



ISSN Print: 2394-7500
ISSN Online: 2394-5869
Impact Factor: 8.4
IJAR 2020; 6(12): 294-300
www.allresearchjournal.com
Received: 14-10-2020
Accepted: 18-11-2020

Moussa Issaka Abdoukader
Faculté des Sciences et
Techniques, Département des
Sciences Géologiques en
Environnementales (SGE),
Université de Zinder, Niger

**Hassane Bouba,
Abdourhamane Toure Amadou
and Garba Zibo**
Faculté des Sciences et
Techniques, Département de
Géologie, Université Abdou
Moumouni de Niamey, Niger

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

GARBA Zibo
Université de Dosso, Niger

Corresponding Author:
Moussa Issaka Abdoukader
Faculté des Sciences et
Techniques, Département des
Sciences Géologiques en
Environnementales (SGE),
Université de Zinder, Niger

Dynamique hydro-géomorphologique des mares et de l'occupation des sols de 1973 à 2018 dans la commune de Dogonkiria, Dosso

Moussa Issaka Abdoukader, Hassane Bouba, Wagani Ibrahim, Abdourhamane Toure Amadou, Abdoulaye Adamou and Garba Zibo

Abstract

This study aims to know the dynamics of land use and ponds in Dogonkiria from Landsat satellite images from 1973, 2000 and 2018. Four land use units namely vegetation, bare soils, areas of cultures and ponds were identified and mapped and their dynamics studied. Natural vegetation has experienced a decline of over 85% of its area. Cultivated areas, bare soils and ponds have seen an increase in their areas with the respective rates of 90.54%, 264.42% and 481.66%. The hydrogeomorphological typology of the ponds made it possible to highlight two types of ponds, those of the plateaus with areas that remained constant between 1973 and 2018 and those of valleys having experienced a spectacular increase in their areas.

These results constitute good decision-making tools for the sustainable development of natural resources.

Keywords: Dynamics, land use, ponds, plateaux, valleys, dogonkiria

Introduction

Le Sahel est un milieu en équilibre précaire, très sensible aux changements environnementaux et aux variations climatiques (Lebel *et al.*, 2009) [12]. En effet, il a connu au cours des dernières décennies, d'importants déficits pluviométriques (Ozer et Erpicum, 1995; L'Hôte *et al.*, 2002) [21, 13] qui ont causé d'importantes dégradations environnementales (Chamard et Courel., 1999) [7]. Le Sahel nigérien a connu plusieurs sécheresses dont leurs corollaires n'expliquent pas, à eux seuls, la dégradation du milieu sahélien (Cappelaere *et al.*, 2009; Casenave & Valentin., 1992) [5, 6]. A Dogonkiria, la forte pression anthropique, exercée sur les ressources en sol et la végétation ligneuse, combinée à la variabilité climatique du Sahel ont engendré des modifications environnementales importantes marquées par une modification et/ou transformation des formations naturelles, des ressources en terre et en eaux. Ainsi, une conversion de savanes en terres de culture, un raccourcissement de la durée de jachère, la baisse de fertilité des sols cultivés et le surpâturage concourant à la modification de l'occupation des sols, sont observés à Dogonkiria. Et à partir de cette modification de l'occupation des sols, la dynamique du ruissellement étant modifiée, les mares à Dogonkiria ont ainsi connu une dynamique (Desconnets *et al.*, 1997; Bouzou, 2000; Descroix *et al.*, 2009b) [9, 4, 10]. L'objectif principal de cette étude est donc d'évaluer l'état et la dynamique de l'occupation des sols et des mares à Dogonkiria pendant la période de 1973 à 2018.

2. Présentation de Dogonkiria

La zone de l'étude, la Commune Rurale de Dogonkiria, est l'une des six communes du département de Dogondoutchi, Région de Dosso au Sud-Ouest du Niger (Figure 1). Dogonkiria s'étend entre 4°18'0''- 4°9'40''E et 14°36'50'' – 13°56'30''N sur une superficie de 2886 km² (Figure 1).

