

## **DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DU RAVINEMENT DANS LE BASSIN VERSANT DU LAC KONGOU, SUD - OUEST NIGER**

**Amadou ABDOURHAMANE TOURE<sup>1</sup>, Abdoukader MOUSSA ISSAKA<sup>2</sup>, Bouba HASSANE<sup>1</sup>, Abdoulwahid MOHAMED DJIBRILLA<sup>1</sup> et Zibo GARBA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie*

<sup>2</sup> *Université de Zinder, Faculté des Sciences et Techniques, Département des Sciences Géologiques et environnementales*

---

\*Correspondance, e-mail : [doudu2000@yahoo.fr](mailto:doudu2000@yahoo.fr)

### **RÉSUMÉ**

Au Sahel, l'érosion hydrique cause des dommages majeurs aux terres exploitées dans les systèmes agraires. L'objectif de ce travail a été de quantifier la dynamique spatio-temporelle d'un processus de cette érosion, le ravinement, à l'échelle du bassin versant du lac Kongou situé au Nord-est de Niamey. L'étude a été fondée sur une cartographie diachronique du réseau hydrographique aux moyennes d'une photographie aérienne de 1975 et des images Google Earth de 2004, 2008, 2015. Il est ressorti qu'entre 1975 et 2015, les réseaux hydrographiques de tous les sous-bassins versants ont connu une complexification de leurs connectivités. L'ordre de Shreve, déterminant la connectivité du réseau ravinaire, a été multiplié par 2,5. Aussi, la longueur totale des drains secondaires a été multipliée par 2,5 en moyenne entre 1975 et 2015. Par ailleurs, les reculs des têtes des ravines et des berges ont été très importants pouvant atteindre jusqu'à 8,55 m / an voire 11,35 m / an. Cette forte érosion par ravinement contribuerait sans nul doute à l'ensablement du lac kongou en particulier, et des lacs de la région de Niamey qui ont des taux de comblement dépassant 2 cm / an.

**Mots-clés :** *lac kongou, érosion, ravinement, bassin versant, Niamey.*

### **ABSTRACT**

**Spatio-temporal dynamics of gullying in watershed of Kongou Lake, south - west of Niger**

Hydric erosion processes have major damages to soil of agrarian systems of the Sahel. This work aimed to characterize the gullying spatio-temporal

dynamics in the watershed of Kongou Lake located near Niamey at the northeast. The gully networks have been cartography by using aerial photography of 1975 and Google Earth images of 2004, 2008 and 2015. It's appeared that gully networks have been multiplied by 2.5 at mean between 1975 and 2015. Shreve order has increased by two fold in the same period. The gullies total length is multiplied at mean by 2.5 between 1975 and 2015. Besides, retreat of gullies heads and bank have been important attendant 8.55 m / an, or even 11.35 m / an. This important gully erosion will reduce in term the capacity of Kongou Lake and will participate in general to the filling up of Niamey's Lakes which have a filling ratio up to 2 cm / year.

