



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Dynamique d'occupation et d'utilisation des sols et la hausse de la nappe dans la basse vallée du Dallol Maouri

Rabilou Abdou Mahaman,

Yahaya Nazoumou,

Département de Géologie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Guillaume Favreau,

IGE, Université Grenoble Alpes, IRD, CNRS, Grenoble-INP, Grenoble,
France

Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Niamey, Niger

Boukari Issoufou Ousmane,

Département de Géologie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n14p162](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n14p162)

Submitted: 21 February 2022

Accepted: 23 March 2022

Published: 30 April 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Abdou Mahaman R., Nazoumou Y., Favreau G., & Issoufou Ousmane B., (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 (14), 162.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n14p162>

Résumé

L'état de surface de la zone sahélienne a subi plusieurs mutations ces dernières années suite au changement climatique et aux activités anthropiques, ce qui amplifie les événements extrêmes. L'analyse de la dynamique d'occupation et d'utilisation des sols s'avère un outil excellent pour renforcer la résilience de la population. L'état de surface de la basse vallée du Dallol Maouri, qui constitue un affluent fossile du fleuve Niger, a subi plusieurs modifications depuis les années 70. L'objectif de cet article est d'évaluer l'impact de la dynamique d'occupation des sols sur la hausse du niveau piézométrique de la nappe libre de la basse vallée du Dallol Maouri. L'analyse de la dynamique d'occupation et d'utilisation des sols montre une nette régression de la classe de savanes arborées et arbustives, et nette progression de mosaïque cultures-jachères. La classe des savanes arborées et arbustives, qui était largement représentée dans cette région, a perdu 61 % de sa superficie en 42 ans, soit 38 000 ha de 62 000 ha qu'elle représente en 1973. La progression importante des mosaïques cultures jachères et de sols nus et

habitats, montre l'emprise des activités anthropiques telles que l'agriculture extensive et urbanisation. Le suivi de l'évolution de la nappe libre de la zone durant la période étudiée a montré une certaine remontée du niveau piézométrique de 3,4 m sur le plateau, et 1,6 m dans la vallée du Dallol Maouri.

Mots clés : Zone Sahélienne, Hausse de la nappe, modification de l'état de surface

Dynamics of land use and the rise of the water table in the lower valley of Dallol Maouri

*Rabilou Abdou Mahaman,
Yahaya Nazoumou,*

Département de Géologie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Guillaume Favreau,

IGE, Université Grenoble Alpes, IRD, CNRS, Grenoble-INP, Grenoble,
France

Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Niamey, Niger

Boukari Issoufou Ousmane,

Département de Géologie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Abstract

The Sahelian environment zone has undergone several changes in recent years due to climate change and human activities, which amplifies extreme events. The analysis of the dynamics of land occupation and use is an excellent tool for strengthening the resilience of the population. The surface condition of the lower Dallol Maouri valley, which constitutes a fossil tributary of the Niger River, has undergone several modifications since the 1970s. The objective of this article is to assess the impact of the occupation dynamics soils on the rise in the piezometric level of the unconfined aquifer of the lower Dallol Maouri valley. The analysis of the dynamics of land occupation and use shows a clear regression of the class of tree and shrub savannahs, and a clear progression of crop-fallow mosaic. The class of wooded and shrubby savannahs, which was widely represented in this region, has lost 61% of its surface area in 42 years, i.e. 38,000 ha from the 62,000 ha it represented in 1973. The significant progression of mosaic fallow crops and of bare soils and habitats, shows the influence of human activities such as extensive agriculture and urbanization. The monitoring of the evolution of the unconfined aquifer in the area during the period studied showed a certain rise in the piezometric level of 3.4 m on the plateau, and 1.6 m in the Dallol Maouri valley.

Keywords: Sahelian zone, rise in the water table, modification of the surface condition

1. Introduction

Les cartes sur l'occupation et l'utilisation des sols constituent une base d'information efficace aux prises des décisions aux planificateurs et aux aménageurs des territoires (Samaali, 2011). Elles sont utilisées pour le suivi des dynamiques d'ensablement ou l'expansion d'un plan d'eau, mais aussi des forêts classées (ONG Karkara et AFVP, 2004 ; Abdelkrim, 2006 ; Karim, S., et al, 2012 ; Tchibozo et Domingo, 2014). Les cartes d'occupation et d'utilisation des sols sont également utilisées en zone de socle pour caractériser les linéaments traduisant à la surface du sol des structures géologiques (failles et fractures), favorables à générer des bons débits (Mahmood, 1996 ; Gustafsson, 1994 ; Illias et al, 2018). La cartographie d'occupation et de l'utilisation des sols a été employée pour évaluer la recharge des aquifères en hydrogéologie à travers l'analyse de répartition spatiale de végétation et état de surface, ceux qui conditionnent l'évapotranspiration et le ruissellement de surface (Chalifoux et al, 2006).

Au Sahel, plusieurs études récentes ont montré une nette remontée de la nappe suite aux modifications des états de surface (Leduc et al., 1997 ; Favreau et Leduc, 1998 ; Favreau, 2000 ; Leduc et al., 2001 ; Favreau et al., 2002 ; Favreau et al., 2009). Ce phénomène de remontée de la nappe observé sur le degré carré du Niamey, a été expliqué par une modification des états de surface suite aux activités anthropiques, telles que l'agriculture, la déforestation (Favreau et al., 2002 ; Favreau et al., 2009). Ces dernières ont augmenté considérablement le ruissellement et une recharge localisée de la nappe phréatique. La même explication a été avancée pour la remontée de la nappe phréatique de la région de Dosso (Guéro, 2003).