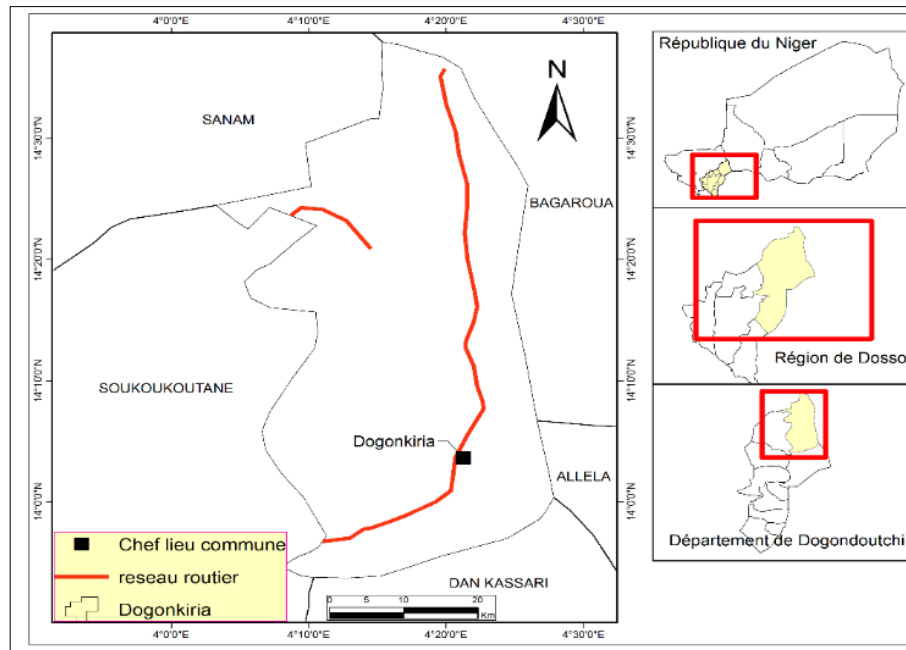


Fig 1: Situation géographique de Dogonkiriya

La commune de Dogonkiriya présente une géomorphologie marquée par des plateaux et des vallées occupant les espaces inter-plateaux. Et cette géomorphologie découle un réseau hydrographique occupant les versants et les bas-fonds des vallées, constitué essentiellement des cours d'eau fossiles, des ravins à écoulement intermittents après les pluies et des mares permanentes et semi permanentes.

Du point de vue géologique, Dogonkiriya est située dans le grand bassin des Iullemenden rempli par des formations continentales et marines. Il s'agit des formations grès-argileuses du Continental terminal (Ct) et les formations du Quaternaire. Le Ct est affleurant au Nord au centre et au Sud dans la zone de l'étude et en constitue les plateaux. Dans la partie centrale de Dogonkiriya, le Continental terminal est recouvert par des dépôts sableux (les dunes) et alluvionnaires du Quaternaire.

Le climat à Dogonkiriya, est de type sahélien avec une pluviométrie annuelle moyenne de 350mm. L'analyse des données événementielles sur toute la chronique de 1959 à 2016, montre une variabilité interannuelle importante et une tendance générale à la diminution de la pluviométrie de 1959 à 2016 (Figure 2).

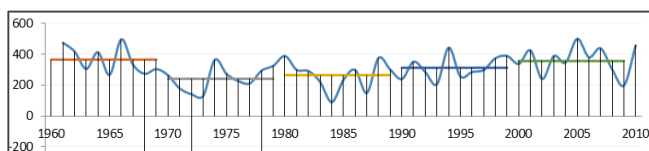


Fig 2: Evolution décennale de la pluviométrie à Dogonkiriya

La végétation de Dogonkiriya est caractérisée par une formation à physionomie de brousse tigrée rencontrée sur les plateaux et constituée de *Guiera senegalensis* (Sabara), *Combretum micranthum* (Guéza), *Boscia senegalensis* (Anza) et le Jujubier ou le *Ziziphus mauritiana* (Magaria) et la strate arborée constituée de *Accacia albida* (Gao), *Balanites* (Adoua), *Combretum glutinosum* (Taramnia), le *Prosopis africana* (kiria), *Cacia sieberiana* (Malga). Tout ce capital naturel est cependant soumis à la pression anthropique à

travers la mise en culture, la coupe du bois et le pâturage (Boubé *et al.*, 2011) [3].

3. Matériels et méthodes

Une combinaison d'images satellites Landsat, couvrant la période de 1973 à 2018 soit 45ans, a permis de suivre et de quantifier les tendances récentes et significatives de l'occupation des sols. (Tableau 1).

Table 1: Détails des images satellites utilisées pour l'étude

Missions	Date d'acquisition	Précision	Nombre de scènes	Source
Landsat 1	22/11/1973	30 m	08	Agrhymet
Landsat 7	08/12/2000	30 m	08	Agrhymet
Landsat 8	03/12/2018	30 m	11	Agrhymet

3.1. Méthodes d'évaluation spatiale de l'état et de la dynamique l'occupation des sols

Elles ont été basées sur la réalisation des cartes d'occupation des sols des années 1973, 2000, et 2018 avant toute étude comparative. Cette méthode a été utilisée par E. Amoussou (2010, p. 201), AM. Issaka (2014, p. 135). Les clés d'interprétation des unités d'occupation des sols sont résumées dans le tableau 2. Les superficies totales des unités d'occupation des sols ont été calculées sous ArcGis. Puis, l'évolution des unités d'occupation des sols a été évaluée en termes d'accroissement, de régression ou de stabilité. Les taux de variation des unités ont été estimés pour les périodes 1973 à 2000 et 2000 à 2018 ou de 1973 à 2018.