**Keywords :** *Kongou Lake, erosion, gulling, watershed, Niamey.*

## I - INTRODUCTION

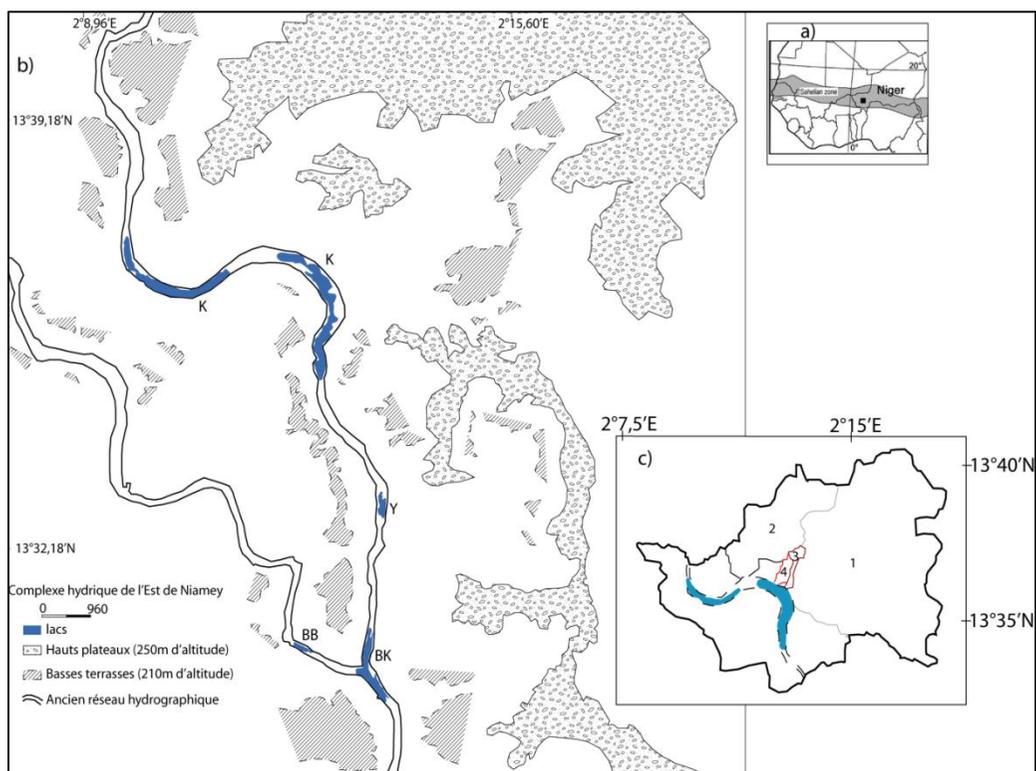
Le Sahel est marqué par de sévères transformations climatiques. Les pluies annuelles des dernières décennies ont, par exemple, baissé en moyenne de plus de 20 % relativement à la période 1930 - 1960 [1]. Cette baisse a été particulièrement importante au cours des sécheresses du début des années 70 et 80 qui ont causé la mort de million d'arbre. La rudesse du climat se caractérise aussi par une inégale répartition spatio-temporelle des précipitations, une fréquence de plus en plus élevée des vents intenses entraînant la dégradation continue de l'environnement, notamment des espaces agro-pastoraux [2, 3]. Cependant, les sécheresses n'expliquent pas à elles seules la dégradation du milieu sahélien [4]. En effet, à ces péjorations climatiques s'ajoute une forte croissance démographique qui a contribué à un déboisement intensif et à l'expansion des terres cultivées. Au sud-ouest du Niger, par exemple, 80 voire 100 % des savanes ont été déboisées ou défrichées entre 1950 et 1990 au profit des surfaces cultivées [4, 5].

La baisse du couvert végétal a eu des conséquences hydrologiques importantes avec l'apparition de plusieurs plans d'eau pérennes [5 - 7]. Ces plans d'eau jouent un rôle important dans le développement socio-économique des villages riverains à travers les cultures irriguées et la pêches. Cependant, l'érosion hydrique par le ravinement, très active, contribue continuellement en leur comblement [8]. Elle est, en effet, le principal pourvoyeur des sédiments participant au comblement des plans d'eau [9 - 11]. Le ravinement provoque, par ailleurs, une diminution des aires de culture d'une part, et d'autre part, entrave le déplacement des personnes en coupant des pistes rurales. Cette étude se propose alors de quantifier les dynamiques spatiale et temporelle du ravinement dans les principaux sous bassins versants du lac Kongou, le plus vaste lac de la région de Niamey.

## II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

### II-1. Site d'étude

Le Lac Kongou se trouve, au sud-ouest du Niger, encaissé dans un ancien affluent (kori Ouallam) du fleuve Niger. Il fait partie d'un ensemble de 4 plans d'eau en chapelet dans le kori Ouallam situé à Est de Niamey (*Figure 1 a et b*). Son bassin versant couvre une superficie de près 149 km<sup>2</sup>. Il est limité sur sa rive gauche par des hauts plateaux latéritiques d'une altitude moyenne de 256 m et par des basses terrasses de 210 m d'altitude sur la rive droite. Il compte quatre principaux affluents, tous situés sur sa rive gauche. Il s'agit du kori 1, avec une superficie de 75 km<sup>2</sup>, et les koris 2, 3 et 4 qui couvrent respectivement 20,57 km<sup>2</sup>, 1,16 km<sup>2</sup> et 0,96 km<sup>2</sup> (*Figure 1 c*). Les koris 3 et 4 présentent, cependant, les pentes moyennes les plus élevées (2,1 % et 2,5 %) dépassant près de 4 fois la pente moyenne du kori 1 (0,6 %) et près de 2 fois celle du kori 2 (1,1 %).



**Figure 1 :** Site de l'étude : a) localisation du site ; b) Complexe hydrique de l'Est de Niamey avec les lacs Kongou (K), Yaboni (Y), Bangou Bi (BB) et Bangou Kirey (BK) ; c) bassin versant de Kangou, et ses 4 principaux sous bassin-versants

## II-2. Données de la pluviométrie

Les données de pluies ont été obtenues auprès de l'IRD-France situé à près de 20 km au Sud-Est du lac Kongou. Ces pluies ont mesurées à l'aide d'un pluviographe à auget (capacité de 5 mL).