La présente étude expose la dynamique d'occupation et de l'utilisation des sols dans la basse vallée du dallol Maouri, en vue d'analyser l'impact du changement climatique et des activités anthropiques sur les ressources en eau dans la zone d'étude.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1 Contexte hydro-climatique

Affluent fossile de la rive gauche du fleuve Niger, la vallée du dallol Maouri s'étend sur une superficie d'environ de 45 000 Km². La basse vallée du dallol Maouri qui représente l'extrémité sud de ce dallol (**Figure 1**), s'inscrit entre la latitude 11°42' et 12°12' Nord et la longitude 3°20' et 3°40' Sud. Elle constitue la zone la plus au sud et la plus arrosée du pays. La pluviométrie enregistrée dans cette région à la station de Gaya se répartit sur les sept (7) mois de l'année (d'avril à octobre), mais l'essentielle de la pluviométrie se concentre sur les quatre (4) mois (de juin à septembre), qui définissent la

saison pluvieuse de la zone (**Figure 2**). L'analyse des valeurs de l'Indice Standardisé des Précipitations et de la moyenne mobile sur 5ans, sur cette période de 87 ans d'observation, permet de mettre en évidence les fluctuations interannuelles des précipitations dans la zone d'étude. Ainsi, deux périodes sèches ont été identifiées, période comprise entre 1930 et 1935 et celle de 1971-2001. Deux autres périodes humides ont été remarquées entre 1936 et 1970, et de 2002 à 2017, (**Figure 3**).

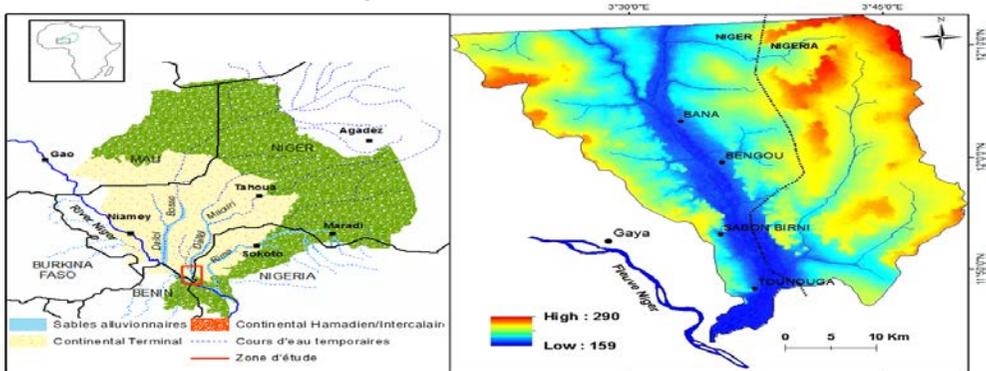


Figure 1: Présentation de la zone d'étude

Avec une pluviométrie annuelle qui varie de 600 à plus de 1000 mm, cette région est classée dans la zone hydro-climatique soudanienne. La température est très variable dans la journée, avec une amplitude thermique qui peut dépasser 14 °C. L'évapotranspiration potentielle est très élevée, avec une moyenne annuelle de 2 360 mm, soit près de trois fois la pluviométrie de la région.

Cette région est caractérisée par de sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés en argiles et sols ferralitiques sur les plateaux, les terrasses du fleuve Niger et sur les placages des versants peu pointus. Les sols hydromorphes sont rencontrés dans les vallées du dallol et du fleuve Niger (Gavaud, 1977). La nappe subaffleurente dans la vallée, devient résurgente dans les bas-fonds du dallol formant un chapelet des mares qui deviennent interconnectées pendant la saison pluvieuse, avec un écoulement vers le fleuve Niger (Abdou Mahaman et al., 2020). Du fait de ses conditions climatiques favorables pour l'agriculture et l'élevage, cette zone d'une superficie de 4044 km² (Dambo, 2007), constitue l'une des régions de plus forte densité démographique du pays. En effet, la population de la zone de Gaya est passée de 164 305 habitants en 1988 à 261 693 habitants en 2012, soit une densité de 65 habitants/km² avec un taux d'accroissement annuel de 3,4% (INS, 2012), ce qui a augmenté considérablement la demande en eau pour les besoins domestiques et agricoles.

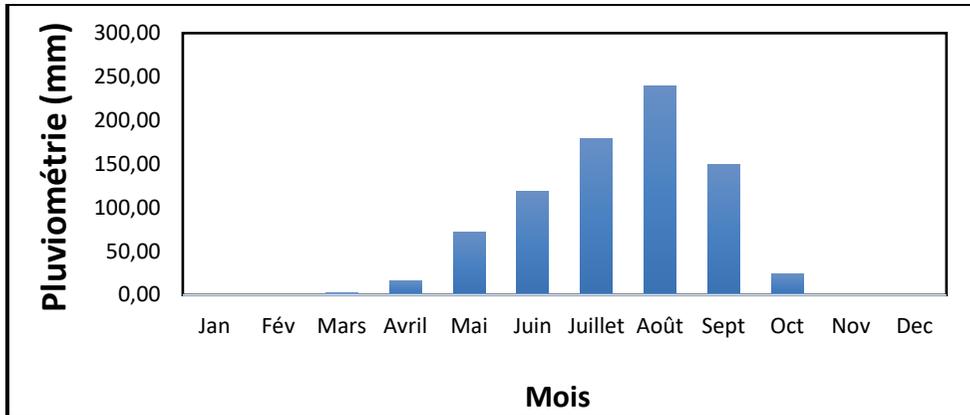


Figure 2 : Pluies moyennes mensuelles de la station de Gaya de 1931 à 2017

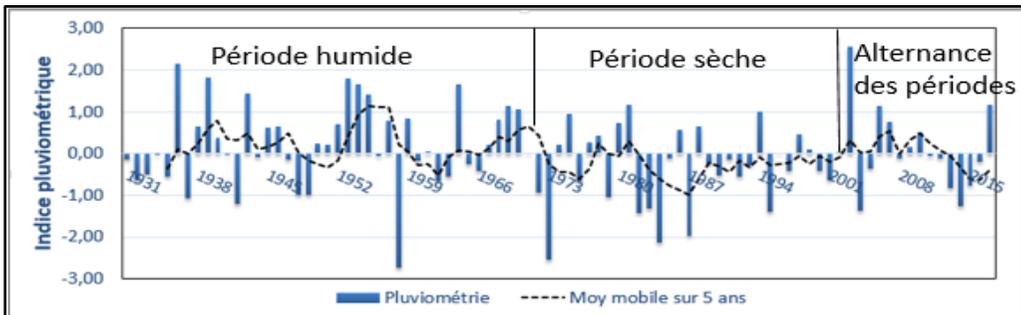


Figure 4: Indice Standardisé des Précipitations et la moyenne mobile de chronique pluviométrique enregistrée à la station de Gaya

2.2 Contexte géologique

Le contexte géologique de la basse vallée du dallol Maouri est caractérisé par des formations alluvionnaires d'âge quaternaire qui affleurent dans la vallée. Sur le plateau, les formations géologiques sont constituées par un ensemble détritique d'âge oligocène, la série sidérolithique de l'Ader Douchi, les sables fins à moyens oolithiques argileux (CT1), les grès argileux du CT3 et les grès à sables du CI/CH (Figure 5).

