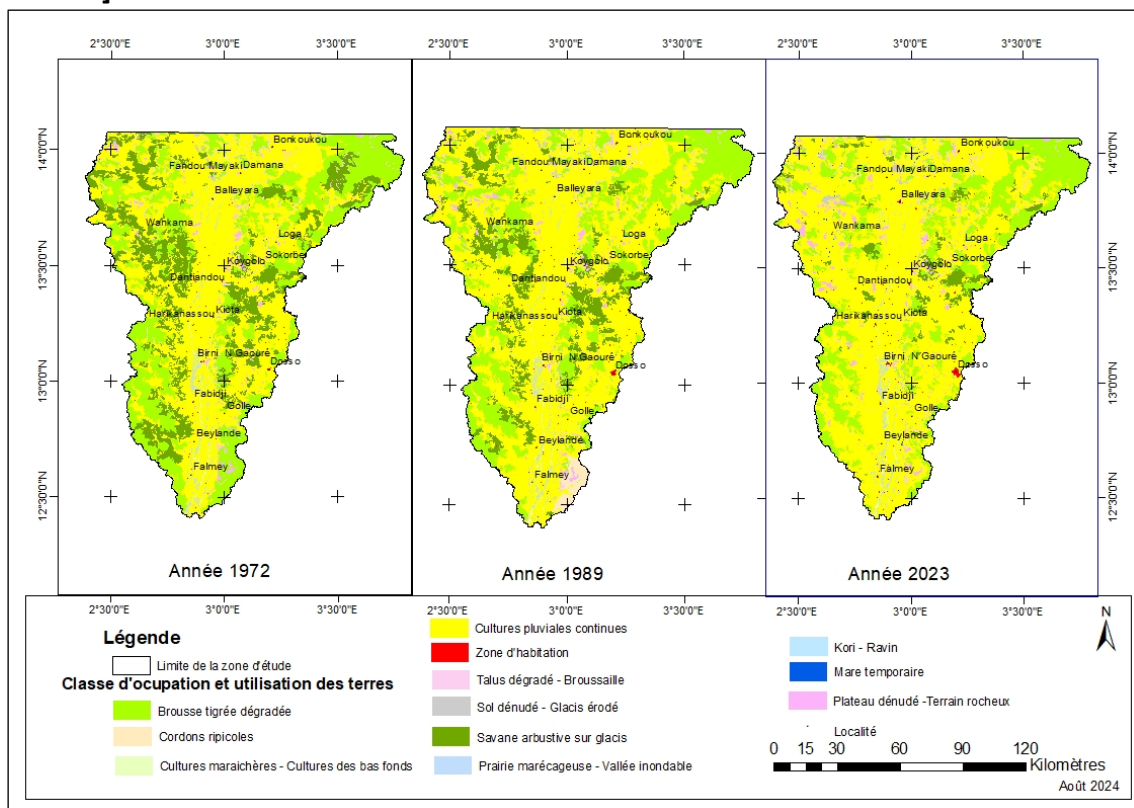


Figure 2: Etats de l'occupation et utilisation des terres en 1972, 1989 et 2023

On relève que, de tout temps, la classe d'occupation des sols est la culture pluviale continue, qui se retrouve sur l'ensemble du sous bassin. La deuxième classe est la brousse tigrée, au départ sur la superficie de la zone et qui ne se retrouve que le long des bas-fonds en 2023.

Les lieux d'habitation et les terrains nus ou sols dégradés sont les deux plus petites classes et qui se trouve le long du lit et sur les plateaux. Les superficies et les pourcentages des différentes classes par rapport à la superficie totale du sous bassin sont indiqués dans le tableau 1, ci-dessous.

La situation de 1972, était représentative de la période humide des années 1960 [11Favreau] et l'année 1989 a marqué une rupture dans la dynamique climatique, après la période de sécheresses entre 1973 et 1989 [26Gansaonré]. Les formations naturelles ont diminué au

profit des formations anthropiques sous l'effet conjugué de l'action de l'homme et du changement climatique [14Kangah A.], [21A. M. Kouassi].

Ainsi, sur la carte d'occupation et d'utilisation des terres de 2023, on note que la classe sur les zones d'habitation a plus que doublé avec 0,5 % en 2023, 0,25% en 1989 et 0,21% e, 1972.

La situation de 2023 pourrait être la conséquence des sécheresses passées et des pressions démographiques sur les ressources naturelles, [27Guengant]. Les superficies partielles et les pourcentages des différents types d'occupation des sols par rapport à la superficie totale du sous bassin ont été calculés et présentés dans le tableau 1 suivant.

Tableau 1: Etats des différentes classes en 1972, 1989 et 2023

Classe :	1972		1989		2023	
	Superficie	%	Superficie	%	Superficie	%
Brousse tigrée dégradée	405570	27,04%	348792	23,27%	318140	21,23%
Cordons ripicoles	5189	0,35%	4967	0,33%	5226	0,35%
Cultures maraîchères - Cultures des bas-fonds	5258	0,35%	5152	0,34%	5193	0,35%
Agriculture + Jachère	765451	51,04%	914642	61,01%	1028614	68,65%
Kori – Ravin	700	0,05%	270	0,02%	1201	0,08%
Mare temporaire	160	0,01%	457	0,03%	1187	0,08%
Plateau dénudé -Terrain rocheux	18067	1,20%	21719	1,45%	33176	2,21%
Prairie marécageuse - Vallée inondable	11104	0,74%	11079	0,74%	12470	0,83%
Savane arbustive sur glacis	254256	16,95%	155910	10,40%	49326	3,29%
Sol dénudé - Glacis érodé	2961	0,20%	4149	0,28%	8500	0,57%
Talus dégradé - Broussaille	27745	1,85%	28283	1,89%	28462	1,90%
Zone d'habitation	3170	0,21%	3741	0,25%	6820	0,46%

3.1.2. Evolution des classes d'occupation des sols et d'utilisation des terres 1972- 2023

Les variations en superficie et le taux des changements sont calculés [2H. Mbaiyetom], [4B. Tankoano], [17T. Ouattara] pour chaque type de classes entre les différentes périodes et présentés au tableau 2 suivant.