3.2. Méthode d'évaluation de la dynamiques hydro-géomorphologiques des mares

Le modèle numérique du terrain (MNT) de 30m de résolution, ayant permis l'élaboration de la carte géomorphologique de Dogonkiriya, a été utilisé pour dégager une typologie des mares, basée sur la position géomorphologique. Après identification et digitalisation, les superficies de chaque type de mares ont été calculées aux périodes de 1973, 2000 et 2018. L'analyse comparative de ces valeurs à ces différentes dates a permis de dégager la

tendance évolutive de chaque type de mares entre 1973 à 2018.

Table 2: Classes retenues pour l'interprétation des unités d'occupation des sols à Dogonkiri.

Types d'occupation des sols	Description
Végétation	Elle est caractérisée par l'ensemble des formations végétales, il demeure clair dans l'ensemble.
Sols nus	De forme massive, elles présentent une couleur blanchâtre lisse. Elles sont localisées généralement sur les glacis entre les talus et bas-fonds (glacis érodés) ou sur les plateaux (plateaux dénudés).
Zones de Cultures	Elles présentent sur image des formes géométriques nettes mais irrégulières, caractéristiques des champs extensifs du sahel. D'une manière générale, elles se présentent, pour les champs cultivés sous forme de mosaïques de figures géométriques de couleur beige à jaune clair emboîtées ou juxtaposées dans certains cas à quelques figures de couleur marron constituant les jachères.
Mares	Elles sont identifiables par leur couleur bleu clair ou bleu foncé. Elles se présentent sous forme ponctuelle, polygonale ou étirée. Un important réseau de drainage y converge généralement

3. 3. Outils de traitement

La cartographie des différentes unités d'occupation des sols a été faite au moyen des logiciels Arc view 3.2, Arc Gis 10.3, Erdas imagine 8.4, Qunatum Gis 2.0 et ENVI 4.3. Les Traitements statistiques et les représentations graphiques, ont été effectués à partir des logiciels Excel, et XLSTAT.

4. Résultats

4.1. Etats et dynamique de l'occupation des sols à Dogonkiri

La commune de Dogonkiri a connu des changements importants, pendant la période de 1973 à 2018. Quatre

unités d'occupation des sols ont été identifiées et suivies : la végétation, les zones de cultures, les sols nus et les mares.

4.1.1. Caractérisation ponctuelle de l'occupation des sols

Occupation des sols en 1973

La figure 3 présente la carte d'occupation du sol en 1973, où la végétation et les zones de cultures occupent respectivement 61,10% et 30,10% de la superficie totale de la commune.