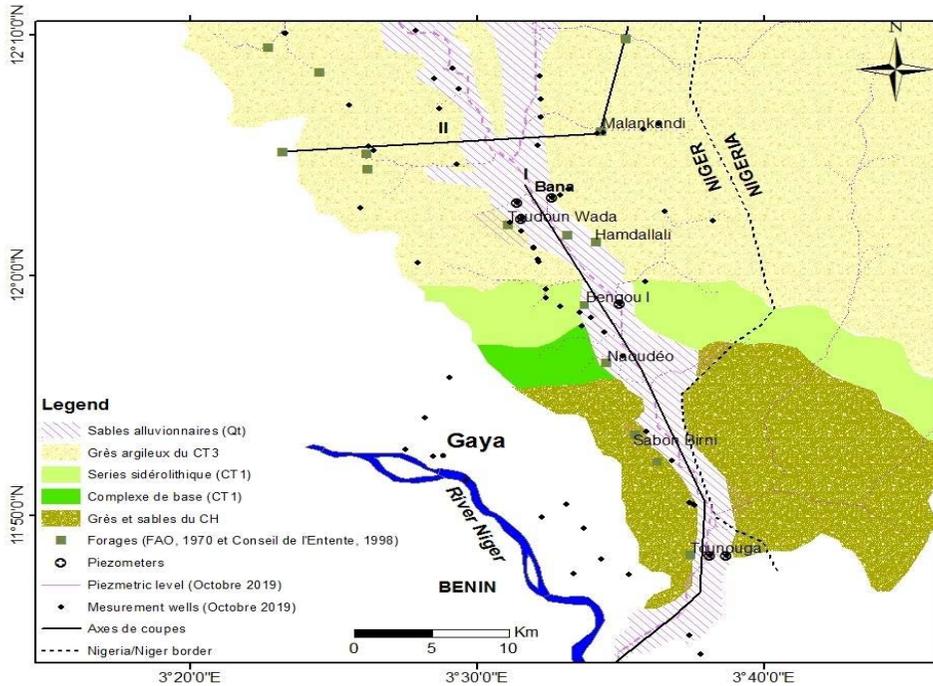


Figure 5: Carte géologique de la zone d'étude (source: BGR/ABN, 2019)

L'analyse litho stratigraphique des formations géologiques du bassin d'Iullemeden dans la basse vallée du Dallol Maouri, montre cette succession lithologique de la base au sommet (**Figures 6 et 7**) :

Les formations du socle précambrien rencontrées par le forage de Bengou à une profondeur de 342 m (**Figure 6**). Cette formation du socle cristallin est constituée principalement de granites altérés et des granites sains. Elle est atteinte au nord de la zone d'étude, par exemple à Dosso à une profondeur de 375 m (Abdou Mahaman et al., en cours).

Dépôts continentaux du Crétacé Supérieur (Continental Hamadien), Cette formation affleure dans l'extrémité sud de la basse vallée du dallol Maouri entre Sabon Birni et fleuve Niger et le long du fleuve Niger de Tounouga jusqu'à l'ouest Gaya sur une trentaine de kilomètres. Le toit du continental hamadien est atteint à une profondeur de 134 m au droit du forage de Dioundou, (FAO, 1970) au nord de la zone d'étude, et subaffleure sous les alluvions à partir de Toudou Wada (Bana), jusqu'au fleuve Niger (**Figure 6**). Cette formation est constituée par des alternances des sables moyens à grossiers et des grès fins, moyens à grossiers durs à tendres plus ou moins argileux et des sables fins à moyens plus ou moins consolidés dans le secteur de Bana-Bengou.

La formation marine du Paléocène/Eocène constituée principalement de marnes, de marno-calcaires, et d'argiles grises à blanchâtre, attapulgités dans la partie ouest du dallol Fogha. Elle est atteinte à une profondeur de 111

m par le forage de Dioundou (FAO, 1970) au nord de la zone d'étude, et disparaît sous les alluvions entre Bana et Bengou dans la zone d'étude suivant l'axe du dallol Maouri. L'épaisseur de cette formation est très faible, de quelques mètres à 23 m au droit du forage de Dioundou, mais elle peut atteindre 50 m dans le secteur de Douchi au nord de la zone d'étude.

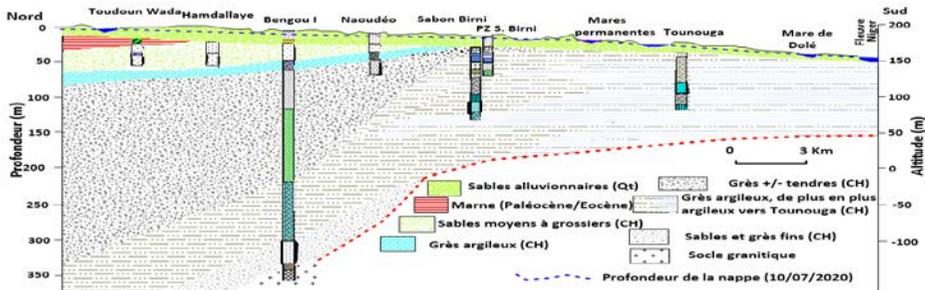


Figure 6: Coupe géologique suivant l'axe de la basse vallée du dallol Maouri (Abdou Mahaman et al., en cours)

Les formations détritiques quartzo-kaolinique à faciès sidérolitique déposées au Tertiaire d'âge post-éocène moyen et ante-quaternaire, le continental terminal est l'équivalent des dépôts continentaux de Gwandu dans la partie nigériane. Cet ensemble est constitué de trois séries litho stratigraphiques (Greigert, 1966) qui sont, de bas en haut (Figure 7):

la série sidérolitique de l'Adar Douchi, qui représente la base du continental terminal (ct₁); la série argilo-sableuse à lignite (Ct₂); les grès argileux du Moyen Niger, constituant le sommet (Ct₃).