Tableau 2: Variations des classes d'occupation des sols entre 1972 et 2023

Classes d'occupation des sols et d'utilisation des terres	Variations des unités d'occupation					
	1972-1989		1989-2023		1972 - 2023	
	ha	%	ha	%	ha	%
Brousse tigrée dégradée	-56 778	-14%	-30 652	-9%	-87 430	-22%
Cordons ripicoles	-222	-4%	259	5%	37	1%
Cultures maraîchères - Cultures des bas-fonds	-106	-2%	41	1%	-65	-1%
Agriculture + Jachère	149 191	19%	113 972	12%	263 163	34%
Kori – Ravin	-430	-61%	931	345%	501	72%
Mare temporaire	297	186%	730	160%	1 027	642%
Plateau dénudé -Terrain rocheux	3 652	20%	1 1457	53%	15 109	84%
Prairie marécageuse - Vallée inondable	-25	0%	1391	13%	1 366	12%
Savane arbustive sur glacis	-98 346	-39%	-106 584	-68%	-204 930	-81%
Sol dénudé - Glacis érodé	1 188	40%	4 351	105%	5 539	187%

Classes d'occupation des sols et d'utilisation des terres	Variations des unités d'occupation					
	1972-1989		1989-2023		1972 - 2023	
	ha	%	ha	%	ha	%
Talus dégradé – Broussaille	538	2%	179	1%	717	3%
Zone d'habitation	571	18%	3 079	82%	3 650	115%

Entre 1972 et 1989, on note une diminution assez prononcée au niveau des classes suivantes : la brousse tigrée dégradée, les savanes arbustives sur glacis et les koris ravins. Ces diminutions au niveau des classes, et ce malgré l'amorce de la période humide, pourraient s'expliquer par la persistance des impacts négatifs des années de sécheresse 1972-1973 et 1983-1984, [28Ozer].

Les classes qui ont augmenté en superficie durant cette période sont principalement les mares (186 %), les sols dénudés (40,1 %), les plateaux dénudés (20,2 %), l'agriculture et jachères (19,5 %) et les zones d'habitation (18 %).

Ainsi, au cours des 34 dernières années (entre 1989 et 2023), on peut relever que la brousse tigrée et de la savane arbustive ont considérablement régressé, de 1 332 ha par an pour la brousse tigrée et 4 634 ha par an pour la savane arbustive.

Par contre, les zones d'habitation ont augmenté de plus de 80% et les zones agricoles et jachères de 12%. Cette période est caractérisée par une extension des superficies des classes qui ont un lien avec la disponibilité en eau (les mares, les koris, l'agriculture).

Aussi, les terres dégradées et les glacis se sont développés à cause de la pression démographique.

Pour matérialiser la dynamique de changement des différentes classes, les superficies calculées pour les années 1972, 1989 et 2023, sont représentée dans les figures 3, 4 et 5 ci-dessous.

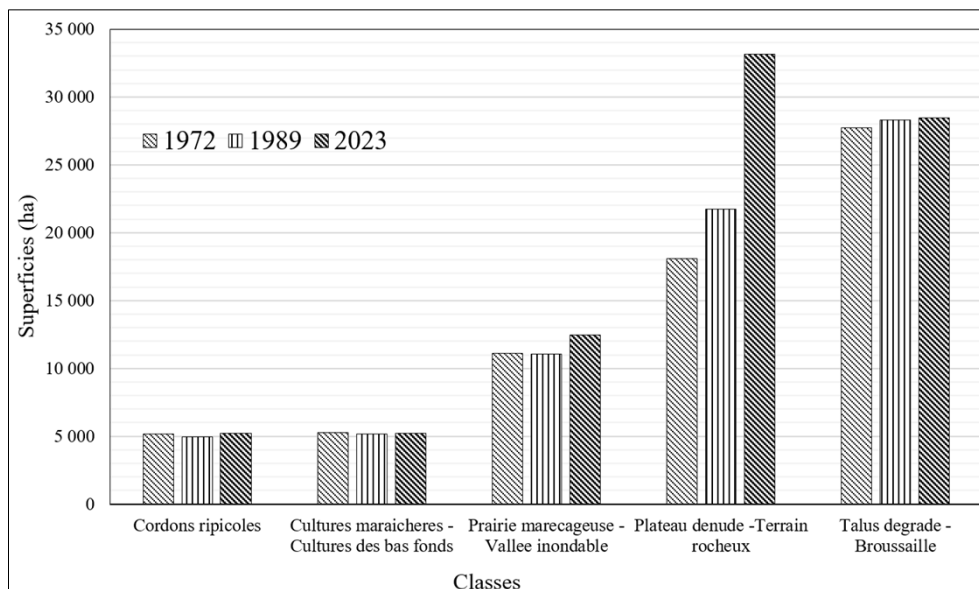


Figure 3: Evolution par classe d'occupation et utilisation des terres en 1972, 1989 et 2023