## II-3. Cartographie des sous bassins versants du lac Kongou

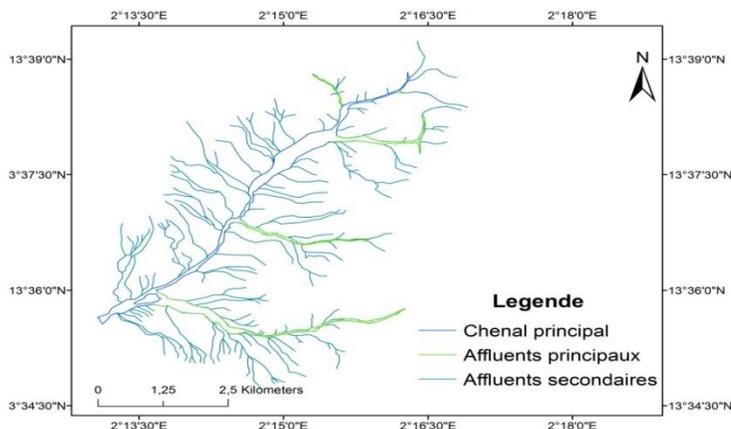
Une photographie aérienne et trois (3) images Google Earth de mai 2004 ; juin 2008 et juin 2015 et de mars 1975 ont servi à cartographier les ravines des sous-bassins versants de Kongou. Ces images ont été, en effet, orthorectifiées sous ArcGIS 9.3 dans le système Mercator (GCS\_WGS\_1984) puis le réseau hydrographique (chenaux et affluents principaux, affluents secondaires, et le lac) a été numérisé.

## II-4. Mesures du ravinement et le recul des berges

La caractérisation du ravinement a porté sur les mesures de la longueur réelle (longueurs du chenal principal et l'ensemble des principaux affluents) et la longueur apparente (somme des longueurs linéaires du chenal principal et de ses principaux affluents) (**Figure 2**). Ces longueurs ont permis de calculer l'indice de sinuosité (Is) selon la **Formule** [12] :

$$Is = \frac{\text{Longueur réelle}}{\text{Longueur apparente}} \quad (1)$$

L'érosion par recul des berges a été suivie au niveau de deux profils au cours des années 2004, 2008 et 2015. Elle a été mesurée au niveau d'un profil du kori\_1 (13°36,6'N ; 2°14,3'E et 13°36,6'N ; 2°14,4'E) et d'un autre du kori\_3 (13°36,5'N ; 2°13,0'E et 13°36,5'N ; 2°13,0'E).



**Figure 2 :** Hiérarchie du réseau hydrographique d'un sous-bassin versant

### III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### III-1. Caractérisation de la pluie sur la période 2003 - 2014

Les pluies ont connu une importante variabilité interannuelle. Les années 2004 et 2014, avec des cumuls respectifs de 660 et 630 mm, ont été les plus arrosées de la période 2003 - 2014 tandis que l'année 2011, avec 280 mm, a été la moins pluvieuse. La pluie joue un rôle essentiel dans l'érosion des sols. En effet, dans la région de Niamey, [13] ont indiqué, par exemple, que les pluies supérieures à 20 mm produisent systématiquement du ruissellement. A Niamey, les pluies de hauteur supérieure à 20 mm ont été plus importantes sur la période 2003 - 2007 en cumulant 1465 mm en 43 événements soit une moyenne annuelle de 366,25 mm. Par contre, sur la période 2008 - 2014, leur cumul a atteint 1875 mm, en 56 événements pour une moyenne annuelle de 267,82 mm (*Tableau 1*).

**Tableau 1 :** *Événements pluvieux de hauteur supérieure à 20 mm mesurés à l'IRD-Niamey sur la période 2003 - 2014*

Périodes	Nombre des pluies supérieures à 20 mm	Cumul des pluies supérieures à 20 mm	Moyenne annuelle des pluies supérieures à 20 mm
2003 - 2007 (4 ans)	43	1465	366,25
2008 - 2014 (7 ans)	56	1875	267,82

#### III-2. Dynamique du ravinement dans le bassin versant de Kongou

Les *Figures 3, 4, 5 et 6* montrent la dynamique du ravinement dans les 4 principaux sous bassin versant de Kongou. Cette dynamique est marquée par une complexification du réseau hydrographique. En effet, l'ordre de [14] dans ces sous-bassins versants a été multiplié par 2,5 en moyenne de 1975 à 2015. Il est, par exemple, passé de 53 en 1975 à 80 en 2004 puis à 110 en 2015 dans le kori 1. Dans le Fakara, zone située à ~50 km à l'est du lac Kongou, une augmentation de l'ordre de Shreve passant de 10 en 1975 à 19 en 1992 a été observée par [5]. Cette augmentation des connectivités des réseaux témoigne et confirme l'augmentation du ruissellement et du ravinement au Sahel suite à une fragilisation de la surface des sols par déboisement [5]. Cette augmentation a cependant été moins intense dans le Fakara que dans le bassin du lac Kongou dont la proximité avec la ville de Niamey l'a exposé à une plus forte pression anthropique qui a accru l'érodabilité de sa surface.