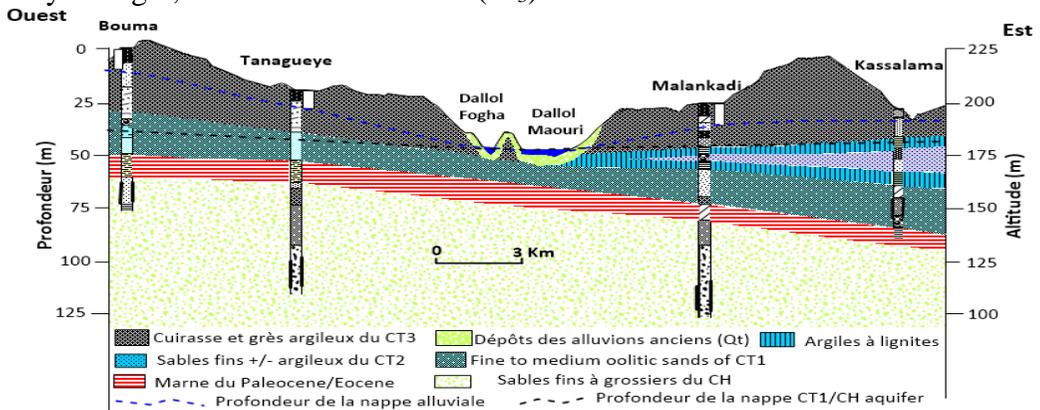


Figure 7: Coupe géologique suivant l'axe transversal de la basse vallée du dallol Maouri, secteur de Bana

Matériel et méthode

3.1 Matériel

Ce sont surtout les données spatiales, c'est-à-dire les images satellitaires dont :

- Une image Landsat MSS, acquise le 1973

- Une image Landsat TM (Thematic Mapper), acquise le 2001
- Une image Landsat ETM+ (Enhancement Thematic Mapper), acquise le 2015

3.2 Méthodologie utilisée

Dans le cadre de ce travail, l'occupation des sols est considérée comme la couverture biophysique (végétation et eau), alors que l'utilisation des sols expose la description du développement de toutes les activités anthropiques de la surface du sol (agricultures, infrastructures et urbanisations). Trois images LANDSAT prises à la fin des saisons pluvieuses (octobre et novembre), étalées sur une période de 42 ans ont été utilisées pour effectuer ce travail. Une première image LANDSAT MSS, quatre (4) canaux avec des pixels qui mesuraient environ 60 m de côté, prise le 17 octobre 1973. La deuxième est une image LANDSAT TM, sept canaux avec une résolution de 30 m, prise le 12 octobre 2001. Et la troisième est une image LANDSAT ETM⁺, sept canaux plus un canal panchromatique de 15 m de résolution, prise le 29 novembre 2015. Cette image a une même résolution que la précédente à l'exception de son canal panchromatique. Toutes ces images ont été interprétées en utilisant la méthode de classification supervisée par le maximum de vraisemblance. La méthodologie adoptée dans le cadre ce travail est structurée en quatre étapes essentielles :

- ✓ La première étape consiste à faire un prétraitement à toutes les images, c'est-à-dire apporté à ces images des corrections atmosphériques, temporelles, géométrique et radiométriques. Cette opération permet de réduire les déformations spatiales et augmenter la réflectance des objets contenus dans les images ;
- ✓ La deuxième étape est relative au choix des canaux, c'est une technique qui permet de faire ressortir les caractéristiques spectrales de toutes les unités (structures ou textures, formes et répartition spatiale) et de rehausser les contrastes de chaque unité.
- ✓ La troisième étape consiste à définir les différentes classes ou unités d'occupation et d'utilisation des sols dans la zone à travers leurs caractéristiques spectrales ainsi que leurs formes géométriques et distributions spatiales.
- ✓ La quatrième étape présente la classification proprement dite.

La classification supervisée par le maximum de vraisemblance constitue la méthode plus performante pour la réalisation des cartes d'occupation et d'utilisation des sols (Larissa, 2013 ; Issa Malam Salmanou et al., 2018). Cette technique a consisté en trois étapes :

- La sélection des zones ou parcelles d'entraînement pour chaque classe dont les signatures spectrales sont connues, elle est faite sur la base des informations acquises sur la zone d'étude ;

- La classification proprement dite, cette étape consiste à extrapoler les signatures spectrales identifiées aux autres éléments de caractéristiques spectrales analogues ;
- La troisième étape présente les rapports statistiques, matrices de confusion permettant de valider les classifications effectuées.

Les cartes issues de cette classification vont être confrontées aux réalités du terrain pour validation.

Pour nos images, les compositions colorées les mieux adoptées sont les suivantes : 4-3-2 pour l'image Landsat MSS de 1973, 4-5-6 pour l'image Landsat TM de 2001 et 6-5-4 pour l'image Landsat ETM⁺ de 2015. Ces compositions font ressortir les réponses spectrales de différentes unités et rehaussent le mieux les contrastes entre ces unités. Sur la base de différentes réponses spectrales, nos connaissances de la zone ainsi que des travaux d'occupation et d'utilisation des sols réalisés dans la région (ME/LCD, 2001 ; Géoconseil, 2013a ; Géoconseil, 2013b), et en tenant compte de l'objectif visé par ce travail, à savoir l'évaluation de la dynamique de la végétation et des activités anthropiques, six classes ont été retenues :

La classe de **savanes arborées/arbustives** qui regroupe les savanes arborées et les savanes arbustives plus ou moins dégradées ;

La classe de **mosaïques cultures jachères** qui regroupe les zones de cultures sous parc arborées au sein et en dehors du dallol et les cultures pluviales en continues ainsi les zones pastorales ;

La classe de **sols nus & habitats** regroupant toutes les surfaces dénudées et les établissements humains ;

La classe de **zones de cultures maraîchères**, regroupant les cultures irriguées, cultures de décrues et cultures maraîchères

La classe de **plans d'eau** ;

Et une classe pour le **fleuve Niger**.

