Afrique SCIENCE *14(4) (2018) 346 - 358*
ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.net

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

Souleymane ISSA MALAM SALMANOU[1*], Issoufou SANDAO[1,3], Maman Sani ABDOU BABAYE[2] et Boureima OUSMANE[1]

[1] *Département de Géologie, Faculté de sciences et techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey*
[2] *Département de Géologie, Faculté de sciences et techniques, Université Dan Dicko de Maradi, "UMR SERMUG"*
[3] *Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement, Niamey Niger, BP 2149 Niamey*

* Correspondance, courriel : *souleyissa6@gmail.com*

Résumé

Le haut bassin de la Korama, commune de Droum, région de Zinder, est situé entre 13°23' et 13°48' de latitude Nord, et entre 8°39' et 9°1' de longitude Est. Cette zone, renfermant une importante potentialité en eau souterraine et un écosystème abondant, est soumise depuis quelques décennies à des sècheresses récurrentes, aggravées par une démographie galopante. Aussi, il parait nécessaire d'évaluer l'occupation des sols. L'objectif principal de cette étude est d'analyser quatre images Landsats de 1972, 1986, 2000 et 2014 afin de cerner les éventuels changements survenus au cours de ces périodes. La méthodologie adoptée qui porte sur les corrections radiométriques et géométriques, la classification supervisée par l'algorithme du maximum de vraisemblance des imageries satellitaires et la comparaison des classes de changements de l'occupation des sols a permis d'aboutir aux résultats suivants : La validation des cartes issues des classifications selon les précisions de 90 %, 88 %, 96 % et 98 %, respectivement pour les imageries de 2014, de 2000, de 1986 et de 1972 ; la mise en évidence de l'évolution spatiotemporelle de l'occupation de sol sur la période de 42 ans (1972 - 2014), marquée entre autre par : une augmentation progressive et intensive des zones de cultures et de l'habitat; une réduction drastique de la végétation. L'analyse diachronique met en évidence une augmentation des superficies des mares, dues à l'apparition des nouvelles mares dans la zone d'étude. L'intensification de cultures et la réduction des superficies des steppes peuvent avoir des impacts sur les ressources en eau souterraine de ce bassin.

Mots-clés : *analyse diachronique, classification supervisée, précision globale, coefficient Kappa.*

Abstract

Dynamics of land use and the evolution ponds, in the upper Korama watershed, Droum rural district, Zinder region

The Upper Korama Basin, Droum Commune, Zinder Region, is located between 13° 23' and 13° 48' North Latitude, and between 8° 39' and 9° 1' East Longitude. This area, which has a great potential for groundwater and an abundant ecosystem, has been subjected to recurring droughts for several decades, aggravated by galloping demography. Also, it seems necessary to evaluate the land use. The main objective of this study is to analyze four Landsat images from 1972, 1986, 2000 and 2014 to identify possible changes during these

periods. The adopted methodology which deals with radiometric and geometric corrections, the classification supervised by the maximum likelihood algorithm of the satellite imagery and the comparison of the classes of changes of the occupation of grounds made it possible to reach the following results : The validation of the maps resulting from the classifications according to the specifications of 90 %, 88 %, 96 % and 98 %, respectively for the images of 2014, 2000, 1986 and 1972; highlighting the spatial and temporal evolution of land use over the 42-year period (1972 - 2014), marked inter alia by: a gradual and intensive increase in cultivation and habitat areas; vegetation. The diachronic analysis shows an increase in the areas of the pools, due to the appearance of new pools in the study area. Intensification of crops and reduction of steppe areas may have impacts on the groundwater resources of this basin.

Keywords : *diachronic analysis, supervised classification, global accuracy, Kappa coefficient.*

1. Introduction

Le haut bassin de la Korama, commune de Droum/région de Zinder, dispose d'importantes ressources en eau de surface et souterraine. Au cours de ces dernières décennies, cette région a été affectée par des sècheresses récurrentes qui ont eu des impacts négatifs sur son écosystème. Par ailleurs, la région a connu une démographie galopante ayant eu pour corolaire une extension des zones de cultures et de l'habitat et des actions anthropiques qui ont été très dévastatrices sur l'écosystème. Compte tenu du fait que plusieurs auteurs [1 - 4] ont montré l'impact de l'utilisation et de l'occupation de sol sur les ressources en eau. De même, il a été mentionné des modifications sur le comportement hydrologique de bassin en terme physiques, chimiques et biologiques [4]. Par ailleurs, il a été démontré que le changement de l'occupation du sol a une incidence directe sur la ressource en eau à travers l'évolution physique du sol (rendements de captage, taux d'infiltration, réserves du sol), l'évaporation et l'interception de l'eau par la végétation [3]. Les pertes d'eau par évapotranspiration sur un sol couvert de végétation permanente sont bien entendu supérieures à celles du sol nu, de 420 à 590 mm environ selon les régions et les types de sols [4]. Les effets potentiels du changement de l'occupation du sol et du changement climatique ne sont pas limités à la quantité, ils peuvent avoir de graves répercussions sur la qualité de l'eau des cours d'eau et des réservoirs dans le bassin versant [4]. Ainsi, on peut citer l'insuffisance de la connaissance de la recharge des eaux souterraines liées aux effets de la variabilité de l'occupation des sols sur les composantes souterraines dans notre zone d'étude. Il s'avère nécessaire d'entreprendre donc une étude d'occupation des sols afin de savoir les effets éventuels causés par le changement observé dans le sous bassin sur les ressources en eau. L'objectif principal de cette étude est donc de réaliser une étude de l'occupation de sols dans le sous bassin. Les objectifs spécifiques de ces études sont :

- Traiter les différentes imageries satellitaires portants sur les périodes de 1972, 1986, 2000 et 2014, caractérisées par des fortes variabilités climatiques ;
- Comparer les classes d'occupations de sols pendant ces différentes périodes ;
- Analyser la dynamique de l'évolution de ces différentes classes ;
- Déterminer les impacts de ces changements sur les ressources en eau souterraine et de surface.