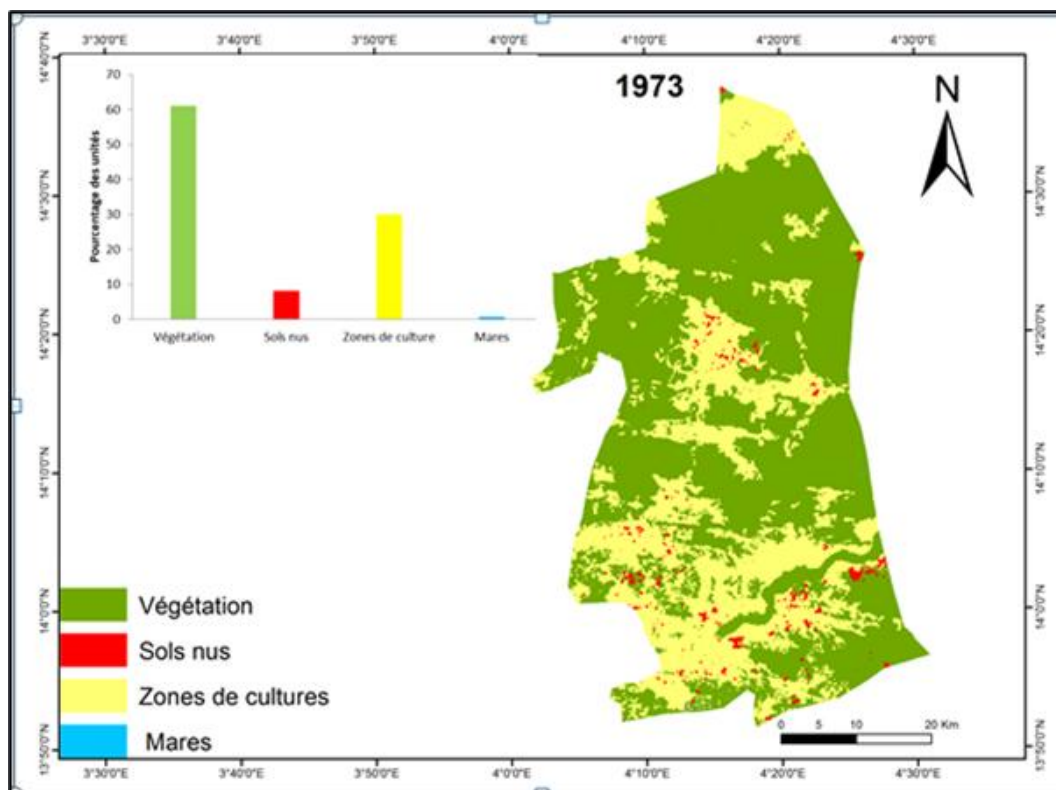


Fig 3: Carte d'occupation des sols de Dogonkiri en 1973

Les sols nus n'occupent que 8,10% tandis que les mares ne représentent que seulement 0,70% de la superficie de la commune.

mares qui ont passé respectivement de 30,10% à 54,60%, de 8,10% à 21,39% et de 0,70% à 2,23% de la commune.

Occupation des sols en 2000

L'état de l'occupation des sols en 2000 présente un accroissement des zones de cultures, des sols nus et des

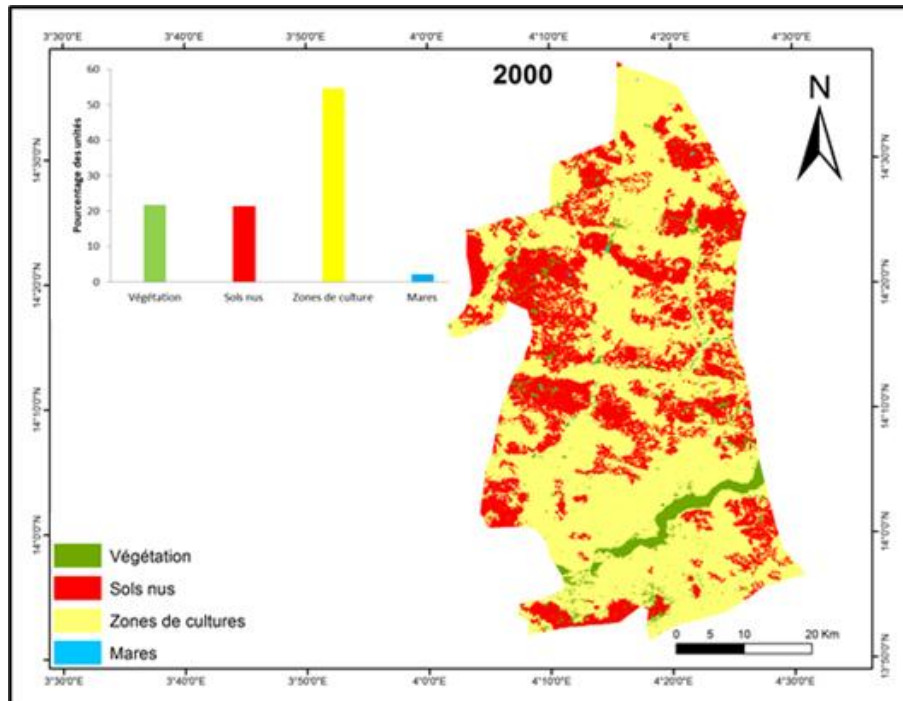


Fig 4: Carte d'occupation des sols de Dogonkiriea en 2000

Cependant, une régression de la superficie de la végétation est constatée, elle est passée de 61,10% à 21,76%. Cette baisse est beaucoup plus visible dans la zone nord (Figure 4).

▪ Occupation des sols en 2018

La figure 5 présente la carte d'occupation des sols en 2018. La même tendance est maintenue, avec la régression de la

superficie de la végétation qui passe de 21,76% à seulement 9,02% et l'accroissement des superficies des zones de cultures, des sols nus et des mares qui passent respectivement de 54,60% à 57,36%, de 21,39% à 29,51% et de 2,23% à 4,1% de la superficie de la commune de Dogonkiriea.