3. Résultats et discussions

4.1 Résultats

La figure et les tableaux présentent les cartes d'occupations et d'utilisations des sols des années 1973, 2001 et 2015 et de leurs rapports statistiques. Ces cartes ainsi que les statistiques tabulaires pour chaque image de l'année étudiée sont représentées ci-après. L'analyse des cartes d'occupation des sols (**Figure 8**) montre deux tendances dans les classes d'occupations des sols dans la zone d'étude. La première tendance est régressive qui affecte la classe des savanes arborées et arbustives (en verte), qui occupaient la majeure partie de la zone d'étude en 1973, ce sont retrouvés en îlots en 2015. De même cette régression a été également remarquée dans la classe de plans d'eau (violet) qui apparaissaient de manière sporadique le long de la vallée de Bana jusqu'à Tounouga en 1973, mais se retrouvées en des petits points en 2015 dans les

bas-fonds de la vallée entre Bana et Bengou. La deuxième tendance est progressive, et concerne les classes de mosaïques cultures jachères (jaune), sols nus et habitats (cyan) ainsi les zones de cultures maraichères, (marron). Toutes ces tendances sont statistiquement évaluées (*tableau 1 & 2*) et (*Figure 9*) dans les statistiques de différentes classes que composent le paysage environnemental de la zone d'étude.

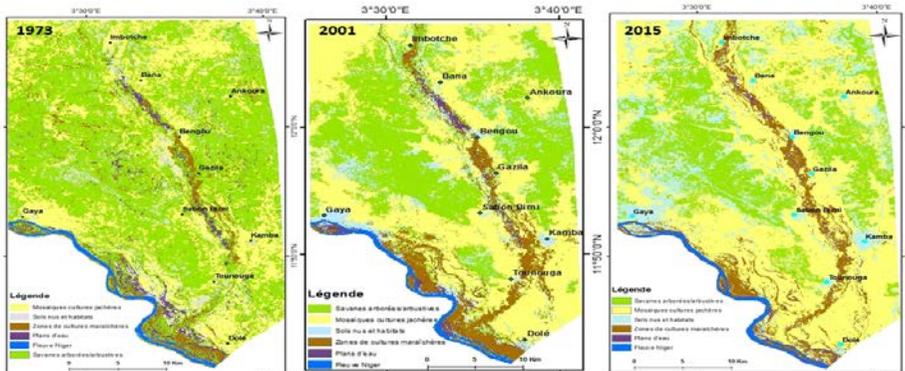


Figure 8: Dynamique d'occupation et d'utilisation des sols de la zone d'étude de 1973 à 2015

La nette progression constatée dans les classes de mosaïques cultures jachères et de sols nus et habitats, soulignent l'importance des activités anthropiques, c'est-à-dire agricultures extensives et l'urbanisation dans la zone d'étude. Les résultats relatifs aux superficies de différentes unités entre les trois périodes étudiées sont résumés dans les deux tableaux suivants (*Tableaux 1 et 2*):

Les abréviations (SA/Ar : Savanes arbustives ; M.C.J : Mosaïques Cultures Jachères ; S.N.H : Sols Nus et Habitats ; Z.C.M : Zones de Cultures Maraichères ; P.E : Plan d'Eau ; F.N : Fleuve Niger)

Tableau 1: Etat et évolution des superficies des classes d'occupations des sols dans la zone d'étude

Classes OS	1973		2001		2015		Ecart 73-2001		Ecart 01-2015	
	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%
SA/Ar	62 000	56	36 500	33	25 000	23	-25 500	-23	-11 500	-10
M.C.J	31 000	28	50 000	45	58 000	52	19 000	17	8 000	7
S.N.H	8 000	7	11 500	10	18 000	16	3 500	3	6 500	6
Z.C.M	5 000	5	10 000	9	8 000	7	5 000	4,5	-2 000	-2
P.E	3 000	3	1 500	1	1 000	1	-1 500	1	-500	-0,5
F.N	2 000	2	2 000	2	1 500	1	0	0	-500	-0,5
Total	111 000	100	111 000	100	111 000	100				

Tableau 2: Etat et évolution des superficies des classes de 1973 à 2015

Classes OS	1973		2015		Ecart 1973-2015	
	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%
SA/Ar	62 000	56	25 000	22	-37 000	-33
M.C.J	31 000	28	58 000	52	27 000	24
S.N.H	8 000	7	18 000	16	10 000	9
Z.C.M	5 000	5	8 000	7	3 000	3
P.E	3 000	3	1 000	1	-2 000	-2
F.N	2 000	2	1 500	1	-500	-0,5
Total	111 000	100	111 000	100		

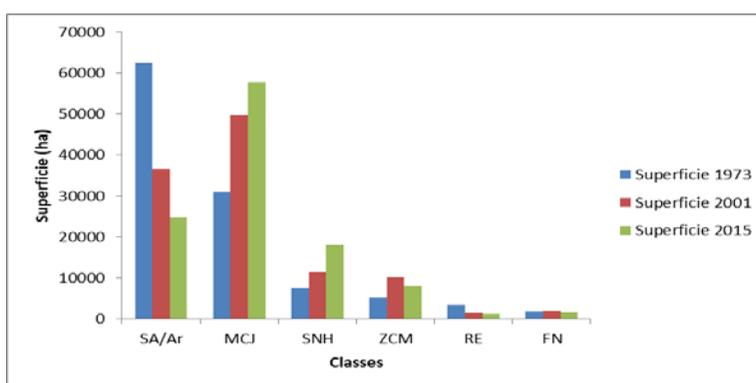


Figure 9 : Evolution des superficies de classes d'occupations des sols de 1973 à 2015

4.2 Discussions

4.2.1 Dynamique d'occupation et de l'utilisation des sols dans la zone d'étude

Les statistiques d'occupation des sols confirment les tendances soulignées ci-haut. En effet, les savanes arborées et arbustives qui occupaient 62 000 ha en 1973, soit 56 % de la superficie totale de la région, sont passées à 36 500 ha en 2001, pour atteindre 25 000 ha en 2015, soit des pourcentages respectifs de 33 % et 22 % par rapport à la superficie totale de la région, (*Tableau 2*). Cela montre une perte pour la classe des savanes arborées et arbustives de 37 000 ha soit 33% de la superficie de la zone d'étude durant la période étudiée. Les espaces perdus par cette classe ont été essentiellement occupés par la classe de mosaïques cultures jachères, qui étaient de 31 000 ha en 1973, soit 28 %, mais cette classe a vu sa superficie passée à 50 000 ha en 2001 puis 58 000 ha en 2015, ce qui correspond à une augmentation de 27 000 ha. Cette progression est également très remarquable dans la classe de sols nus et habitats qui a vu sa superficie passée de 8 000 ha en 1973 à 11 500 ha en 2001, puis 18 000 ha en 2015, soit une augmentation de 10 000 ha en 42 ans. Les classes de zones de cultures maraichères et de retenues d'eau ont