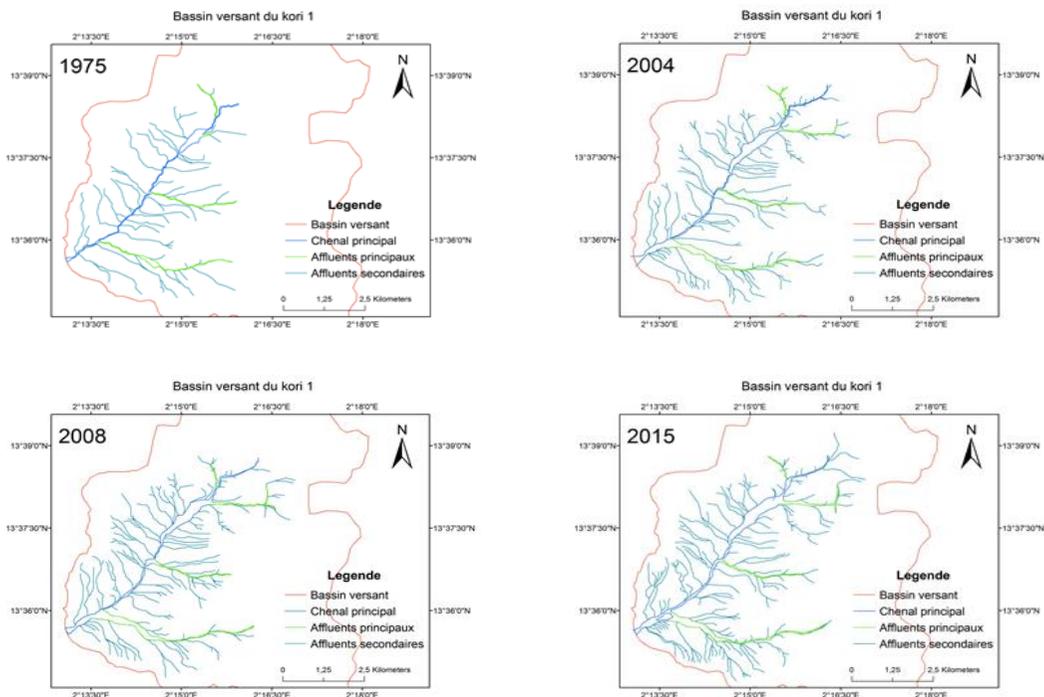


Figure 3 : Évolution du réseau hydrographique du Kori 1 de 1975 à 2015

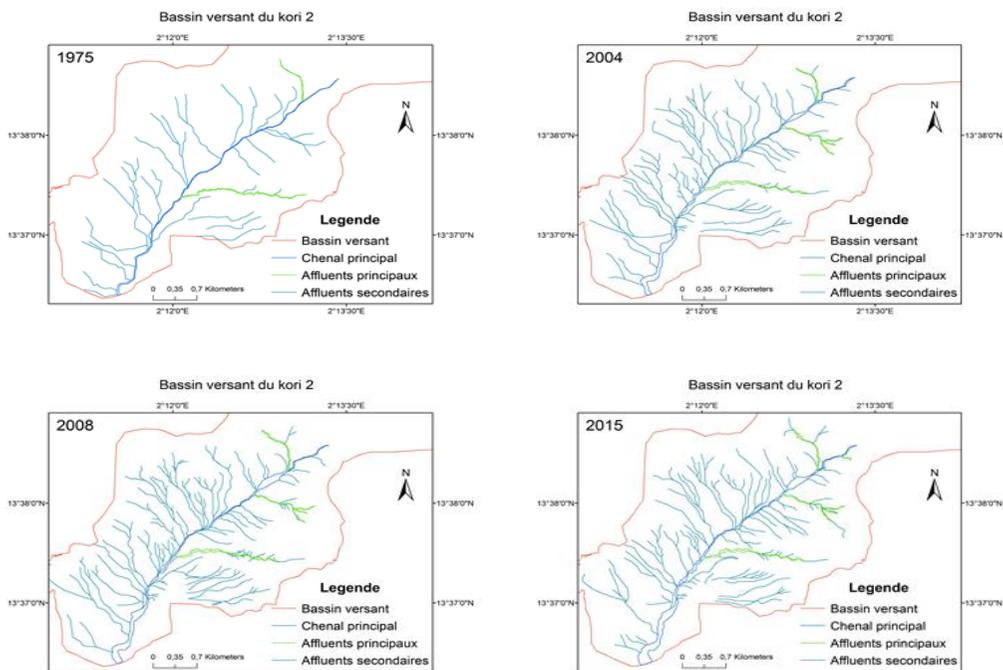


Figure 4 : Évolution du réseau hydrographique du Kori 2 de 1975 à 2015

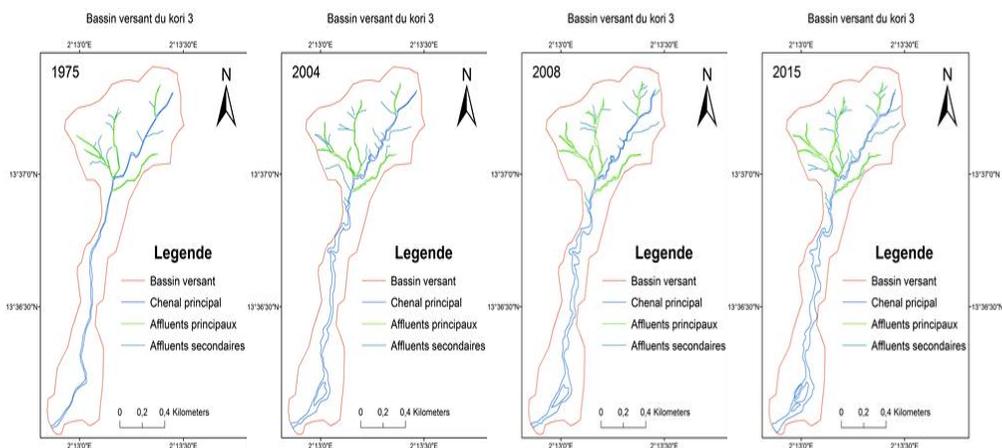


Figure 5 : Évolution du réseau hydrographique du Kori 3 de 1975 à 2015

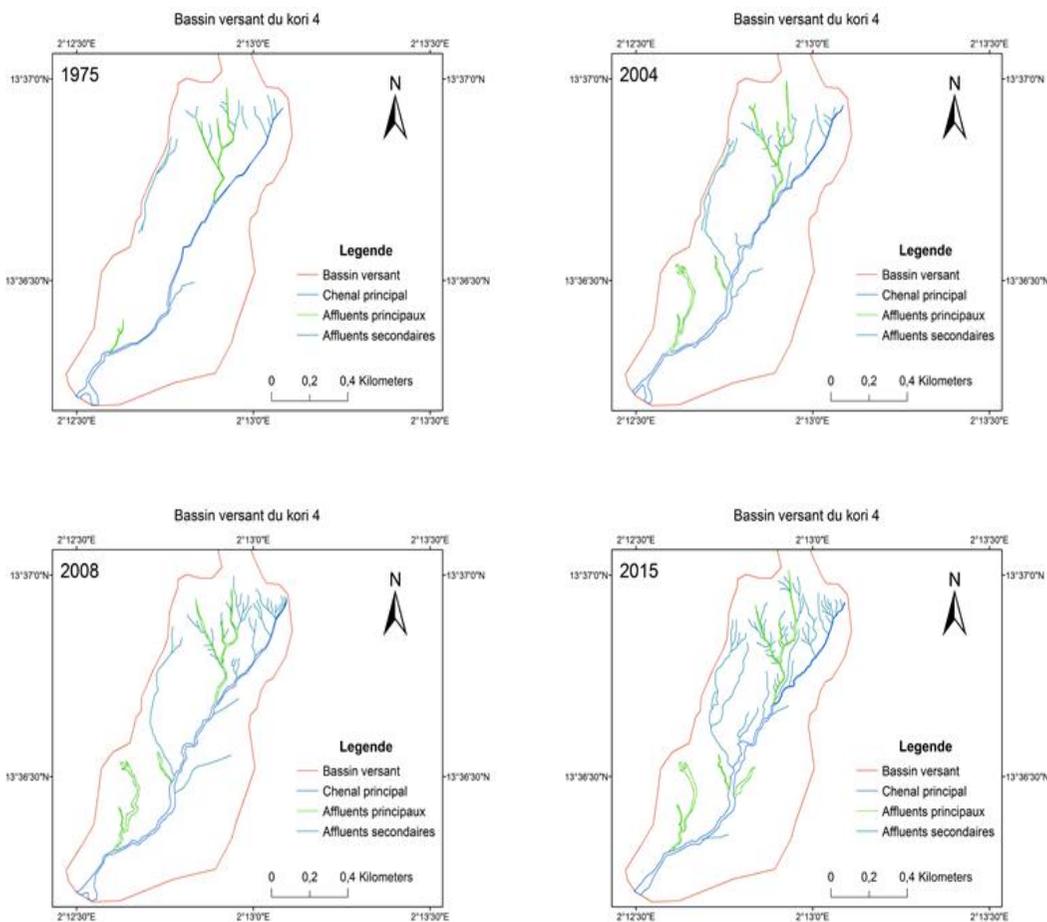


Figure 6 : Évolution du réseau hydrographique du Kori 4 de 1975 à 2015

### III-3. Longueurs réelle et apparente des chenaux et affluents principaux

Les longueurs apparentes ont été stables entre 1975 et 2015 dans les koris 3 et 4 du fait d'un très faible recul des têtes de leurs chenaux et affluents principaux (**Tableau 2**). L'érosion par recul des têtes des chenaux et affluents principaux a, cependant, été plus intense dans les koris 1 et 2 où elle a atteint respectivement 90 et 18,75 m / an et engendré des augmentations de longueurs