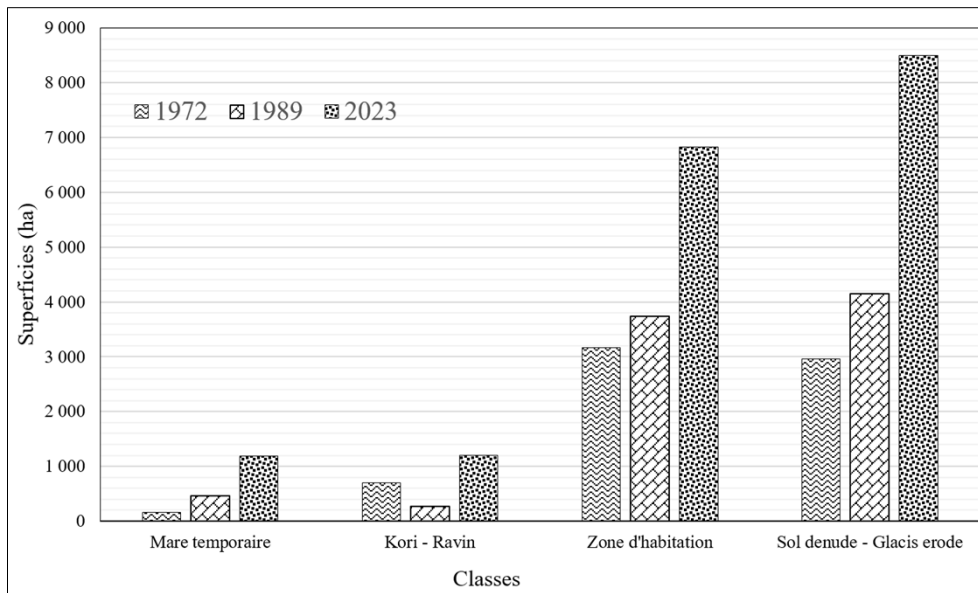


Figure 4: Evolution par classe d'occupation et utilisation des terres en 1972, 1989 et 2023

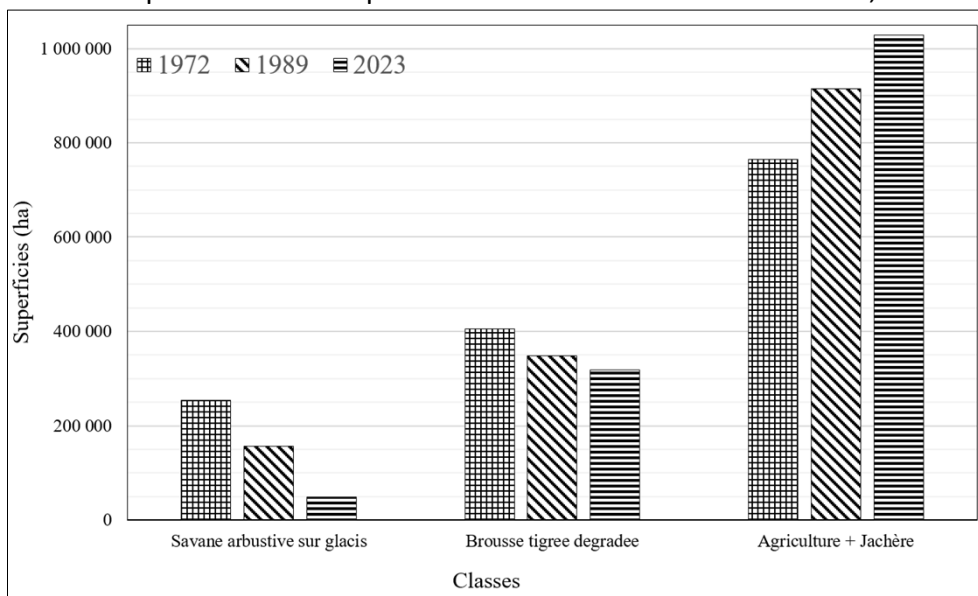


Figure 5 : Evolution par classe d'occupation et utilisation des terres en 1972, 1989 et 2023

Au cours de la longue période de 1972 à 2023, soit 51 ans, ce sont les mêmes tendances qui se sont confirmées à cause de l'accentuation de la pression démographique et de la persistance des impacts des changements climatiques. En effet, en 2023, les cultures et les jachères occupent 68,7 % de la superficie avec une brousse tigrée dégradée occupant 21,7 % et la savane arbustive sur glacis à 3,3%, alors qu'elle était à 10,4 % en 1989. Les vallées inondables, les koris et les mares ont augmenté en superficie au détriment de la végétation.

Cette dynamique pourrait être liée au régime pluviométrique dans la zone [20A. K. Kouamé], [21A. M. Kouassi], qui est caractérisé par :

- Une première période humide avant 1972, avec une pluviométrie normale favorisant le développement de la végétation et de ruissellements et de ravinement. La densité de la population était faible et les terres agricoles n'étaient pas développées ;
- Une période sèche de 1973 à 1990, avec une pluviométrie déficitaire engendrant la déforestation et le développement particulier des ruissellements et du ravinement. Les

eaux se concentrent dans les bas-fonds sous formes de mares temporaires qui, soumises à la pression évaporatoire, disparaissent en quelques jours après les précipitations ;

- Une période de retour de la pluviométrie normale après 1990, avec des années excédentaires et la régénération naturelle, qui se traduit par la réduction des ruissellements.

Cette tendance a exacerbé les risques de conflit pour l'accès à la terre, particulièrement dans les secteurs de concentration des agriculteurs et des éleveurs (Département de Boboye), [29Oumarou].