2. Présentation de la zone d'étude

La partie du sous bassin versant de la Korama, occupée par la commune de Droum, située au Sud de la région de Zinder dans le département de Mirriah, s'inscrit entre 13°23' et 13°48' de latitude Nord et 8°39' et 9°1' de la longitude Est ***(Figure 1)***. Elle couvre une superficie de 870 km^2, avec une population estimée à 102.306 hbts [5], dont la densité est de 118 hbts/km^2 [6]. L'agriculture constitue la principale activité économique des

populations, avec un degré d'utilisation de sol de près de 93,3 %, soit l'un des plus élevé au Niger [6]. L'élevage occupe la seconde place. Le climat du bassin est de type Nord sahélien, il est caractérisé par deux saisons : une saison des pluies de Juin à Septembre et une saison sèche d'Octobre à Mai. Le module pluviométrique inter annuel sur la période 1921-2014 est de 344 mm. Sur le plan géologique ***(Figure 1)***, la commune est marquée au Nord-est par des formations du Précambrien de Damagaram, comprenant des granites hyperalcalins, des schistes, des micaschistes, des gneiss; à l'Ouest les formations sédimentaires constituées des grès argileux du CI/H et au Sud les alluvions récentes de la Korama, extrémité occidentale du bassin du Lac Tchad. Il existe trois aquifères dans le haut bassin de la Korama, qui sont : l'aquifère de socle du Damagaram, l'aquifère multicouche du CI/H et l'aquifère des alluvions du Quaternaire et des sables récents de Korama.

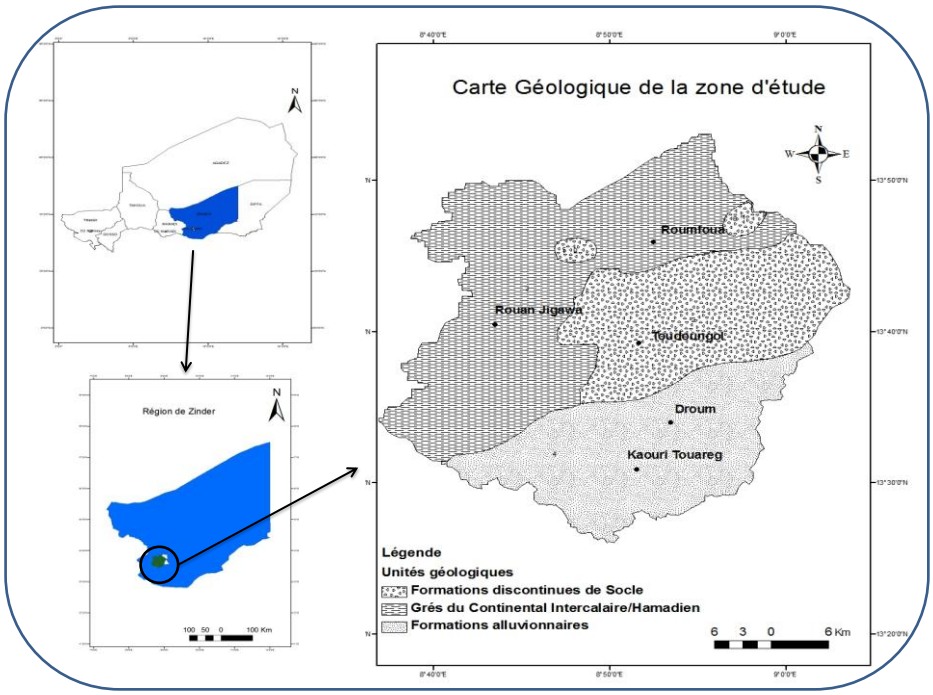

Figure 1 : *Localisation de la zone d'étude*

3. Matériel et méthodes

3-1. Matériel

3-1-1. Données

Les données utilisées dans le cadre de cette étude comprennent :

- Les images satellites issues de capteurs MSS, TM et ETM$^+$ de Landsat. Elles ont été obtenues au niveau du Centre Régional AGHRYMET. Les images disponibles pour la zone d'étude sont celles acquises en Décembre 1972, en Octobre 1986, en Octobre 2000 et en Novembre 2014. Elles ont de résolutions de 30 m pour le capteur TM de 1986 et 2014 et le capteur ETM$^+$ de 2000. Par contre, le capteur MSS de 1972 a une résolution de 57 m ;
- La carte topographique disponible est de 1986, elle est au 1/200000;
- Les coordonnées GPS des échantillons des différentes classes d'occupations de sols collectées en Aout 2015 et Mai 2016 pour servir à de vérités de terrain.

3-1-2. Outils

Les outils utilisés dans le cadre de ce travail sont essentiellement constitués par :

- Les GPS pour la prise de coordonnées géographiques;
- Les différents logiciels : ArcGis et ENVI pour les traitements des images et la cartographie.

3-2. Méthodes

La méthodologie appliquée pour le traitement des images satellites se résume en trois phases essentielles : le prétraitement de données, la classification et la validation.

3-2-1. Prétraitement des images multi-spectrales

Ce sont les opérations préliminaires effectuées dans le but de rendre les images satellites plus lisibles et bien superposables. Celles-ci portent essentiellement sur les corrections géométriques et radiométriques. Il faut noter que les images Landsats (1972; 1986; 2000; 2014) dépassant très largement la superficie de la zone d'étude. Par conséquent, elles ont alors subi un découpage pour pouvoir les ajuster à la zone.

- *Les Corrections radiométriques* portent sur les effets des différents artefacts qui perturbent la mesure radiométrique, notamment les défauts du capteur et le voile atmosphérique qui altèrent les images. Le traitement le plus simple consiste à redistribuer les niveaux de gris (ou les couleurs) de manière à mieux utiliser la palette disponible. On parle d'étalement de l'histogramme ou de stretching [7].
- *Les Corrections géométriques* consistent quant à elles à rectifier les images satellites de manière à les rendre superposables à d'autres images ou à des documents cartographiques de référence [7]. Pour cela, il s'agit en première phase de superposer l'image à la carte topographique en se servant de 9 points d'amers sur ladite carte. Le choix de ces points d'amers est basé sur la méthode de transformation globale par polynôme du premier degré ($t = 1$) avec rééchantillonnage du plus proche voisin. Le nombre minimum des points d'amers nécessaires est déterminé à partir de ***l'Équation (1)*** :

$$\frac{(t+1)*(t+2)}{2} \qquad (1)$$

Cette correction a été faite dans le système de projection UTM (WGS 84) zone 32 Nord. Pour les cas des pixels des images MSS (57 m), avant la correction géométrique, un rééchantillonnage des pixels a été effectué afin de la ramener à la même résolution des pixels TM et ETM^+ (30 m).