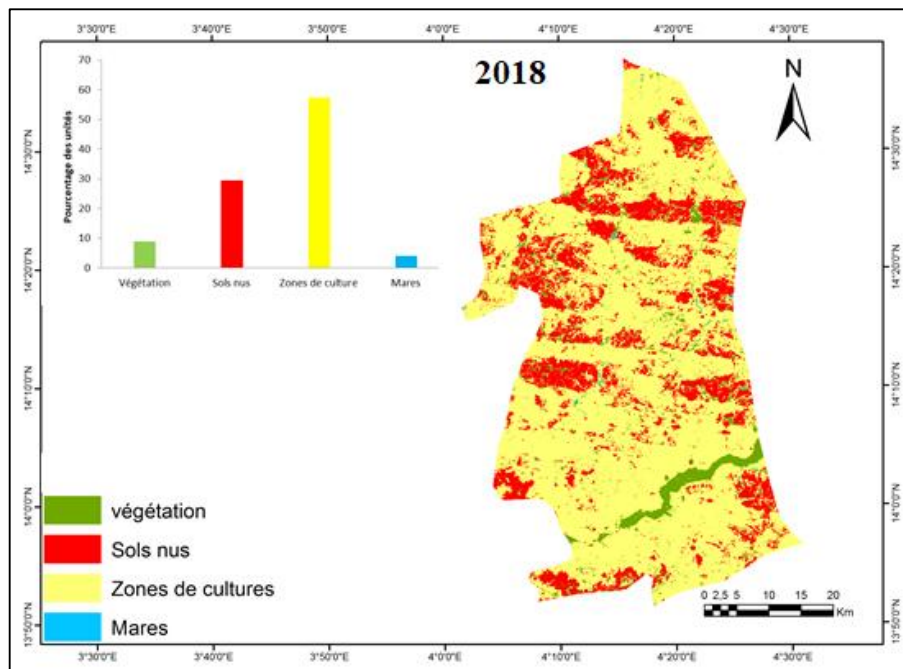


Fig 5: Carte d'occupation des sols de Dogonkiriea en 2018

4.1.2. Les changements intervenus de 1973 à 2018 à Dogonkiriea

L'analyse comparée des superficies des unités l'occupation des sols aux années 1973, 2000 et 2018, a permis de mettre en évidence les changements observés (Figures 3, 4, 5). Il est ressorti de cette analyse qu'à Dogonkiriea une diminution

généralisée de végétation est observée de 1973 à 2018 qui passe 61,10% à seulement 9,02% de la superficie de la commune soit un taux de régression de 85,23%.

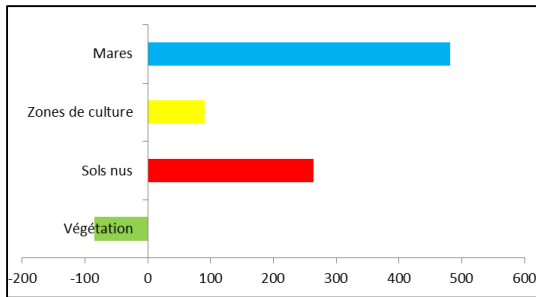


Fig 6: Taux de variation des unités d’occupation des sols de Dogonkiria entre 1973 et 2018

Les trois autres unités, les sols nus, les zones de cultures et les mares ont connu un accroissement aux taux d’accroissement respectifs de 264,42%, 90,54% et 481,66%.

4.2. Dynamique hydro-géomorphologique des mares à Dogonkiria

4.2.1. Typologie hydro-géomorphologique des mares

Le MNT a permis de dégager deux grandes unités géomorphologiques dans la commune de Dogonkiria. Il s’agit des plateaux et des vallées (Figure 7).

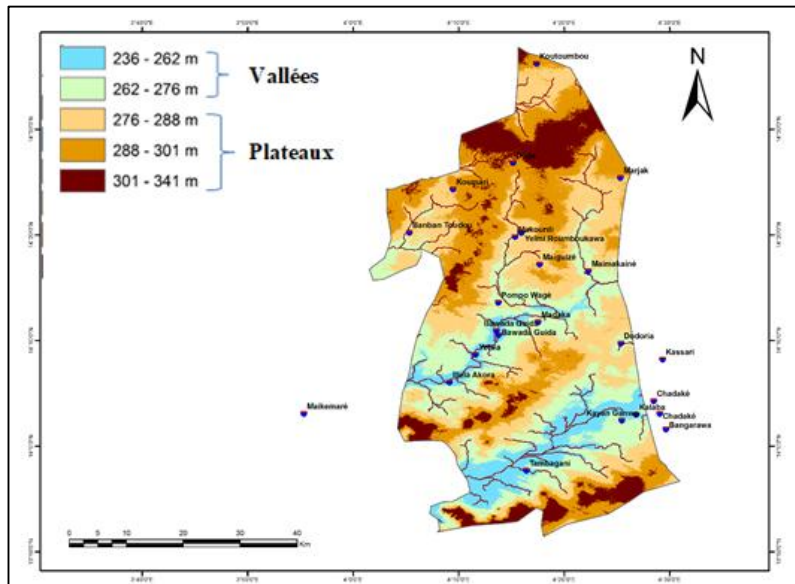


Fig 7: Carte géomorphologique de Dogonkiria (MNT, 30m, SRTM)

Les plateaux correspondent aux unités qui ont une altitude comprise entre 276 à 341m. Ils constituent les hautes altitudes de la localité et sont situés au nord et centre-sud (Figure 7). Ainsi toute mare cartographiée sur ces plateaux est appelée mare de plateau (Figure 8). Les vallées correspondent quant à elles aux unités qu’on retrouve entre les altitudes 236 et 276m. Elles représentent les basses altitudes de la localité. A ce niveau, toute mare cartographiée dans ces vallées est qualifiée de mare de vallée. Ces mares occupant les parties inter-plateaux sont observées dans la partie centrale et le sud de Dogonkiria (Figure 7).