3.1.3. Reconversions des classes d'occupation et utilisation des terres entre 1972, 1989 et 2023

Entre 1972 et 2023, la dynamique de l'occupation et de l'utilisation des terres et l'analyse des corrélations entre les classes, montre que l'agriculture a progressé dans les superficies de toutes les classes et particulièrement dans les formations végétales. En effet, 90 000 ha de brousse tigrée et 193 000 ha de savane sont reconvertis en terres agricoles. Entre 1972 et 1989, 67 000 ha de brousse tigrée et 97 000 ha de savane arbustive ont été reconverties en terre agricole. Entre 1989 et 2023, 33 763 ha de brousse tigrée et 100 934 ha de savane arbustive sur glacis ont été reconverties en terre agricole.

Cela confirme les impacts de la pression démographique et des changements climatiques, [14Kangah A.].

3.2 : Dynamique des terres dégradées

La matérialisation de la neutralité sur la dégradation des terres avec TrendsEarth a permis d'établir l'état des terres dans la zone d'étude [3Kouamé K. A.], [4B. Tankoano], [17T. Ouattara], . Trois situations sont représentées, à savoir (i) les superficies des terres en dégradation continue, (ii) les terres stabilisées et (iii) les terres restaurées ou améliorées (Indicateur ODD 15.3.1), [30Mahamane].

La figure 6, ci-dessous représente les états des terres dans le sous bassin.

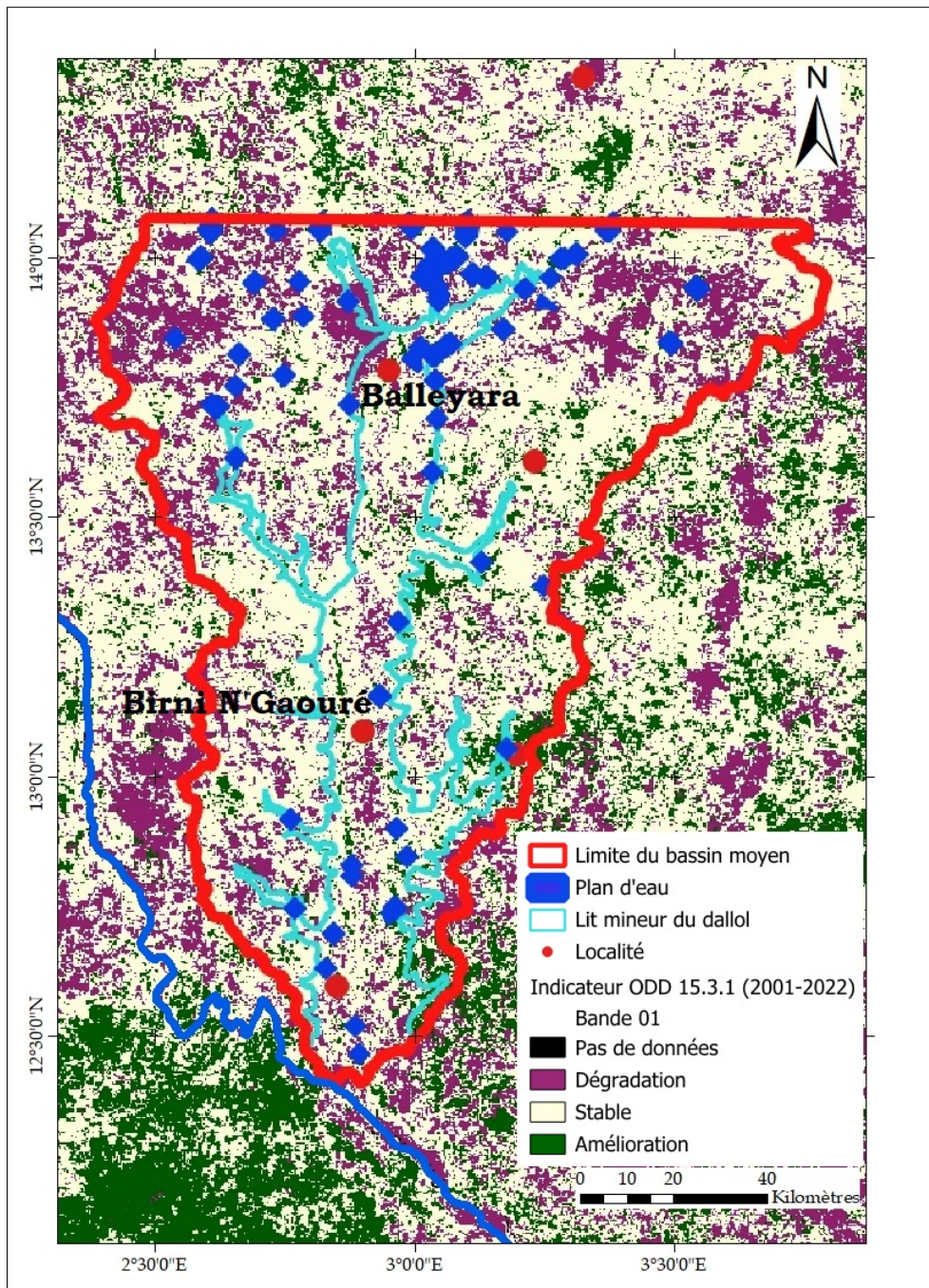


Figure 4 : Etats des terres dans le sous bassin

On note que, dans la zone d'étude, les superficies en dégradation représentent 21%, les zones stables font 64% et les terres restaurées ou en amélioration représentent 15%.