3-2-2. Classification des images multi-spectrales

Elle est définie comme étant la combinaison entre le traitement d'image numérique et les techniques de classification pour analyser l'occupation du sol. Elle est subdivisée en trois étapes : choix des bandes spectrales, la segmentation et la classification à priori.

- *Les Compositions colorées* permettent de sélectionner les meilleures bandes spectrales d'une part, et d'augmenter le contraste sol-végétation d'autre part, et cela dans le but de faciliter l'étape de segmentation. Les compositions colorées 321, et 641, ont été respectivement retenues pour l'image MSS de 1972 et TM de 1986. Pour l'image ETM^+ de 2014 ; TM de 2000, c'est la composition colorée 742 qui a donné le meilleur résultat.
- *La Segmentation* permet de définir les différentes classes d'occupation de sol par la création des régions individuelles (ou régions d'intérêts, ROI) ou le groupement des éléments d'image par les critères d'homogénéité spectrale et spatiale, appelés segments. Elle s'effectue grâce à la connaissance de terrain, aux documents cartographiques et à l'interprétation visuelle des images en composition colorée [8].

- *Classification supervisée et élaboration de la carte d'occupation de sols,* cette classification supervisée par l'algorithme de maximum de vraisemblance a été choisie d'une part compte tenu de la bonne connaissance de terrain, d'autre part, elle est la procédure très particulièrement utilisée pour l'analyse quantitative des données de télédétection **[4]**. En effet, elle impose l'intervention de l'utilisateur qui doit définir des ensembles de points caractéristiques et représentatifs des classes d'occupation du sol sur l'image. Ce type de classification a donné de résultats satisfaisants pour les travaux de plusieurs auteurs [2, 4, 8 - 10]. A l'issue de cette classification des cartes d'occupations de sols ont été élaborées.
- *Validation :* afin de valider cette classification, des méthodes conventionnelles d'évaluations de la précision de leurs résultats sont utilisées. Il s'agit, entre autres, de la précision globale des résultats obtenus (nombre total de pixels correctement classifiés, coefficient Kappa) et la précision de chaque catégorie classifiée (précision individuelle), [11]. L'indice Kappa évalue dans la matrice de confusion, l'accord entre les résultats obtenus (carte) et la vérité sur le terrain. Il s'étend de 0 à 1 et se divise en cinq catégories : accord très faible de 0 à 0,20 ; accord faible de 0,21 à 0,40 ; accord modéré de 0,41 à 0,60 ; accord substantiel de 0,61 à 0,80 ; accord presque parfait de 0,81 à 1.

4. Résultats et discussion

4-1. Erreurs de la correction géométrique

La moyenne quadratique (RMS) de l'erreur obtenue après la correction géométrique, est de 0,30 pour l'image MSS de 1972, 0,37 pour l'image TM de 1986, 0,16 pour l'image TM de 2000, 0,15 pour l'image ETM^+ de 2014. Ainsi, on obtient des ortho-images superposables entre elles et aux différentes cartes. A l'issue de la classification supervisée, six classes thématiques ont été définies: zone de cultures (champs, jardins d'irrigation), plateau, habitats (village et hameau), steppe (steppe herbeuse, arbustive et arboré), plans d'eau (mare, marigot, source) et dunes fixes.

4-2. Validation des résultats de la classification de l'occupation des sols

Les ***Tableaux 1, 2, 3 et 4*** présentent les matrices de confusion calculée pour évaluer la classification de l'occupation des sols de la zone d'étude. Les valeurs sur la diagonale des matrices de confusion correspondent au pourcentage de pixels bien classifiés. On obtient pour l'image de 1972 et de 1986 ***(Tableau 1 et 2)***, les précisions globales respectives de 96,60 % et de 96,06 % avec des indices kappa présentant l'accord presque parfait 0,95 (1972) et 0,94 (1986). Les précisions individuelles varient quant à elles de 88,79 % à 100 % pour l'image de 1972 et de 94,42 % à 99,03 % pour celle de 1986. Les résultats de classification de ces images restent valides compte tenu des valeurs obtenues par la précision globale et de l'indice Kappa. En effet, selon [12], une étude portant sur l'occupation des terres peut être validée si l'indice Kappa est compris entre 50 % et 75 %.

Tableau 1 : *Matrice de confusion et coefficient Kappa de résultats de la classification supervisée de l'image de 1972*

		Pixels de références 1972						
		PE	Pl	Df	ZC	Hbt	St	Total
Pixels affectés	PE	88,79	0	0	0	0	0,56	1,96
	Pl	0,93	95,21	0	2,01	0	0,72	18,81
	Df	0	0	100	0,06	0	0	3,04
	ZC	0	2,97	0	96,55	0	1,16	31,21
	Hbt	10,28	0,29	0	0	100	0,24	0,54
	St	0	1,53	0	1,38	0	97,32	44,45
	Total	100	100	100	100	100	100	100
	Coefficient Kappa : 0,95 ; Précision globale : 96,60 %							

PE : Plans d'Eau ; Pl : Plateau; ZC : Zone de cultures; St : Steppe; Df : Dune fixes; Hbt : Habitat

Tableau 2 : *Matrice de confusion et Coefficient Kappa de résultats de la classification supervisée de l'image de 1986*

		Pixels de références 1986						
		PE	Pl	Df	ZC	Hbt	St	Total
Pixels affectés	PE	96,23	1,13	0	0,09	0	0,41	7,09
	Pl	0	98,31	0	0,25	0	0	19,76
	Df	0	0,08	96,26	3,51	0	0	2,55
	ZC	0	0,45	3,74	94,42	0,97	0,86	52,7
	Hbt	3,77	0	0	0,03	99,03	0	0,85
	St	0	0,03	0	1,7	0	98,73	17,05
	Total	100	100	100	100	100	100	100
	Coefficient Kappa : 0,94 ; Précision globale : 96,06 %							

PE : Plans d'Eau ; Pl : Plateau; ZC : Zone de cultures ; St : Steppe ; Df : Dune fixes ; Hbt : Habitat

La discrimination entre les différentes classes d'occupation des sols est statistiquement significative pour les images de 2000 et 2014 ***(Tableau 3 et 4)***. En effet, les résultats de l'analyse de la performance donnent pour ces images classifiées, des précisions globales de 87,74 % et 90,24 %, et des coefficients Kappa de 0,82 et 0,86 respectivement pour ces deux périodes 2000 et 2014. Ces résultats obtenus permettent ainsi de valider les cartes d'occupations de sol de 2000 et 2014. Toutes ces précisions cartographiques ci-dessus s'inscrivent dans la gamme des valeurs obtenues par [2, 8, 13, 14].