également enregistré des changements durant la période d'étude. La superficie de la première classe qui était de 5 000 ha en 1973, est passée à 10 000 ha en 2001 avant de revenir à 8 000 ha en 2015. De même le plan d'eau a vu sa superficie rétrécie de 3 000 ha en 1973 à 1 500 ha en 2001 puis 1 000 ha en 2015, soit 2 % de la superficie de la zone étudiée. Ces statistiques d'occupations des sols dans la zone d'étude, ont montré que toutes les classes ont suivi à des degrés différents des changements durant la période étudiée. Les causes de ces changements sont d'ordre climatique et anthropique. En effet, depuis les années 1970, l'Afrique de l'Ouest connaît des changements hydrologiques majeurs caractérisés par une baisse des précipitations (Mahé et al, 2005). Cette baisse a eu pour conséquences la dégradation de la classe de savanes arborées et arbustives. A ces phénomènes naturels, viennent s'ajouter des activités anthropiques menées par l'homme et qui contribuent significativement à modifier l'état du milieu naturel. Cette région constitue la partie la plus arrosée du pays, jusqu'à 1000 mm par an et présente des conditions favorables pour l'agriculture et l'élevage. Parallèlement les fertilités des terres de la vallée, la présence de l'eau à faible profondeur, les pâturages abondants ainsi que les sels du dallol Fogha, ont fait de cette zone un atout pour la pratique de l'agriculture et de l'élevage. Du fait de ces conditions, cette région de 4044 km² (Dambo, 2007) connaît une forte pression démographique soldée par une forte modification au sein des classes environnementales. En effet, la population des départements de Gaya et de Dioundou est passée de 164 305 habitants en 1988 à 253 444 habitants en 2001 avant d'atteindre 371 347 habitants en 2012 (INS, 2012). Cet accroissement de la population a eu pour conséquences la déforestation du milieu naturel pour l'extension des terres cultivables, l'augmentation des sols nus et habitats par l'extension des villes et des villages de la région, ainsi que l'exploitation des bois de chauffe pour le ravitaillement des centres urbains comme Dosso, Gaya et même Niamey, comme nous confirme l'évolution de ces classes. L'augmentation considérable des zones de cultures maraîchères de 1973 à 2001 est les résultats des efforts consentis par l'Etat pour le développement de l'irrigation dans la zone dans les années 80 à 90, à travers plusieurs programmes et projets (ONAHA, 1978 ; ANPIP, 1993 ; DGAHA, PIDM, 1991 ; ASAPI ; PADIP ; PPIP ; etc....). Les diminutions de cette classe et la classe des plans d'eau de 2001 à 2015, soulignent l'ampleur de l'ensablement suite à la diminution flagrante du couvert végétal. Il faut également souligner que la baisse des fertilités des terres cultivées, engendrent une extension importante de la classe de mosaïques cultures et jachères dans la zone d'étude pour compenser les rendements.

4.2.2 Remontée de la nappe comparée aux périodes de changement de l'état de surface

Les données piézométriques qui datent de réalisation de certains piézomètres ont été collectées, et comparées aux données récentes pour apprécier l'évolution libre dans la zone d'étude. La **figure 9** montre les fluctuations saisonnières de la piézométrie au niveau de ces piézomètres. Les amplitudes piézométriques pouvant atteindre 0,7 m sont enregistrées dans la zone d'étude entre 1991 et 1998 où les pas de temps de mesure sont généralement trimestriels.

La comparaison des données antérieures qui datent de 1969, avec les données récentes (2005 à 2020) montre une certaine hausse générale de la nappe libre de la zone d'étude. Cette hausse de la nappe est très variable dans le temps et dans l'espace de la zone d'étude.

Dans la vallée où la profondeur de la nappe est très faible, 0 à 5 m (piézomètres qui captent les alluvions), la hausse observée est relativement très faible. Le niveau de la nappe mesuré à 3,74 m au niveau du piézomètre Bengou P23 (02/05/1969), a été remesuré à 3,47 m sur le même site (04/05/1989). Cela montre une hausse de la nappe de 26 cm sur 20 ans. Le niveau de la nappe mesuré au niveau du même piézomètre était de 3,03 m (01/09/1989) alors qu'il était de 1,85 m (20/09/2005) soit une remontée de 1,18 m sur une période de 16 ans. La comparaison du niveau mesuré le (19/07/2005) qui est de 2,94 m avec celui mesuré le (09/07/2020) qui est de 2,73 m, montre également une hausse de 21 cm du niveau de la nappe sur une période de 15 ans. Sur l'ensemble de période étudiée, une hausse du niveau de la nappe de 1,65 m est observée depuis 1969 soit une hausse relativement timide de 3 cm/an. Cette hausse relativement timide a été également constatée au niveau du piézomètre de Bengou P21 et celui de Sabon birni qui captent tous des formations alluvionnaires.

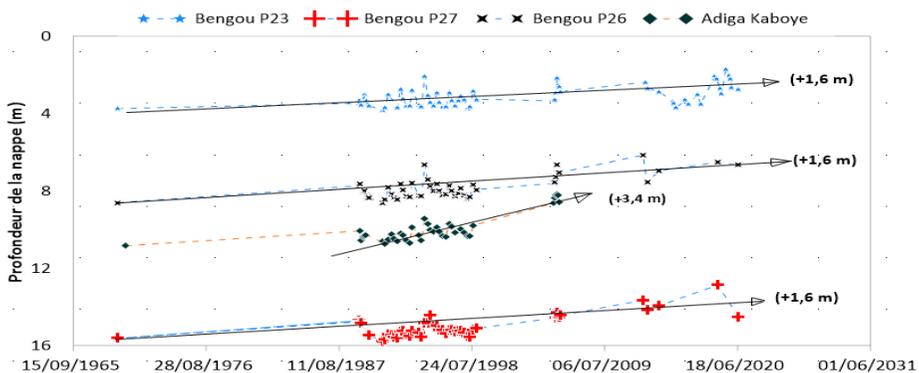


Figure 9 : Points de suivi piézométrique présentant des hausses piézométriques

Dans la vallée où la profondeur de la nappe se situe aux environs de 10 m (piézomètres qui captent les formations de sables moyens à grossiers du Continental Hamadien), la remontée de la nappe a été également observée. Au niveau du piézomètre de Bengou P27 qui est crépiné entre 28 et 30 m et capte