Les terres dégradées sont surtout dans la partie nord de la zone d'étude, où les classes des brousses tigrées et de la végétation ont été converties en terres agricoles ou en terre dénudées encroutées.

3.3 Dynamique des plans d'eau dans la zone d'étude

Les valeurs des indices modifiés de l'eau par différence normalisée (MNWI), déterminés par l'extraction des pixels réunissant les mêmes conditions sur la présence de l'eau [16Bako Mamane], [20A. K. Kouamé] ont permis de caractériser la répartition géographique et l'évolution temporelle des plans d'eau (mares) et rivières dans la zone d'étude.

Ainsi, pour le mois d'août 2023, le traitement et l'interprétation de l'image Landsat ont permis d'identifier et de dénombrer deux cent quatre (204) plans d'eau de surface dans la zone d'étude dont 70,6% (144) concentrés dans la partie Nord, 13,2 % (27) au centre et 16,2% (33) au Sud, comme illustré à la figure 7.

La distribution spatiale des plans d'eau est en corrélation avec la dynamique de la dégradation des terres et avec les changements de l'occupation des sols et d'utilisation des terres, [1L. K. Mbala], [2H. Mbayetom][20A. K. Kouamé], [21A. M. Kouassi].

En effet, les ruissellements et les mares (temporaires et semi-permanentes) se concentrent dans les secteurs d'encroustement des terres et de développement de l'agriculture. Les savanes arbustives sont converties en terres agricoles ou en glacis dénudés favorisant, les ruissellements et la constitution des plans d'eau dans les points bas, [4B. Tankoano], [17T. Ouattara].

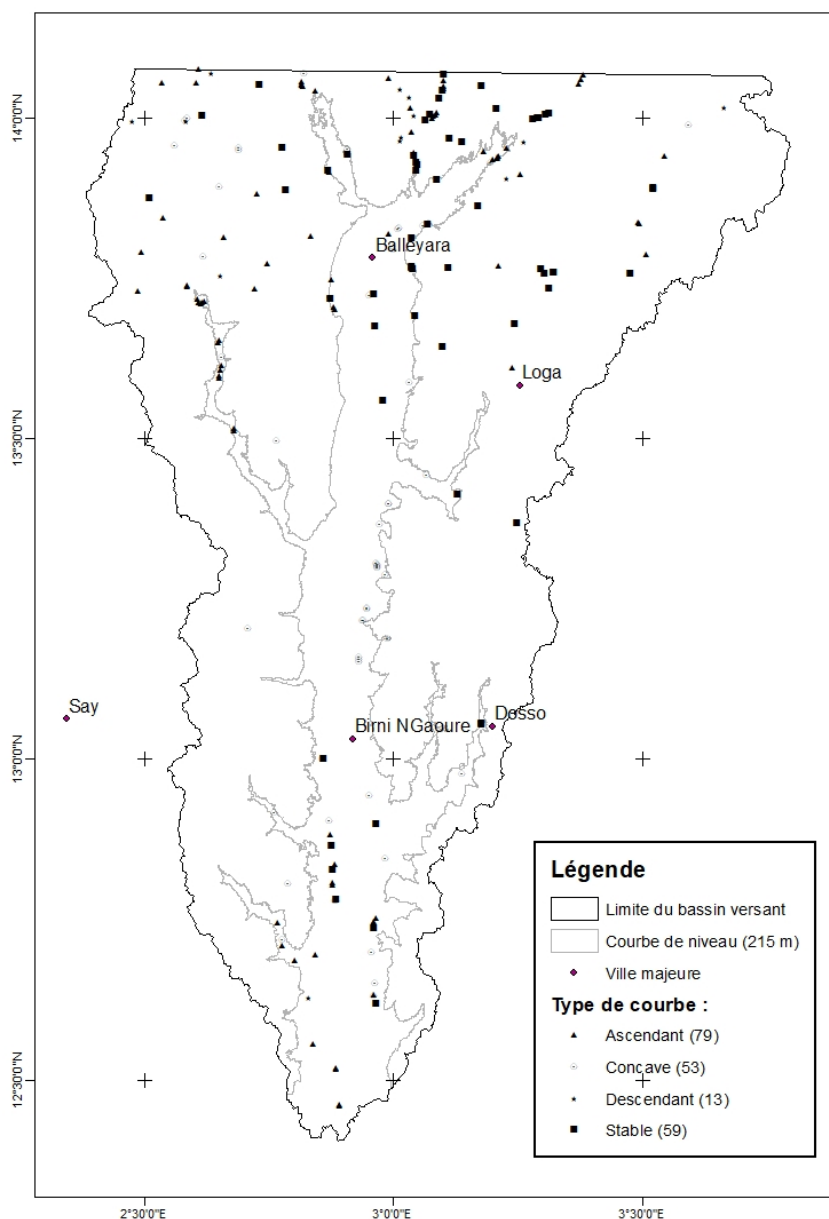


Figure 5: Localisation des plans d'eau détectés et leur dynamique 1972-2023

A partir des valeurs des fréquences et des sections des plans d'eau obtenues aux mêmes dates pour les années successives de 1973 à 2023, les plans d'eau sont classés en quatre (4) types (Fig. 8), [16Bako Mamane], [20A. K. Kouamé] :

- Courbes ascendantes, représentant des plans d'eau dont les sections ou les volumes ont augmenté chaque année sur toute la période de traitement (1973-2023). Ce sont des mares qui n'ont pas connu de diminution de superficie pendant cette période ;
- Courbes concaves, représentant les plans d'eau qui ont perdu des surfaces ou qui ont même disparu pendant la période de sécheresse et qui commencent à récupérer dont leurs capacités avec le retour de la pluviométrie ;
- Courbes descendantes pour les mares qui ont gardé un rythme constant de diminution de superficie depuis le début de la période d'observation ;
- Courbes stables, caractérisant les plans d'eau monotones, leurs capacités sont restées les mêmes.