20,21Km² en 1973 à 118,33 Km² en passant à 64,36 Km² en 2000.

Après avoir définie la typologie des mares évoquée ci-haut, basée sur la position géomorphologique. Les deux types de mares (de vallée et de plateau) ont été identifiés, digitalisés et leurs superficies calculées à partir des images de début de saison sèche (novembre-décembre) des années 1973, 2000 et 2018.



Fig 8: Photo des mares à Dogonkiria, Août, 2018

4.2.2. Dynamique spatio-temporelle des mares

A Dogonkiria de 1973 à 2018 la superficie totale des mares a connu un accroissement spectaculaire en passant de

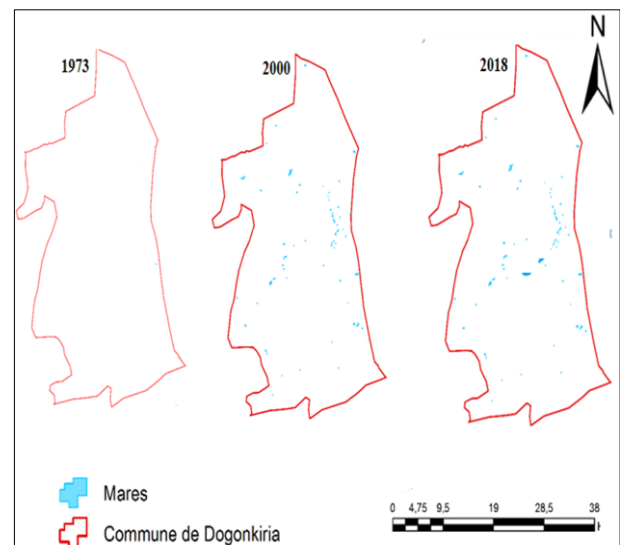


Fig 9: Dynamique spatio-temporelle des mares à Dogonkiria

La dynamique spatio-temporelle de ces mares a été, ainsi, appréciée à partir de l'évolution des leurs superficies aux dates retenues (Figures 9 et 10).

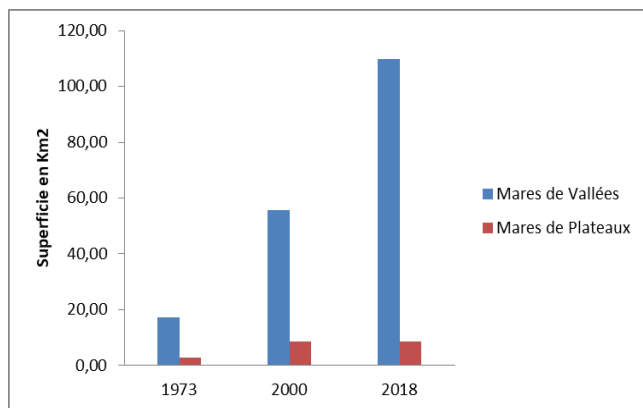


Fig 9: Evolution de la superficie des mares à Dogonkiria

Ainsi de 1973 à 2018 les mares de vallées ont connu un accroissement de leur superficie qui est passée de 17,32 Km² en 1973 à 115,44 Km² en 2018 soit une augmentation de 92,35 Km². Les mares de plateaux ont, après avoir connu un accroissement de 5,77 Km² de leur superficie entre 1973 et 2002, sont restées quasi stables de 2000 jusqu'à 2018 (Figure 9).

5. Discussion

5.1. Tendances des changements paysagers

L'analyse diachronique des images satellites a permis de dégager la tendance des changements observés à Dogonkiria. Il est ressorti de cette analyse que la zone de Dogonkiria est fortement anthropisée. Ainsi de 1973 à 2018, la végétation naturelle, constituée essentiellement de la brousse tigrée, a connu une régression, de 85,23% de sa superficie (Figures 3, 4, 5). Les sols nus quant à eux ont connu un accroissement très extraordinaire. Cet accroissement des sols nus et la diminution de la végétation peuvent s'expliquer par la diminution généralisée de la pluviométrie au Sahel, mais aussi et surtout par l'action de l'Homme. Cette dernière correspond au déboisement pour le bois de chauffe mais aussi, à la mise en culture des terres par le défrichage du milieu naturel ; il est ainsi observé à Dogonkiria un accroissement de 90, 54% des surfaces de culture pendant la période de 1973 à 2018 (Ozer et Erpicum., 1995; Boubé *et al.*, 2011 ; Favreau *et al.*, 2009 ; Leblanc *et al.*, 2007 ; Cappelaere *et al.*, 2009) [21, 3, 11, 14, 5]. La même tendance est observée plus à l'ouest à Niamey, où A. A. Touré, (2010) a justifié la disparition totale de la brousse tigrée au profit des sols nus sur les plateaux aux alentours de Niamey (capital du Niger) par la consommation du bois domestique en milieu urbain. A Diffa, plus à l'est, la même tendance est observée et justifiée par l'extension des surfaces cultivées et encroutées (Moussa Issaka, 2014) [20]. Dans le Fakara situé à 60 km à l'Est de Niamey, M. Leblanc *et al.* (2007) [14] ont montré que 80 % des terres ont été défrichées et/ou déboisées entre 1950 et 1992 pour l'extension des cultures et les besoins en bois de chauffe (59 % de la végétation des plateaux a été déboisée et 87 % des versants sableux défrichés).