Tableau 3 : *Matrice de confusion et Coefficient Kappa de la classification supervisée de l'image de 2000*

		Pixels de références 2000						
	2000	PE	Pl	Df	ZC	Hbt	St	Total
Pixels affectés	PE	73,36	0,95	0	0	0	1,06	23
	Pl	8,37	96,1	0	1,61	0	0	44,33
	Df	0,03	0	90,91	2,72	0	0	1,7
	ZC	2,16	0,84	9,09	89,69	1,12	0,71	20,46
	Hbt	5,82	1,75	0	0,02	98,88	0	3,01
	St	10,26	0,36	0	5,96	0	98,24	7,51
	Total	100	100	100	100	100	100	100
	Coefficient Kappa : 0,82 ; Précision Globale : 87,74 %							

PE : Plans d'Eau ; Pl : Plateau ; ZC : Zone de cultures ; St : Steppe ; Df : Dune fixes; Hbt : Habitat

Tableau 4 : *Matrice de confusion et Coefficient Kappa de résultats de la classification supervisée de l'image de 2014*

		Pixels de références 2014						
	2014	PE	Pl	Df	ZC	Hbt	St	Total
Pixels affectés	PE	84,14	2,08	0	0,18	0,38	0,51	17,59
	Pl	4,84	96,17	0	1,13	0,25	0,1	25,36
	Df	0	0	99	3,13	0	2,04	2,67
	ZC	0,58	0,58	0,67	90,7	0,63	29,11	44,17
	Hbt	5,33	0,11	0	0,1	98,75	0	4,13
	St	5,1	1,07	0,33	4,75	0	68,23	6,06
	Total	100	100	100	100	100	100	100
	Coefficient Kappa : 0,86 ; Précision globale : 90,24 %							

PE : Plans d'Eau ; Pl : Plateau ; ZC : Zone de cultures ; St : Steppe ; Df : Dune fixes; Hbt : Habitat

4-3. Dynamique de l'occupation de sol dans le haut Bassin versant de la Korama

Le traitement des images Landsats de 1972; 1986; 2000; 2014 a permis d'élaborer quatre cartes ***(Figure 3)*** montrant la distribution des unités d'occupation des sols dans la commune de Droum durant ces périodes. Ainsi, la répartition statistique ***(Figure 2)*** des différentes unités en 1972, est la suivante :

- Les zones de cultures, représentent 67051ha de la superficie totale de la zone, soient 53 % ;
- Les steppes représentent 28825 Ha, soient 22,78 %;
- Le terrain rocheux et les dunes fixes occupaient respectivement 22852 Ha et 5137 Ha de la superficie totale de la zone, soient respectivement 4,06 % et 18,06 %;
- Les plans d'eau et les habitats occupaient respectivement 1,62 % et 0,47 % de la superficie totale de cette zone.