les sables fins à grossiers du Continental Hamadien, la profondeur de la nappe était mesurée à 15,62 m (12/05/1969). La mesure du (01/05/1989) était de 14,72 m soit une remontée de 0,9 m sur une période de 20 ans. La profondeur de la nappe sur ce site a été mesurée à 15,27 m (01/09/1989) alors qu'elle était de 14,57 m (20/09/2005) soit une hausse de la nappe de 0,7 m sur 16 ans. La période de 2005 à 2020, enregistre une hausse très faible. Ainsi le niveau de la nappe était de 14,55 m (19/07/2005), alors qu'il était mesuré à 14,50 m (09/07/2020), soit une remontée très faible de 5 cm sur une période de 15 ans. Sur l'ensemble de la période étudiée, c'est-à-dire de 1969 à 2020, la nappe libre du Continental Hamadien dans le secteur a subi une remontée similaire à la nappe alluvionnaire de la vallée de 1,65 m sur 51 ans d'observation. Cette hausse relativement timide de la nappe libre du Continental Hamadien est également observable au niveau des piézomètres de Bengou P26, Bengou P28 qui captent la même formation.

Sur le plateau du secteur de Bana, le piézomètre Adiga Kaboye enregistre également une certaine hausse du niveau de la nappe depuis 1969. La profondeur de la nappe mesurée le (09/01/1970) était de 10,84 m, alors qu'elle a été mesurée à 10,42 m (01/01/1990), soit une hausse de 0,42 m sur 20 ans d'observation. La mesure faite au niveau de ce piézomètre était de 10,56 m (06/1989) et de 8,34 m (06/2005) soit une remontée de 2,22 m sur une période de 15 ans d'observation. De 2005 à 2012, la nappe continue à enregistrer une hausse moins prononcée par rapport à la période précédente. Ainsi la profondeur était mesurée à 8,17 m (10/10/2005) et à 7,39 m (10/11/2012) soit une remontée de 0,78 m sur 7 ans d'observation. Sur l'ensemble de la période d'observation, dans cette zone qui est situé au nord de la zone d'étude, la nappe phréatique a subi une hausse de 3,42 m correspondant à une remontée annuelle de 8 cm/an.

On remarque une tendance à la hausse du niveau de la nappe sur l'ensemble de la zone d'étude avec des vitesses moyennes de hausses très variables. En effet, dans la vallée, la vitesse moyenne de la hausse de la nappe varie de 1 cm/an de 1969 à 1989, à 8 cm/an de 1989 à 2005, avant de descendre à 1,5 cm/an de 2005 à 2020. De même sur le plateau, la vitesse moyenne de la hausse du niveau de la nappe est très variable selon la période considérée. Elle est de 2 cm/an de 1970 à 1989, de 14 cm/an de 1989 à 2005 et de 11 cm/an de 2005 à 2012.

On constate que l'essentielle de la hausse de la nappe dans la basse vallée du dallol Maouri, est produite dans la période 1989-2005, avec 64 % sur le plateau et 72 % dans la vallée. Ce phénomène de remontée de la nappe déjà observé sur le degré carré du Niamey, a été expliqué par une modification des états de surface suite aux activités anthropiques, telles que l'agriculture, la déforestation. Ces dernières ont augmenté considérablement le ruissellement et une recharge localisée de la nappe phréatique (Leduc et al., 2001 ; Favreau

et al., 2009). La même explication a été avancée pour la remontée de la nappe phréatique de la région de Dosso (Guéro, 2003). Ces explications restent valables dans la basse vallée du dallol Maouri où l'extension des mosaïques cultures-jachères atteint 50 % de la superficie totale de la région en 2015 contre 18 % en 1973. Ce phénomène a amplifié le ruissellement et l'accumulation de l'eau dans des dépressions topographiques avant leur infiltration massive dans la nappe.

Conclusion

Les résultats cartographiques et statistiques de cette étude ont montré une régression flagrante de la classe des savanes arborées et arbustives au profit des mosaïques cultures jachères et sols nus et habitats. La classe des savanes arborées et arbustives, qui était largement représentée dans cette région, a perdu 60 % de sa superficie en 42 ans, soit 37 000 ha de 62 000 ha qu'elle représente en 1973. La progression importante des mosaïques cultures jachères et de sols nus et habitats, montre l'emprise des activités anthropiques telles que l'agriculture extensive et urbanisation (extension des villages). La dégradation importante du couvert végétal amplifie le ruissellement et alimente les mares. La nappe phréatique a subi une hausse de 3,4 m sur une période de 50 ans, malgré des années de sécheresse qu'avait connues la zone sahélienne.

References:

1. Abdelkrim, B., (2006). SIG et Télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : Cas de la Wilaya de Naâma (Algérie) ; *Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier-Grenoble 1, (2006) 319p.*
2. Abdou Mahaman R., Nazoumou Y., Favreau G., Issoufou Ousmane B., Boucher M., Taylor R.G., Lawson F.M.A., Abdou Babaye M.S., Guero A., Legchenko A., (2020). Estimation par méthodes géophysiques du flux souterrains des aquifères du bassin des Iullemeden vers le Fleuve Niger via une vallée quaternaire, *12^{ème} Colloque GEOFCAN, 9 et 10 mars 2020, Grenoble.*
3. BGR/ABN., (2019). Geological map of the transboundary region Benin, Niger and Nigeria. Sedimentary basins: Southern Iullemeden, Kandi and Sokoto. *Technical rapport N°5, (2019), 148pp.*
4. Chalifoux, S., Nastev, M., Lamontagne, C., Latifovic, R., Fernandes, R., (2006) Cartographie de l'occupation et de l'utilisation des sols par imagerie satellitaire LANDSAT en hydrogéologie ; *Télédétection Vol. 6, n°1, (2006), p.9-17.*
5. Dambo, L., (2007). Usage de l'eau à Gaya (Niger) : entre fortes potentialités et contraintes majeures ; *thèse de doctorat à l'université*