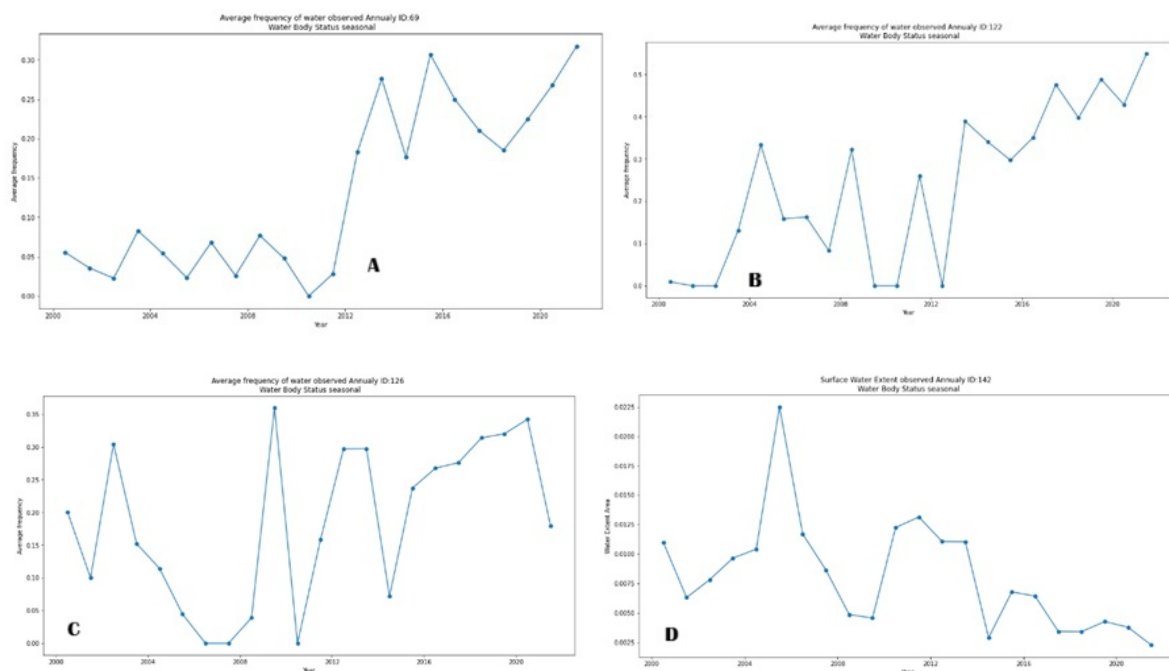


Figure 6 : Graphique de mares : (A) ascendant, B (concave) et C (stable) et D (Descendant)

Sur les 204 plans d'eau ou mares, on note que pour :

- 79, les graphiques sont de forme ascendante, indiquant que le régime de ces mares est croissant en termes de capacité et de superficie des plans d'eau. Soixante-trois (63) de ces mares sont concentrés au Nord et treize (16) dans la partie Sud ;
- 59, les graphiques sont de forme stable, correspondant à des superficies identiques, non variables dans le temps, sur la période. Cinquante (50) mares de ce groupe sont dans la partie Nord du sous bassin et neuf (9) au Sud dans le lit mineur ;
- 53, les graphiques sont concaves, indiquant des régimes de rétrécissement de ces mares sur la première partie de la période et un retour avec une reprise des capacités par la suite selon les conditions climatiques ;
- 12, les graphiques sont linéaires et descendants, indiquant, sur toute la période de suivi, une baisse de superficie et de capacité de rétention d'eau.

Les régimes annuels des plans d'eau sont fonction de la localisation de la mare (contexte de dégradation des terres), de la date du début de la saison des pluies et de l'importance de la pluviométrie (années excédentaires, normales ou déficitaires). En effet, on constate que :

- Le temps de réponse pour la reprise du remplissage des mares est fonction de la position géographique et de la morphologie du secteur. Les dépressions aux pieds des plateaux reçoivent les premiers ruissellements. Les mares situées dans les plaines ont des temps de réponse plus longs ;
- L'allure des graphiques matérialise les régimes des mares (semi permanents ou permanents). La cartographie des mares permanentes pourrait permettre de localiser les zones préférentielles d'infiltration directe des eaux pour la recharge des nappes alluviales ;
- La présence des terres dégradées au nord de la zone d'étude favorise l'apparition des plans d'eau (chapelets de mares) [20A. K. Kouamé], [21A. M. Kouassi], [31Abdou].

Conclusions

La présente étude, qui a analysé les variations des unités d'occupation des sols et d'utilisation des terres et leurs impacts sur la dynamique des plans d'eau de la zone d'étude, a permis d'établir, pour la période de 1973 à 2023, l'interdépendance entre la dynamique de l'occupation des sols et de l'utilisation des terres, et l'évolution des plans d'eau.

En effet, les résultats révèlent que, les changements climatiques et les pressions démographiques ont conduit à la disparition progressive de certaines classes naturelles d'occupation des sols (brousse tigrée et savane), et au développement des écoulements de surface et à l'apparition de plans d'eau temporaires, soumis à une évaporation excessive. Il est à noter que les pratiques culturales ont également conduit à l'encroûtement des sols et au ravinement des terrains. Ceci, a eu un impact direct sur la population locale et son écosystème.