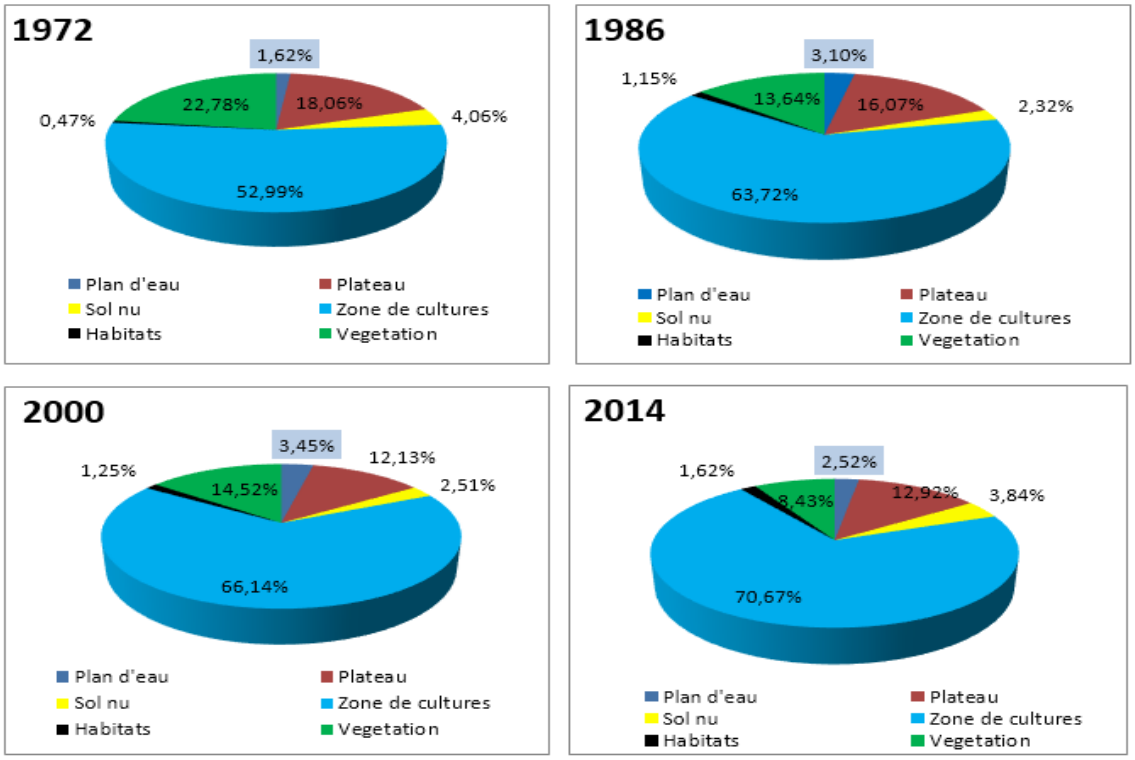

Figure 2 : *Répartitions des classes d'occupation de sols entre 1972 et 2014*

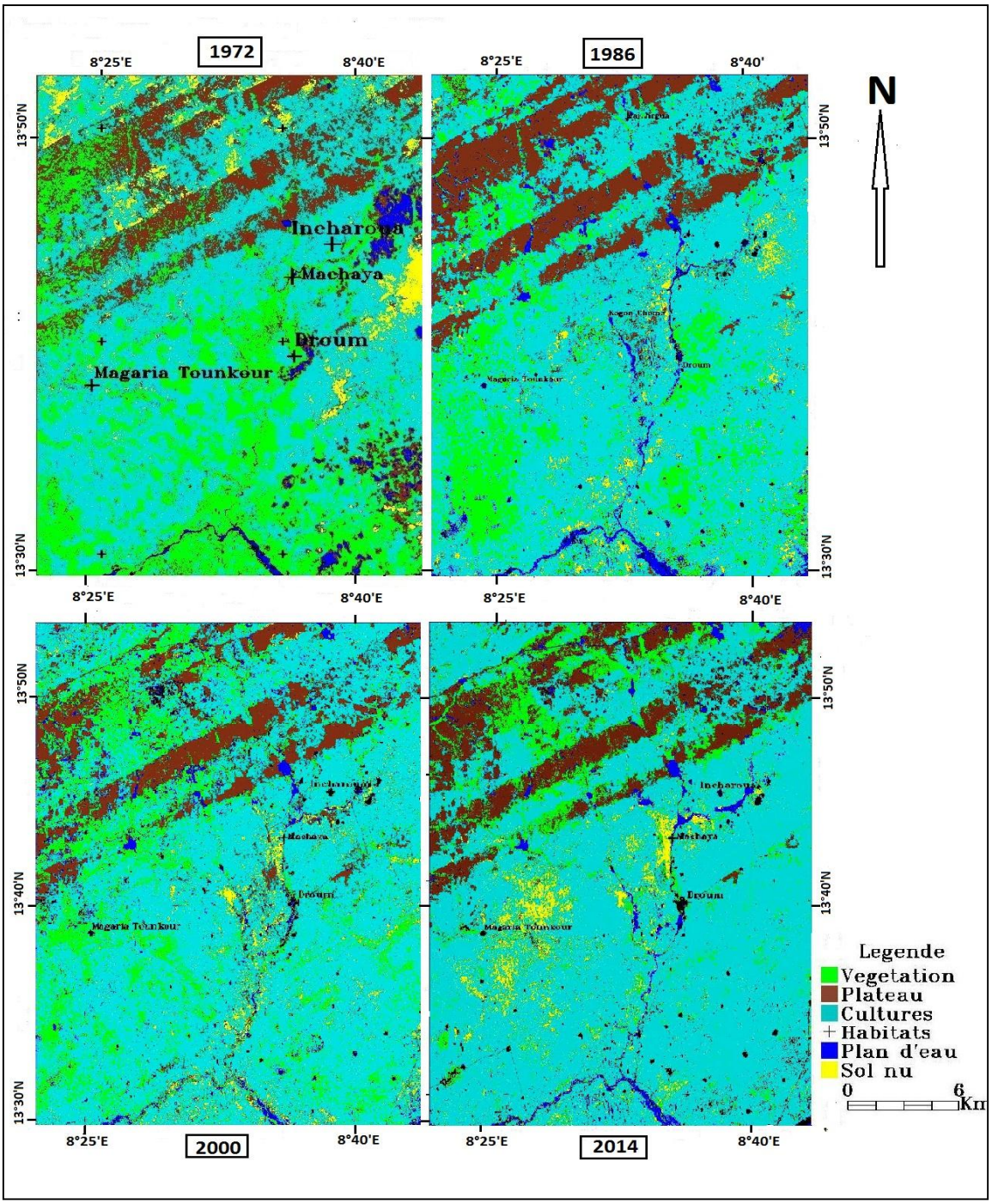

Figure 3 : *Cartes d'occupations de sols en 1972(a), 1986(b), 2000(c), 2014(d)*

4-3-1. Évolution de l'occupation des sols de 1972 à 1986

Les changements observés entre 1972 et 1986 se traduisent par:

- Une augmentation des superficies d'habitats, des plans d'eau et des zones de cultures avec respectivement un taux de progression de l'ordre 17 %, 59 % et 48 % ***(Tableau 5)***;
- Une régression des superficies pour les classes des steppes, des dunes fixes et des plateaux, qui passaient respectivement de 22,78 % en 1972 à 13,64 % ; de 4,06 % à 2,32 % et à 16,07 %, en 1986. Ainsi, les taux de régressions pour ces classes sont de (-36,19 %) pour les dunes fixes, de (-29,25 %) pour les plateaux et (-20,44 %) pour les steppes ***(Tableau 5)***.

Tableau 5 : *Évolution de la superficie des unités d'occupations des sols entre 1972 à 1986*

	1972	1986	Evolution 1972-1986	
Classes	Ha	Ha	Ha	%
PE	2049,86	3922,57	1872,71	47,74
Pl	22852,14	20334,11	-2518,04	-11,02
Df	5137,30	2935,60	-2201,70	-42,86
ZC	67050,67	80627,83	13577,16	16,84
Hbt	594,71	1455,15	860,44	59,13
St	28824,58	17259,32	-11565,26	-40,12

PE : Plans d'Eau ; Pl : Plateau ; ZC : Zone de cultures ; St : Steppe ; Df : Dune fixes ; Hbt : Habitat

4-3-2. Évolution de l'occupation des sols de 1986 à 2000

Toutes les classes ont été affectées par des changements pendant la période de 1986-2000 ***(Tableau 6)***. Les classes d'habitats, des plans d'eau et des zones de cultures se retrouvent avec de superficies plus élevées en 2000 par rapport aux celles de 1986. En effet, la classe des habitats qui occupait 1,15 % en 1986 se retrouve avec une superficie de 1,25 % en 2000, celle des plans d'eau passait de 3,1 % en 1986 à 3,45 % en 2000, et après la classe des zones de cultures qui était de 63,72 % en 1986 passait à 66,14 % en 2000 ***(Figure 1)***. Ainsi, les taux de progressions obtenus pour ces classes varient respectivement de 8% les habitats, de 10,14 % des plans d'eau et de 3,66 % pour les zones de cultures ***(Tableau 6)***. Parallèlement à ces trois classes ci-dessus, celle de végétation a également connu une légère progression pendant cette période, car, sa superficie a passé de 13,64 % à14,52 %, soit un taux d'augmentation de 0,88 % correspondant à 1114 Ha. Au même moment, les surfaces des plateaux montrent une régression de l'ordre de (-24,52 %) correspondant à une réduction de plus de 4985ha ***(Tableau 6)***.