5.2. Dynamique hydro-géomorphologique des mares

La dynamique spatio-temporelle des mares suivie, cartographiquement, a permis de mettre en exergue un

accroissement de la superficie totale des mares de 1973 à 2018 à Dogonkiria. En effet, les mares à Dogonkiria constituent des exutoires des eaux collectées par ruissellement. L'accroissement de leur superficie se justifie, comme démontré dans le degré-carré de Niamey par Favreau (2000) [11], par la diminution du couvert végétal, observée à Dogonkiria pendant cette période, favorable à l'encroûtement des sols et à l'accélération du ruissellement vers des retenues d'eau temporaires ou permanentes qui constituent les mares. La typologie hydro-géomorphologique dégagée des mares à Dogonkiria a permis le suivi cartographique chaque type de mare. Ainsi de 1973 à 2018, les mares de vallées et celles des plateaux n'ont pas connu une même dynamique. Les mares de vallées ont connu une dynamique semblable à celle observée à l'échelle de la localité ou même du Sahel en général (Leblanc *et al.*, 2007) [14]. Il s'agit de l'évolution croissante de leur superficie de 1973 à 2018. Cartographiquement, il est, ainsi, observé une apparition des nouvelles mares mais aussi un élargissement de celles existantes. En effet ces mares de vallées se forment et s'étendent plus facilement. Elles sont formées sur un substratum constitué des formations sablo-argileuses perméables, très vulnérables à la dynamique hydrique (Abdou., 2017). Cette nature sablo-argileuse du substratum et la pente sur un milieu où le couvert végétal en diminution, ont rendu plus facile leur connectivité et ont augmenté leur capacité de stockage à travers l'élargissement et l'approfondissement de leur lit (Mamadou, 2010 ; Moussa Issaka, 2014) [12, 20] mais aussi ont favorisé l'infiltration des eaux vers la nappe. Les mares de plateaux quant à elles ont connu un accroissement de leur superficie de 1973 à 2000. Cet accroissement est dû, comme observé cartographiquement, à l'apparition des nouvelles mares sur ces plateaux pendant cette période intermédiaire. L'apparition de ces mares, peut malgré la faiblesse de la pente, être favorisée par la disparition et ou la réduction de la brousse tigrée sur un substratum grès-argileux favorable à la rétention des eaux. (Desconnets *et al.*, 1997) [9] dans ses travaux de thèse a confirmé l'hypothèse d'une forte imperméabilité du matériau ferrugineux compact et continu de la mare de Bazanga qui est une mare de plateau à cuirasse ferrugineuse. Cette forte imperméabilité de ces mares leur confère un pouvoir de rétention d'eau plus important par rapport aux mares de vallée qui se vident et s'élargissent plus rapidement au profit de la nappe (Favreau., 2000) [11]. Mais de 1973 à 2018, une stabilité généralisée des mares de plateaux est observée. Cette dynamique singulière peut être liée à la nature de leur substratum du Continental terminal (Ct) beaucoup moins vulnérable au creusement dû par la dynamique hydrique et à la faiblesse de la pente faible aux sommets des plateaux.

6. Conclusion

Le Commune de Dogonkiria, a subi des changements environnementaux importants pendant la période 1973 à 2018. La télédétection satellitaire a permis de mettre évidence ces changements. La végétation naturelle a connu une régression importante de sa superficie au profit des unités superficielles de cultures, des sols nus et des mares qui elles ont connu un accroissement de leur superficies. La typologie hydro-géomorphologique des mares a permis de mettre en évidence la dynamique variée entre les mares de plateaux dont leurs superficies sont restées quasi-constante pendant la période de 1973 à 2018 et les mares de vallées

qui elles sont restées dans une dynamique croissante de leurs superficies.

Toutes ces dynamiques mises en évidence à Dogonkiria, accentuant la compétition sur les ressources terres et eaux avec l'augmentation de la population, peuvent aboutir à des conflits.