- de Lausanne ; (2007), 424p.*
6. FAO. (1970). Etude en vue de la mise en valeur des dallol Bosso et Maouri : Les eaux souterraines, *rapport final, (1970), 98pp plus annexes*
 7. Favreau, G., Leduc, C., (1998). Fluctuations à long terme de la nappe phréatique du Continental Terminal près de Niamey (Niger) entre 1956 à 1997. *Water Ressources Variability in Africa during the XXJh CenJury (Proceedings of the Abidjan'98 Conference 253 held at Abidjan Côte d'Ivoire, Novembre 1998). IAHS Publ. no. 252, 1998.*
 8. Favreau, G., (2000). Caractérisation et modélisation d'une nappe phréatique en hausse au Sahel : dynamique et géochimie de la dépression piézométrique naturelle du kori de Dantiandou (sud-ouest du Niger). *Th. : Sci. de La Terre, Université Paris-Sud 11 : Orsay, (2000), 348p.*
 9. Favreau, G., Leduc, C., Schroeter, P., Replay to comment 'Long-term rise in the Sahelian water-table : the Continental Terminal in South-West Niger' by Leduc, C., Favreau, G., Schroeter, P., (2001). *Journal of Hydrology, 243, 43-54. Journal of Hydrology 255 (2002) 263-265. PII:S0022-1694(01)00517-0.*
 10. Favreau, G., Cappelaere, B., Massuel, S., Leblanc, M., Boucher, M., Boulain, N., and Leduc, C., (2009). Land clearing, climate variability, and water resources increase in semiarid southwest Niger: A review, *Water Resour. Res., 45, (2009), W00A16, doi:10.1029/2007WR006785.*
 11. Gavaud, M., (1977). *Les grands traits de la pédogénèse au Niger Méridional. Paris, rapport ORSTOM N°76 ; (1977), 106p.*
 12. Greigert, J., (1966). *Description des formations crétacées et tertiaires du bassin des Iullemeden (Afrique Occidentale). Rapport BRGM ; (1966), 229 p.*
 13. Géoconseil, (2013a). Cartes d'occupation des sols situation de 2010, de toutes les communes du département de Gaya.
 14. Géoconseil, (2013b). Carte d'occupation des sols du département de Gaya, situation 2010.
 15. Guéro, A., (2003). *Etude des relations hydrauliques entre les différentes nappes du complexe sédimentaire de la bordure Sud-Ouest du bassin des Iullemeden (Niger) : Approches géochimique et hydrodynamique. Thèse de doctorat à l'université de Paris Sud, (2003), 257p.*
 16. Gustafsson, P., (1994). Spot satellite data for exploration of fractures aquifers in a Semi arid Area in Southern of Botswana. *Applied hydrogeology. Vol. 2, n°2, p.9-18.*
 17. Illias, A., Abdou, B. M. S., Sandao, I., Saley, M. B., Ousmane, B.,

- (2018). Apport des images ETM+ et du Modèle Numérique de Terrain (MNT) à la cartographie des fractures en région montagneuse : Secteur de Timia (Massif de l'Aïr, Nord du Niger) ; *European Scientific Journal, Vol.14, No.9 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431*
18. INS, (2012). Présentation des résultats préliminaires du 4^{ème} Recensement Général de la Population et de l'Habitat au Niger (RGPH/2012), 10p.
 19. Karim Saley, M. Zaman Allah, Boubé Morou, A. Mahamane and M. Saadou, (2012). Land Cover/Use Dynamics and Vegetation Characteristics in the Rural District of Simiri (Tillabery Region, Niger), *The Functioning of Ecosystems, Prof. Mahamane Ali (Ed.), ISBN: 978-953-51-0573-2, InTech*
 20. Larissa, E. A. E., (2013). Approche géomatique pour la délimitation des périmètres de protection autour des ressources en eau de surface destinées à la consommation : cas de la retenue d'eau de Gagnoa (centre-ouest de la Côte d'Ivoire) ; *Thèse de doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny, 180p.*
 21. Leduc, C., Bromley, J., Schroeter, P., (1997). Water table fluctuation and recharge in semi-aride climat : some results of the HAPEX-Sahel hydrodynamic survey (Niger). *Journal of Hydrology 188-189 (1997) 123-138.*
 22. Leduc, C., Favreau, G., Schroeter, P., (2001). Long terme rise in the Sahelian water-table : The Continental Terminal in South-West Niger. *Journal of Hydrology, 243, (2001) 43-54.*
 23. Mahé, G., Olivry, J.C., Servat, E., (2005). Sensibilité des cours d'eau ouest-africains aux changements climatiques et environnementaux extrêmes et paradoxes, *Regional hydrological Impacts of climate change-hydroclimatic variability (Proceeding of symposium S6 held during the seventh IAHS Assembly at Foz do Iguaçu, Brazil, April, 2005). IAHS Publ. 296, 2005, pp.169-177.*
 24. Mahmood, A., (1996). Lineaments as groundwater exploration guide in hard-rock terranes of arid region, *Journal canadien de télédétection Vol.22, n°1, p.108-116.*
 25. ME/LCD/DE., (2001). Nomenclature pour la construction de bases de données sur l'occupation des sols au Niger au Sud du 16^{ème} parallèle ; *Rapport final, 69p.*
 26. ONG Karkara et AFVP, (2004). Etude de la dynamique d'ensablement dans le département de Maïné-Soroa, cartographie des situations d'ensablement ; *Rapport final, (2004) 40p.*
 27. Samaali. H., (2011). Etude de l'évolution de l'occupation et de l'utilisation du sol dans le delta de Majerda par télédétection et système d'information géographique ; *Thèse de doctorat à l'Université de*

Tunis, (2011) 391p.

28. Souleymane ISSA MALAN SALMANOU, Issoufou SANDAO, Maman Sani ABDOU BABAYE et Boureima OUSMANE. (2018). Dynamique de l'occupation des sols et l'évolution des mares dans le haut bassin versant de la Korama, Commune rurale de Droum, Région de Zinder, *Afrique SCIENCE 14(4) (2018) 346 – 358*
29. Tchibozo, E.A., Domingo, E. (2014). Occupation du sol et analyse de la structure spatiale des forêts classées : Cas du Dogo-Ketou dans le centre-sud du Benin ; *Revue de géographie du laboratoire de Leïdi, (2014), – ISSN 0851 – 2*