Tableau 6 : *Évolution de la superficie des unités d'occupations des sols entre 1986 à 2000*

	1986	2000	Evolution 1986-2000	
Classes	Ha	Ha	Ha	%
PE	3922,57	4365,44	442,87	10,14
Pl	20334,11	15348,64	-4985,46	-24,52
Df	2935,60	3176,02	240,42	7,57
ZC	80627,83	83689,96	3062,14	3,66
Hbt	1455,15	1581,68	126,53	8,00
St	17259,32	18372,82	1113,50	6,06

PE : Plans d'Eau ; Pl : Plateau; ZC : Zone de cultures ; St : Steppe ; Df : Dune fixes ; Hbt : Habitat

4-3-3. Évolution de l'occupation des sols entre 2000 et 2014

Le ***Tableau 7*** montre que les classes d'occupation des sols présentent de variations notables au cours de la période 2000-2014. Les superficies et les taux des variations montrent que ***(Tableau 7)*** :

- La végétation (steppe) connait une diminution progressive de son étendue, elle passait de 14,52% à 8,43 %, le taux de changement pour cette classe est de l'ordre des (-42 %) ;
- Les plateaux, les dunes fixes, les habitats et les zones de cultures ont connu des progressions dans la zone d'étude ***(Tableau 7)***. En effet, on relève une avancée du front agricole se traduisant par des champs

cultivés sur la végétation. L'extension des surfaces dénudées laissent apparaître des plages des terrains rocheux, qui s'effectuent au détriment de la végétation, particulièrement la steppe arbustive.

Tableau 7 : *Évolution de la superficie des unités d'occupations des sols entre 2000 à 2014*

	2000	2014	Evolution 2000-2014	
Classes	Ha	Ha	Ha	%
PE	4365,44	3188,67	-1176,77	-26,96
Pl	15348,64	16348,27	999,62	6,11
Df	3176,02	4858,93	1682,91	34,64
ZC	83689,96	89421,98	5732,02	6,41
Hbt	1581,68	2049,86	468,18	22,84
St	18372,82	10666,86	-7705,96	-41,94

PE : Plans d'Eau ; Pl : Plateau ; ZC : Zone de cultures ; St : Steppe ; Df : Dune fixes ; Hbt : Habitat

5. Bilan de l'évolution de l'occupation des sols dans le haut bassin versant de la Korama sur la période 1972 - 2014

L'analyse diachronique globale des unités d'occupations des sols, de 1972 à 2014, permet de classer ces unités en deux groupes distincts. Dans le premier groupe, les classes (d'habitats, des zones de cultures, de sol nu et de plans d'eau) ont connu une évolution progressive tout au long de la période, tandis que le 2nd groupe affiche une régression (les classes des végétations et des plateaux) ***(Tableau 8)***. La superficie des steppes montre une forte diminution durant la période de 1972 à 2014.Le taux de régression a atteint jusqu'à (-62,99 %) de sa superficie de 1972 ***(Tableau 8)***. Cette diminution s'explique par plusieurs facteurs: l'évolution démographique accélérant les besoins en terre de cultures, le surpâturage, le défrichage pour le besoin de bois. Outre ces facteurs anthropiques, les sécheresses de 1974 et de 1984 ont pleinement joué un rôle important dans cette régression. En effet, sur l'intervalle de 14 ans (1972 à 1986), on assiste à une régression drastique de plus de (-40 %) de sa superficie de 1972. L'analyse de la variabilité pluviométrique à partir des valeurs de l'indice de Nicholson et du Filtre passe-bas de Hanning ***(Figure 4)*** a permis de suivre les grands changements qui se sont opérés dans la région depuis 1921 à 2014. Ainsi, la fluctuation interannuelle de la pluviométrie se caractérise globalement par une période humide de 1921 à 1964, suivi d'une période sèche de 1965 à 1997 et une période normale de 1998 à nos jours ***(Figure 4)***.

Les deux grandes périodes de sécheresses (1970 et 1980) ayant affecté la région se sont écoulées pendant la période de faibles hauteurs pluviométriques. Ce déficit pluviométrique a contribué à la diminution et à la disparition de certaines espèces végétales dans la zone. La diminution de la classe des plateaux ***(Tableau 8)*** s'explique quant à elle part l'avancée de front de cultures et à l'érosion accéléré due à la disparition des végétaux. L'accroissement des classes zones de cultures et de l'habitat s'explique par la croissance démographique et au phénomène migratoire dû aux potentialités en eau de la zone [15]. La densité élevée de population exerce une pression sur les ressources naturelles. Au cours de la période 1986-2014, les dunes fixes ont progressivement augmenté. La dégradation de terre et la sécheresse récurrente ont affecté la région depuis les années 1970 [16] sont les principaux facteurs qui expliquent cette progression. Selon [17], dans la partie méridionale ou zone soudano-sahélienne, les grandes surfaces situées sous le vent des reliefs de quartzite et autres massifs rocheux sont dénudées parce que leur végétation à fortement diminué, remplacée par des xérophiles. Cette réduction de la couverture végétale est liée à la diminution de la pluviosité et à l'action anthropique. La préparation précoce des champs, la coupe du bois pour divers besoins ménagers et l'augmentation du cheptel jouent un rôle important dans la fragilisation des sols et des paysages [17]. Dans