apparentes respectives de près de 3600 et 700 m entre 1975 et 2015 (**Tableau 2**). Cette importante augmentation des longueurs apparentes dans les koris 1 et 2 est très probablement contrôlée la structure de leurs bassins qui sont limités par des hauts plateaux, et qui ont les plus vastes superficies relativement aux koris 3 et 4 (**Figure 1**). Les longueurs réelles des koris 2, 3 et 4 ont régulièrement augmentée entre 1975 et 2015 (**Tableau 2**). Ceci traduit un renforcement de la sinuosité.

En effet, l'ensemble des chenaux et affluents principaux des sous-bassins versants avaient des indices de sinuosité supérieurs à 1,04 (**Tableau 2**) ce qui les classe dans les chenaux sinueux à méandriques [12]. Cette sinuosité a connu, cependant, une dynamique entre 1975 et 2015. En effet, les sinuosités des chenaux des koris 3 et 4 ont augmenté tandis que celle kori 2 est resté relativement stable. Le chenal du kori 1 a, lui, connu une diminution de sa sinuosité avec un indice de sinuosité qui est passé de 1,27 (cours d'eau sinueux) en 1975 à 1,04 (cours d'eau rectiligne) en 2015 (**Tableau 2**). Cette diminution de la sinuosité dans le Kori 1 est due à l'augmentation significative de 27 % soit 3,62 km de sa longueur apparente suite à un plus fort recul des têtes des chenaux et affluents principaux entre 1975 et 2015.

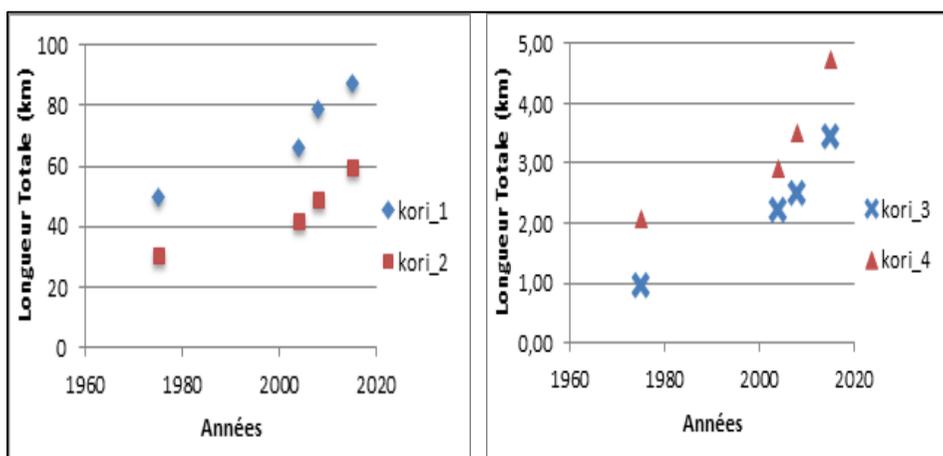
**Tableau 2 :** Longueurs réelles (Lr), longueurs apparentes (La) mesurées en Ekm, et indice de sinuosité (Is) des chenaux et affluents principaux

Année	kori_1			kori_2			kori_3			kori_4		
	La	Lr	Is	La	Lr	Is	La	Lr	Is	La	Lr	Is
1975	13,63	17,32	1,27	8,25	9,13	1,11	4,21	4,87	1,16	1,80	3,33	1,85
2004	16,11	20,64	1,28	8,6	10,07	1,17	4,24	5,25	1,24	1,81	3,89	2,15
2008	17,25	19,1	1,11	9	10,24	1,14	4,24	5,75	1,36	1,81	3,9	2,15
2015	17,25	18	1,04	9	10,60	1,18	4,24	5,69	1,34	1,81	4,08	2,25