7. Références

1. Abdourhamane TA, Guillon R, Garba Z, Rajot J-L, Petit C, Bichet V *et al.* Evolution des paysages sahéliens au cours des 6 dernières décennies dans la région de Niamey : de la disparition de la brousse à l'encroûtement de surface des sols. Pangea, Volume Spécial juin/décembre 2010,35-40.
2. Amoussou E, Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe. fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Phd thesis. Université de Bourgogne, France 2010;313 p.
3. Boubé M, Ambouta J-MK, Saley K, Ali M, Mahamane S, Zamah AM *et al.* Etat de dégradation de l'habitat de la girafe (*Giraffa camelopardalis peralta* Linnaeus, 1958) au Niger. *Sécheresse* 2011;22:57-64.
4. Bouzou MI, Réponses géomorphologiques à la problématique de la conservation des eaux et des sols au Niger. Rapport de synthèse HdR, Institut de Géographie Alpine, Université Joseph Fourier, Grenoble 2000 ; 193p.
5. Cappelaere C, Descroix L, Lebel T, BOULAIN N., RAMIER D., LAURENT Jean-Pierre *et al.* The AMMA Catch observing system in the cultivated Sahel of South West Niger- Strategy, Implementation and Site conditions. *Journal of Hydrology* 2009;375(1-2):34-51.
6. Casenave A, Valentin C, Influence des états de surface sur l'infiltration en zone sahélienne. In: Niamey Worksop on Soil Water Balance in Soudano-Sahelian Zone. IAHS Publ. n°199. Niamey 1991;99-108.
7. Chamard Ph.C., Courel M.F, La forêt sahélienne menacée. In *Sécheresse*. 1999;10:11-18.
8. Desconnets J-C, Typologie et caractérisation hydrologique des systèmes endoréiques en milieu sahélien (Niger-degré carré de Niamey) 1994;199-215.
9. Desconnets J-C, Taupin J.D, Lebel T, Leduc C. Hydrology of the Hapex-Sahel Central super-site: surface water drainage and aquifer recharge through the pool systems. *Journal of Hydrology* 1997;188-189:155-178.
10. Descroix L, Mamadou I, Moussa MA, Bachir A, Moussa IB, Le Breton E. Etat des lieux et proposition de restauration des sols sur le BV de Tondi Kiboro à titre expérimental. Colloque International de Port-au-Prince (Haïti) 2009b;19-24 octobre 2009,8p.
11. Favreau G, Caractérisation et modélisation d'une nappe phréatique en hausse au Sahel: dynamique et géochimie de la dépression piézométrique du kori de Dantiandou (Sudouest du Niger). PhD thesis. Université de Paris XI. France 2000;258p.
12. Lebel T, Ali B, Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990 2007). *Journal of Hydrology*. 2009;375:52-64.
13. L'hôte Y, Mahé G, Somé B, Triboulet J-P. Analysis of a sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000; the drought continues. In *Hydrological Sciences Journal*, 2002;47(4):563-572.
14. Leblanc M, Favreau G, Massuel S, Tweed S, Loireau M, Cappelaere B. Land clearance and hydrology change in the Sahel: SW Niger. *Global and Planetary Change* 2007;61:135-150.
15. Loireau M, Espaces, ressources, usages: spatialisation des interactions dynamiques entre les systèmes sociaux et les systèmes écologiques au Sahel nigérien. PhD thesis, Montpellier III University, France 1998;122p.
16. Loireau M, D'herbes J-M, Delabre E, Evolution et place de la jachère à travers une analyse spatiale des interactions ressources-usages au Sahel agro-pastoral nigérien. In : *La jachère en Afrique Tropical*, Floret, Ch et Pontanier, K. Eds John Libbey Eurotext, Paris 2000;32-42.
17. Mahé G, Paturel J-E, 1896- 2006 Sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers. *Comptes Rendus Geoscience* 2009;34(7):538-546.
18. Mallam AM, Approche méthodologique pour la constitution d'une base de données pour la surveillance des systèmes hydro géomorphologiques du bassin de Kori Dantiandou (Degré carré de Niamey). Mémoire de DEA géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université Abdou Moumouni de Niamey 2007;P17-38.
19. Mamadou I, La dynamique accélérée des koris de la région de Niamey et ses conséquences sur l'ensablement du fleuve Niger. Thèse de Doctorat Université Abdou Moumouni (Niger) -Paris 1 (France) 2012;290pages.
20. Moussa IA, Dynamiques érosives et des états de surfaces dans la partie Nigérienne du bassin du lac Tchad. Thèse de doctorat. Université Abdou Moumouni de Niamey. Faculté des sciences et techniques 2014;168p.
21. Ozer P, Erpicum M, Méthodologie pour une meilleure représentation spatio-temporelle des fluctuations pluviométriques observées au Niger depuis 1905. *Sécheresse* 1995;6:103-108.