l'ensemble la classe des plans d'eau connait une importante progression. Des études ont montré que la dégradation des états de surface est à la base de la fréquence des crues [18], d'où l'élargissement et l'apparition de nouvelles mares dans la zone. Ce phénomène (évolution des mares) combiné avec l'intensification de cultures et la régression de superficies des steppes peuvent avoir des impacts sur les ressources en eau souterraines de ce bassin. Le manque de données de suivis piézométriques à long terme ne nous permet pas d'évaluer l'impact de l'occupation des sols sur la recharge dans la zone d'étude. Par conséquent, nous ferons appel à d'autres arguments pour appuyer nos propos. Cependant, plusieurs auteurs dans le monde ont montré l'impact des changements de ces unités d'occupations des sols sur ces ressources [1, 19 - 24]. Dans la bordure Ouest du bassin des Iullemmeden au Niger, [20] constatent une recharge accrue suite au déboisement. D'après ces auteurs, le taux de recharge a augmenté de 1 à 5mm dans les écosystèmes de savane alors qu'il est de 10 à 47mm dans les zones défrichées. L'apparition de certaines espèces telles que la croute algales peuvent diminuer quant à elles, l'infiltration [25]. D'autre part en Argentine, le remplacement des herbes à racines peu profondes par des arbres profondément enraciné a contribué sur la diminution de la recharge [23]. L'introduction des plantes exotiques modifie les paramètres clés de la végétation comme, la couverture fractionnaire de la végétation, le point de flétrissement et la profondeur d'enracinement, qui affectent la recharge [1]. Dans le sud-ouest des États-Unis, les changements des prairies naturelles et des arbustes à l'agriculture des terres arides ont altéré le système de déversement (évapotranspiration) et la recharge [1]. Tandis qu'en Australie, des études ont montré que le remplacement de l'Eucalyptus perpétré profondément enraciné par des cultures annuelles peu profondes a augmenté la recharge de deux ordres de grandeur [19].

Tableau 8 : *Évolution globales des unités d'occupations de sol de 1972 à 2014*

	1972	2014	Variations 1972-2014	
Classes Thématiques	Superficies Ha	Superficies Ha	Superficies Ha	Proportions %
Plan d'eau	2049,86	3188,67	1138,81	35,71
Plateau	22852,14	16348,27	-6503,88	-28,46
Sol nu	3176	4858,93	1682,91	34,64
Zone de cultures	67050,67	89421,98	22371,31	25,02
Habitats	594,71	2049,86	1455,15	70,99
Végétation	28824,58	10666,86	-18157,71	-62,99

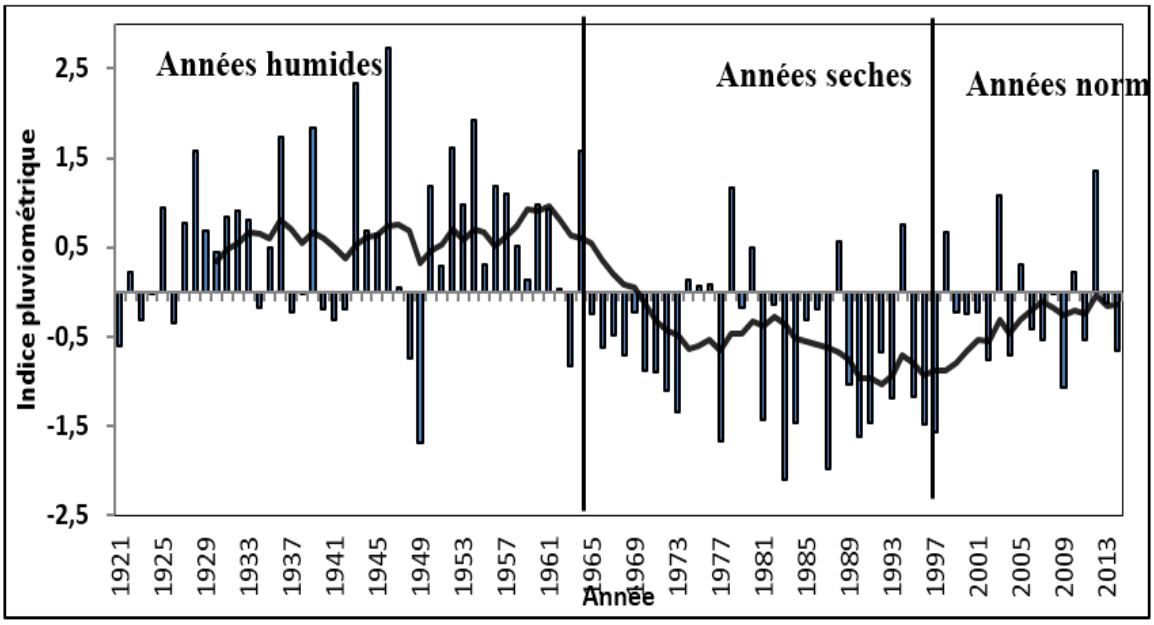

Figure 4 : *Moyenne mobile sur cinq ans et Indice pluviométrique annuel à la station de Zinder aéroport*

6. Conclusion

De manière générale, les cartes obtiennent d'excellent taux des précisions. En effet, la discrimination entre les différentes classes d'occupation du sol est statistiquement significative pour toutes les images au regard des valeurs obtenues des précisions globales et des coefficients Kappa. L'analyse des cartes d'occupation du sol montre que le haut bassin de la Korama a été marqué dans les quarante dernières années par des changements remarquables de son paysage sous l'effet bien évidemment de plusieurs facteurs. Les résultats statistiques ont montré que toutes les classes d'occupation des sols ont été affectées par ces changements. Les classes zone de cultures, habitats et les mares ont connu une progression au profit de la classe végétation. L'importance des ressources naturelles que renferme cette zone et l'explosion démographique sont le facteur clés ayant contribué à ces changements. L'élargissement ou l'apparition des nouvelles mares dans la zone s'explique principalement par le retour de la pluviométrie depuis 1985. La multiplication de mare pourrait avoir des impacts sur la ressource en eau souterraine notamment sur la recharge de celle-ci. Le changement de l'occupation de sol a un impact direct sur la ressource en eau d'un bassin, car elle modifie son comportement hydrologique en terme physiques, chimiques et biologiques [4]. L'utilisation des engrais chimiques dans les cultures peuvent avoir des effets néfastes sur la population suite à la contamination des eaux de surfaces et souterraines. Ils doivent cependant être confirmés par les résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique.