Pour une meilleure compréhension de la dynamique de l'occupation des sols et de l'utilisation des terres et son impact sur le régime des plans d'eau, il est nécessaire de renforcer le système continu de suivi quantitatif et qualitatif des ressources en eau souterraines et de surface dans la zone en vue du développement d'un modèle hydrologique et hydrogéologique.

Références :

1 Namugize J.N., Jewitt G., Graham M, (2018), Effects of land use and land cover changes on water quality in the uMngeni river catchment, South Africa. *Physics Chem Earth Parts a/b/c* 2018, 105:247–264

2 Mahamane M., (2015): Assessing soil erosion risk in the Tillabéry landscape, Niger. *African Journal of Environmental Science and Technology*; 9(3): 176-191

3[1] L. K. Mbala, G. P. M. Nitu², A. M. Djamba, and I. E. Idrissa, « Analyse spatio-temporelle de l'occupation des sols dans le secteur de Mawanga » *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324, Vol. 42 No. 2 Apr. 2024, pp. 243-251

4[2]H. Mbayetom, M. L. A. Tientcheu, M. T. Ngankam, J. B. W. Taffo, and A. D. Tanougong, « Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol et du couvert végétal des parcs arborés du Département de la Nya, Sud du Tchad », *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324, Vol. 31 No. 2 Dec. 2020, pp. 370-379

- 5[3] Kouamé K. A., Koudou A., Kouamé K. F., Kouassi A. M., Oularé S. et Adon. G. C. R., "Evolution de l'occupation du sol et rythme saisonnier de la végétation du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire", *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie, Volume 26, pp. 173-193, 2015*
- 6[4] B. Tankoano, M. Hien, D. H. N'Da, Z. Sanon, J. T. Yaméogo et I. Somda, « Dynamique spatio-temporelle des savanes boisées de la forêt classée de Tiogo au Burkina Faso », *International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol 9, no.4, pp. 1984-2000, 2015.*
- 7[5] K. P. Aka, Y. B. Koffi, A. Kamagate, K. E. Ahoussi, and A. M. Kouassi, « Evolution de l'occupation du sol dans les bassins versants fortement urbanisés et leurs impacts sur les ruissellements de surface : Cas de Bonoumin et du Gourou (Abidjan, Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest) » *International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324, Vol. 41 No. 3 Jan. 2024, pp. 729-744*
- 8[6] R. Bou Kheir, M. C. Girard, A. Shaban, M. Khawlie, G. Fouar et T. Darwirsch, "Apport de la télédétection pour la modélisation de l'érosion hydrique des sols dans la région côtière du Liban," *Télédétection, vol. 2, no. 2, pp. 79-90, 2001*
- 9[7] K. A. Stéphane, A. Roland, and E. M. Jalal, « Utilisation d'une image satellite LANDSAT 8 pour la cartographie de l'occupation des sols dans la ville de Bondoukou et ses environs en Côte d'Ivoire » *International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324, Vol. 30 No. 1 Jul. 2020, pp. 153-161*
- 10[8] Saley, A. K. H., Sandao, I., Garba, I. S., Ambarka, B. M., & Idrissa, M. (2024). « Dynamics of the alluvial aquifer in the northern part of the dallo Bosso and assessment of water potential for small-scale irrigation : Departments of Balleyara and Filingué ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences, 18(5), Article 5.* <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v18i5.21>
- 11 INS
- 12[9] Gregeirt, J. (1978). « Atlas des eaux souterraines de la République du Niger. Etat des connaissances [Rapport BRGM, 79 AGE001] ».
- 13[10] Tirat, M. (1964). « Contribution à l'étude hydrogéologique du Continental Terminal. (p. 77p) » [Rapport BRGM, NIA.64. A1].
- 14[11] Favreau, G. (2000). « Caractérisation et modélisation d'une nappe phréatique en hausse au Sahel » [Doctorat d'université].
- 15[12] MHE, Niger. (2001). « Nomenclature pour la construction de bases de données sur l'occupation des sols au Niger au Sud du 16ème parallèle (p. 69) [NOS]. Direction de l'Environnement »
- 16[13] Y. A. Patrick, A. K. Ernest, and Y. K. S. Aristide « Cartographie par télédétection des changements de l'occupation du sol à partir des images Landsat dans une zone d'orpaillage, département de Dimbokro (Centre-Est, Côte d'Ivoire) » *International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 40 No. 1, Jul. 2023, pp. 247-257 ;*
- 17[14] Kangah A., "Utilisation de la télédétection et d'un système d'information géographique (SIG) pour l'étude des pressions anthropiques sur les paysages géomorphologiques des savanes sub-soudanaises : exemple du degré carré de Katiola

(centre-Nord ivoirien)", Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 186 p., 2006.