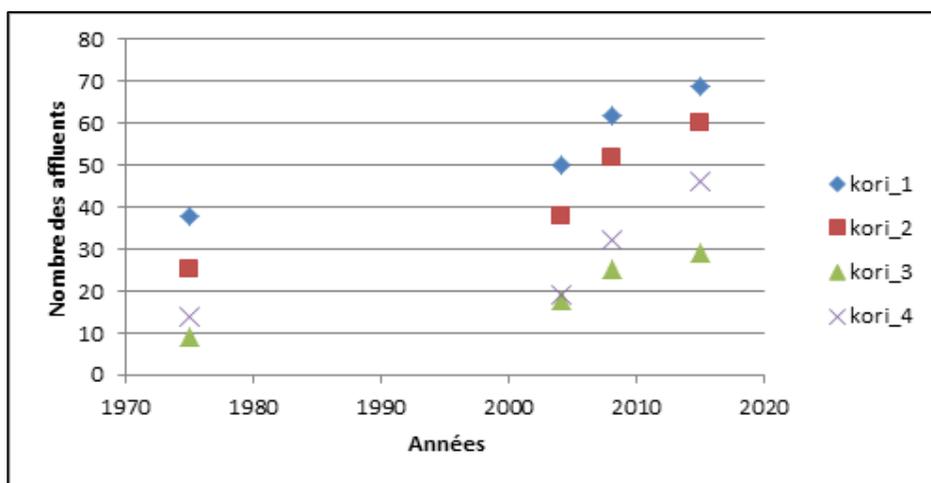
### III-4. Longueur totale et nombre des affluents secondaires

La longueur de l'ensemble du réseau ravinaire a connu un accroissement entre 1975 et 2015. Cet accroissement a particulièrement été important entre 2004 et 2008. En effet, la longueur totale du réseau ravinaire dans le kori 1, par exemple, est passée de près de 50 km en 1975 à 66 km en 2004 puis à près de 79 km en 2008 et à 87 km en 2015 (**Figure 7**). L'augmentation de

cette longueur dans les koris dans les années 2000 relativement à 1975 (période sèche) intervient dans une période relativement plus pluvieuse [15] et dans un contexte d'encroûtement des sols [10]. En effet, l'augmentation de l'encroûtement des sols et le retour de la pluviométrie accroissent les ruissellements et renforce ainsi le ravinement [16]. L'augmentation du ravinement s'est traduite aussi par l'accroissement du nombre des affluents secondaires. Celle-ci a été particulièrement important au cours de la période 2004 - 2015 avec une moyenne de près de 2 affluents / an comparativement à la période de 1975 à 2004 où cette moyenne a été de 0,4 affluents / an (**Figure 8**). Ceci traduit une accélération de la dynamique du ravinement au cours des deux dernières décennies.



**Figure 7 :** Longueurs réelle totale des affluents secondaires



**Figure 8 :** Évolution du nombre des affluents secondaires

### III-5. Érosion par recul des berges

L'érosion des berges a été variable sur les périodes 2004 - 2008 et 2008 - 2015 au niveau des profils en travers suivis dans les koriges 1 et 2. Cette érosion s'est réalisée au détriment des surfaces de cultures (*Figure 9 b*). Au profil du kori 1, cette érosion a atteint 11,35 m / an entre 2004 - 2008 et 1,3 m / an entre 2008 et 2015 (*Figure 9*). La même tendance est observée au profil du kori 2 où l'érosion a été de 6,93 m / an entre 2004 et 2008 contre 2,46 m / an entre 2008 et 2015. Cette différence dans l'érosion latérale sur les deux périodes s'explique par, d'une part, le nombre d'événements pluvieux à même de produire du ruissellement plus important sur la période 2004 - 2008 (*Tableau 1*), et d'autre part, l'importante augmentation du nombre et de la longueur totale des affluents entre 2004 et 2008 qu'entre 2008 et 2015 (*Figures 7 et 8*). Des reculs de berges similaires ont été mesurés entre 2008 et 2009, par [8] le long de six profils en travers dans le kori Boubon où les reculs moyens de berges ont varié entre 3 et 14 m / an. Aussi, un important élargissement du lit du kori Hamdallah (35 km à l'est de Niamey) a été observé par [7]. Les différents élargissements des koriges, ainsi observés sur les sols sableux du sud-est du Niger, mettent en évidence des pertes en terre et des sources de sédiments qui vont combler les plans et cours d'eau où les koriges se jettent.



**Figure 9 :** Érosion par recul des berges dans les koriges 1 (a) et 2 (b) entre 2004 et 2015

#### IV - CONCLUSION

Le travail basé sur une cartographie diachronique a fait ressortir une variabilité spatio-temporelle de l'érosion par ravinement dans le bassin versant du lac Kongou. En effet, la connectivité des réseaux hydrographie (ordre de Shreve) a été multipliée par 2,5 entre 1975 et 2015 tandis que les affluents secondaires se sont accrus d'en moyenne de 2 par an pour la période 2004 - 2015 contre 0,4 par an de 1975 - 2004. Par ailleurs, les reculs des têtes des ravines et des berges ont été très importants pouvant atteindre jusqu'à 8,55 m / an et 11,35 m / an respectivement. Cette forte érosion des sols sableux du bassin versant de Kongou s'est en effet réalisée au détriment des surfaces de cultures et très certainement aussi au dépens du volume du lac qui se réduit suite au dépôt des sédiments mobilisés par les ravines.