Références

[1] - R. B. SCANLON, CR. ROBERT, DA. STONESTROMW, DE. PRUDICZ, KF. DENNEHY, Impact of land use and land cover change on groundwater recharge and quality in the southwestern US. *Global Change Biology,* 11 (2005) 1577 - 1593

[2] - S. CHALIFOUX, M. NASTEV, C. LAMONTAGNE, R. LATIFOVIC, R. FERNANDES, Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire Landsat en hydrogéologie. *Télédétection,* Vol. 6, N°1 (2006) 9 - 17 p.

[3] - KE. WEATHERHEAD, KJN. HOWDEN, The relationship between land use and surface water resources in the UK.https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.08.007

[4] - VAN TUAN NGHIEM, Impact du changement du mode d'occupation des sols sur le fonctionnement hydrogéochimique des grands bassins versants : cas du bassin de l'Ain. *Thèse Sciences de la Terre. Univ. Grenoble*, (2014)

[5] - INS ou Institut Nationale de la statistique, Recensement général de la population du Niger. *Rapport*, (2010)

[6] - ONG KARKARA, Etude sur la cartographie et les analyses biophysique, économique, organisationnelle et institutionnelle des bassins versants et les exploitations familiales types des communes de Droum, Aguié, Dogon Kirya, Malbaza et Torodi pour la mise en place d'une approche GIRE. *Rapport,* (2015)

[7] - YOUSSEF EL HADROUI, Etude diachronique de l'occupation du sol et de modélisation des processus érosifs du bassin versant du Bouregreg (Maroc) à partir des données de l'Observation de la Terre. *Engineering Sciences,* (2013)

[8] - TD. SORO, DB. KOUAKOU, E. A KOUASSI, G. SORO, AM. KOUASSI, KE. KOUADIO, M-S O. YEI, N. SORO, Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire). *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol. 13, N°3 (2013)

[9] - KH. HOANG, M. BERNIER, JP. VILLENEUVE, Les changements de l'occupation du sol dans le bassin versant de la rivière Cau (VIETNAM). *Revue Télédétection*, Vol. 8, N° 4 (2008) 227 - 236 p.

[10] - L. LOUISE, Analyse diachronique de la dynamique paysagère sur le bassin supérieur de l'Ouémé (Bénin) à partir de l'imagerie Landsat et MODIS: Cas d'étude du communal de Djougou. *Rapport d'étude,* (2012) 61 p.

[11] - R. CONGALTON, A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote sensing of Environment,* Vol. 37, (1991) 35 - 46 p.

[12] - JGR. PONTIUS, Quantification error versus location in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Enginneering and Remote Sensing,* Vol. 66, N°8 (2000) 1011 - 1016 p

[13] - LEA. EBA, 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,* (2013) 69 - 85 p.

[14] - KD. KPEDENOU, P. AHE, T. BOUKPESSI, Dynamique spatio-temporelle de l'occupation/utilisation des terres dans le Sud-Est Togo : Essai de cartographie à l'aide de la télédétection spatiale. *Ahoho, Laboratoire de recherche sur la dynamique des milieux et des sociétés (LARDYMES),* (2016), https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01422929

[15] - AA. BAGNA, A. YAMBA, S. ATTA SANOUSSI, Apport des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) et Télédétection dans l'étude de la dynamique d'occupation du sol d'un espace agricole du Sud-Zinder (Niger). *Territoires, Sociétés et Environnement,* 5, 29, 43 (2015)

[16] - P. OZER, Les lithométéores en région sahélienne : un indicateur climatique de désertification, *GEO-ECO-TROP,* 24 (2000) 1 - 317

[17] - S. KARIMOUNE, J. ALEXANDRE, A. OZER, Suivi par Télédétection de l'évolution de la désertification dans la région de Zinder. Télédétection et cartographie. *Ed. AUPELF-UREF. Les Presses de l'Université du Québec. ©,* (1993) 151 - 159 p.

[18] - MS. ABDOU BABAYE, Evaluation des ressources en eau souterraine dans le bassin de Dargol (Liptako-Niger), *Thèse de doctorat, Univ. Liege, Belgique*, (2012) 80 p.

[19] - C. PETHERAM, G. WALKER, G. RODGER, T. THIERFELDER, L. ZHANG, Towards a framework for predicting impacts of land-use on recharge. *A review of recharge studies in Australia. Aust. J. Soil Res.*, 40 (2002) 397 - 417

[20] - C. LEDUC, G. FAVREAU, P. SCHROETER, Long-term rise in a Sahelian water-table : the continental terminal in south-west Niger. *Journal of Hydrology*, 243 (2001) 43 - 54

[21] - J. BROMLEY, CM. TAYLOR, JHC. GASH, Discussion-Comment on long-term rise in a 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) 260 - 262

[22] - G. FAVREAU, C. LEDUC, P. SCHROETER, Discussion-Reply to comment on 'Long-term rise in a Sahelian water-table : the Continental Terminal in South-West Niger' by Leduc, C., Favreau, G., Schroeter, P., *Journal of Hydrology*, 243 (2001) 43 - 54. *Journal of Hydrology*, 255 (2002a) 263 - 265

[23] - GE. JOBBAGY, RB. JACKSON, Groundwater use and salinization with grassland afforestation. *Global Change Biology,* 10 (2004) 1299 - 1312

[24] - RB. SCANLON, KE. KELLEY, FL. ALAN, FE. LORRAINE, CB. GAYE, WM. EDMUNDS, I. SIMMERS, Global synthesis of groundwater recharge in semiarid and arid regions. *Hydrological Processes,* 20 (2006) 3335 - 3370 *Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/hyp.6335*

[25] - A. MAHAMANE, S. MAHAMANE, B. YACOUBOU, A. ISSAKA, A. ICHAOU, K. SALEY, Analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans la commune de Gabi (région de Maradi, Niger). *Sécheressen* Vol. 18, N° 4 (octobre-novembre-décembre 2007)