- 18[15] Bi, V., Kouadio, B., Ouattara, A., Tankam, N., Fotsing, J., Djangoua, E., Kouamé, F., Affian, K., Borda, M., & Tonye, E. (2016). « Apport des champs de Markov à la classification des images multispectrales landsat TM, ETM+ et OLI du département de Sinfra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) [Contribution of Markov Random Field (MRF) to Landsat multispectral TM, ETM+ and OLI images classification, of the department of Sinfra (west-Center of Côte d'Ivoire)]. 17, 2028-9324 ».
- 19[16] Bako Mamane. (2020). « Application de l'imagerie satellitaire à l'inventaire et au suivi des eaux souterraines : Cas du bassin du Goulbi N'Maradi (p. 75) », [Memoire Master 2]. Université Abdou Moumouni.
- 20[17] T. Ouattara, J-M. Dubois, et Q. H. J. Gwyn, « Méthode de cartographie de l'occupation des terres en milieu aride à l'aide de données multi sources et de l'indice de végétation TSAVI », *Télétection*, vol. 6, no. 4, pp. 291–304, 2006.
- 21[18] Girard, M.-C. (1995). « Apport de l'interprétation visuelle des images satellitaires pour l'analyse spatiale des sols. Étude et Gestion des Sols ».
- 22[19] Hamidou, A., Boubé, M., Mahamane, A., Mahamane, S., & Abassa, I. (2012). « Caractérisation de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation des terres dans le complexe des forêts de classées de Dan kada Dodo—Dan Gado (région de Maradi, Niger) ». *Journal des Sciences de l'Environnement* vol. 1 (1) 2012: 16-26.
- 23[20] A. K. Kouamé, C. G. Adon, M. A. Kouassi, A. Koudou, and F. K. Kouamé, « Impact de la répartition spatiale de la pluviométrie et de l'occupation du sol sur la recharge des aquifères du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire » *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324, Vol. 27 No. 4 Nov. 2019, pp. 1024-1036
- 24 Halabisky, M., Mubea, K., Mar, F., Yuan, F., Burton, C., Birchall, E., Moghaddam, N. F., Adimou, G., Mamane, B., Ongo, D., Boamah, E., Chong, E.-F., Gandhi, N., Leith, A., Hall, L., & Lewis, A. (s. d.). Water Observations from Space : Accurate maps of surface water through time for the continent of Africa.
- 25[21] A. M. Kouassi, « Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire ». Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 234 p, 2007.
- 26[22] N. M. R Fossou, « Variabilité de la pluviométrie et son incidence sur les ressources en eau, les écosystèmes environnementaux et modélisation hydrologique dans les départements de Bocanda et de Dimbokro (Centre-Est de la Côte d'Ivoire en Afrique de l'ouest), » Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 225 p, 2015.
- 27[23] Mensah, F., Mushtaq, F., Bartel, P., Abramowitz, J., Cherrington, E., Mahamane, M., Mamane, B., Dieye, A. M., Sanou, P., Enaruvbe, G., & Mar, N. F. (2024). « Land Cover Mapping » in West Africa: A Collaborative Process. *Land*, 13(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/land13101712>
- 28[24] Mahamane, M., Di Gregorio, A., Henry, M., Mensah, F., Bartel, P., Mamane, B., Cherrington, E., Muench, R., Abramowitz, J., Olofsson, P., Singh, A., Judge, J., Brink, A.,

- Dieye, A., Hackman, K., Dawson, M., & Neya, O. (2021). « *West Africa Land Use/Land Cover Harmonisation Task Force for ECOWAS* ». 2021, GC25B-0664. AGU Fall Meeting Abstracts.
- 29[25] Rabilou, A. M., Nazoumou, Y., Favreau, G., & Boukari, I. O. (2022). « Dynamique d'occupation et d'utilisation des sols et la hausse de la nappe dans la basse vallée du Dallol Maouri ». *European Scientific Journal, ESJ*, 18, 162. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n14p162>
- 30[26] Gansaonré, R. N. (2018). « Dynamique du couvert végétal et implications socio-environnementales à la périphérie du parc W/Burkina Faso ». *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 18-1, Article 18-1. <https://doi.org/10.4000/vertigo.20249>
- 31[27] Guengant, J.-P., Banoïn, M., Quesnel, A., Gendreau, F., & Lututala, M. (2003). « Dynamique des populations, disponibilités en terres et adaptation des régimes fonciers : Le cas du Niger ».
- 32[28] Ozer, P. (2004). « Bois de feu et déboisement au Sahel : Mise au point ». *Revue Sécheresse*, 15(3). <https://orbi.uliege.be/handle/2268/15737>
- 33[29] Oumarou, A. (2012). « Dynamique du Pulaaku dans les sociétés peules du Dallol Bosso (Niger). 1-290 »
- 34[30] Mahamane, M., Mamane, B., Siradji, A. A., Saidou, A.-R., Toukal, B., Oulame, S. A., Nteziyayo, R. L., & Abdou, M. R. (2025). « Suivi des sites de restauration des terres dans les communes de Dan Kassari, de Matankari, de Dogon Kirya, de Allela et de Birnin Konni ; Niger » *African Scientific Journal*, 3(31), 349-349. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16738967>
- 35[31] Abdou, O. M., Habou, R., Soumana, I., & Guimbo, I. D. (2024) « Etude de la dynamique de l'occupation du sol dans la commune de Tondikiwindi dans l'ouest-nigérien ». *African and Mediterranean Agricultural Journal - Al Awamia*, 145, 49-59. <https://doi.org/10.34874/IMIST.PRSM/afrimed-i145.50430>

Remerciements :

Les co auteurs du présent article remercient :

- le Ministère de l'Environnement, de l'Hydraulique et de l'Assainissement du Niger ;
- le Programme Hydraulique Rurale, Appui au Secteur Eau et Assainissement (PHRASEA), financé par la Coopération Suisse au Niger ;
- l'ONG Internationale HELVETAS, représentation au Niger, Mandataire de mise en œuvre du PHRASEA.

Qui ont financé les travaux de collecte des données et les traitements pour l'élaboration dudit article.

Conflit d'intérêt :

Les co auteurs du présent article déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt sur les données collectées et utilisées et l'article élaboré.