#### RÉFÉRENCES

- [1] - T. LEBEL, B. ALI, "Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990 - 2007)", *Journal of Hydrology*, 375 (2009) 52 - 64
- [2] - G. MAHÉ, J-E. PATUREL, "Sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers", *Comptes Rendus Geoscience*, 34 (7) (2009) 538 - 546
- [3] - B. HASSANE, "Variabilité de la dynamique éolienne au sol (direction et vitesse du vent) et de ses conséquences (visibilité horizontale) au Sahel central et Sahara méridional entre 1950 et 2009 (exemple de quelques stations synoptiques au Niger)", *Thèse de doctorat de l'Université de Rouen et de L'Université Abdou Moumouni*, (2013) 144 p.
- [4] - A. ABDOURHAMANE TOURE, G. Rodrigue, G. Zibo, R. Jean-Louis, P. Christophe, B. Vincent, D. Alain, S. David, "Evolution des paysages Sahéliens au cours des six dernières décennies dans la région de Niamey : de la disparition de la brousse tigrée à l'encroustement de surface des sols", *Pangea*, 47 / 48 (2010) 35 - 40
- [5] - M. LEBLANC, G. FAVREAU, S. MASSUEL, S. TWEED, M. LOIREAU, B. CAPPELAERE, "Land clearance and hydrology change in the Sahel : SW Niger", *Global and Planetary Change*, 61 (2007) 135 - 150
- [6] - C. LEDUC, G. FAVREAU et P. SCHROETER, "Long-term rise in a sahelian water-table : the continental terminal in south-west Niger", *J. Hydrol.*, 243 (2001) 43 - 54
- [7] - L. DESCROIX, G. MAHE, T. LEBEL, G. FAVREAU, S. GALLE, E. GAUTIER, J-C. OLIVRY, J. ALBERGEL, O. AMOGU, B. CAPPELAERE, R. DESSOUASSI, A. DIEDHIOU, E. LE BRETON, I. MAMADOU, D. SIGHOMNOU, "Spatio-temporal variability of hydrological regimes around the boundaries between Sahelian and Sudanian areas of West Africa : A synthesis", *Journal of Hydrology*, 375 (2009) 90 - 102

- [8] - I. MAMADOU, “La dynamique accélérée des koris de la région de Niamey et ses conséquences sur l’ensablement du fleuve Niger”, *Thèse de doctorat : Géographie physique. Niamey : Université Abdou Moumouni*, (2012) 290 p.
- [9] - A. ABDOURHAMANE TOURE, “Erosion en milieu sableux cultivée au Niger : dynamique actuelle et récente en liaison avec la pression anthropique et les changements climatiques”, *Thèse de doctorat l’université de Bourgogne*, (2011) 224 p.
- [10] - R. MABICKA OBAME, C. YOANN, D. SEBAG, A. ABDOURHAMANE TOURE, C. DI-GIOVANNI, V. BICHET, M. BOUSSAFIR, A. DURAND, G. ZARBA, R. GUILLON, C. PETIT, J. L. RAJOT, E. LALLIER-VERGÈS, “Carbon storage in small Sahelian lakes as an unexpected effect of land use changes since 1960 s (Saga Gorou and Dallol Bosso, SW Niger)”, *Catena*, 114 (2014) 1 - 10
- [11] - J. R. L. ALLEN, “Sedimentary structures : their character and physical basis ». *Developments in sedimentology*”, *Elsevier*, 1256 (1984) 5 - 8
- [12] - H. LUBES-NIÈL, L. SEGUIS, R. SABATIER, “Etude de stationnarité des caractéristiques des événements pluvieux de la station de Niamey sur la période 1956 - 1998”, *C. R. Acad Sci*, 333 (10) (2001) 645 - 650
- [13] - L. R. SHREVE, “Statistical law of stream numbers”, *Journal of Geology*, 74 (1966) 17 - 37
- [14] - T. LEBEL, B. CAPPELAERE, L. DESCROIX, S. GALLE, N. HANAN, L. KERGOAT, S. LEVIS, E. MOUGIN, C. PEUGEOT, B. VIEUX, “AMMA-CATCH studies in the Sahelian region of West-Africa : an overview”, *Journal of Hydrology*, 375 (1-2) (2009) 3 - 13
- [15] - C. VALENTIN, J. L. RAJOT, D. MITJA, “Responses of soil crusting, runoff and erosion to fallowing in the subhumid and semi-arid regions of West Africa”, *Agriculture Ecosystems and Environment*, 104 (2004) 287 - 302