

## **Dynamiques de l'occupation du sol et du ravinement dans le bassin versant d'un petit affluent du fleuve Niger : kori Ganguel (sud-ouest Niger)**

*Issoufou Ide*  
*Amadou Abdourhamane Toure*  
*Bouba Hassane*

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

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n26p142](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n26p142)

Submitted: 03 June 2025

Accepted: 29 September 2025

Published: 30 September 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Ide, I., Abdourhamane Toure, A. & Hassane, B. (2025). *Dynamiques de l'occupation du sol et du ravinement dans le bassin versant d'un petit affluent du fleuve Niger : kori Ganguel (sud-ouest Niger)*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (26), 142.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n26p142>

### **Résumé**

L'érosion hydrique est un facteur majeur de la dégradation des milieux sableux au Niger. L'objectif de ce travail est de caractériser la dynamique environnementale sur le bassin de Ganguel. Il s'agit spécifiquement de déterminer les dynamiques de l'érosion hydrique, et de l'occupation des sols. La stratégie de ce travail a été basée sur une cartographie diachronique sous le logiciel ARCGIS et des calculs d'indice de l'agressivité climatique. Il ressort une augmentation du ravinement qui a été de 7 ravins/an entre 1989 et 2015, un recul des berges de 7,71m /an entre 2002 et 2017, une augmentation moyenne de 4 noeuds/an entre 2002 et 2017. Une diminution de la végétation de 29% pour la période 1989-2015, une augmentation des surfaces nues et ou encroûtées de 2844 ha entre 1989 et 2015. L'érosivité des pluies à Ganguel entre 1970 et 2017 n'a pas montré une tendance claire et a été régulièrement modérée ( $100 < RI < 200$ ). L'accroissement du ravinement a permis le développement de culture de type verger le long des chenaux. En effet la surface des vergers a connu une augmentation de 0,43% entre 2002 et 2015.

**Mots clés :** Érosion, occupation du sol, ravinement, kori, Ganguel, affluent

## **Land use and gully dynamics in the watershed of a small tributary of the Niger River: kori Ganguel (southwest Niger)**

*Issoufou Ide*

*Amadou Abdourhamane Toure*

*Bouba Hassane*

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

---

### **Abstract**

Water erosion is a major factor in the degradation of sandy environments in Niger. The aim of this study is to characterize the environmental dynamics of the Ganguel basin. Specifically, the aim is to determine the dynamics of water erosion and land use. The strategy for this work was based on diachronic mapping using ARCGIS software and climatic aggressiveness index calculations. The results show an increase in gullying of 7 gullies/year between 1989 and 2015, bank recession of 7.71m/year between 2002 and 20017, and an average increase of 4 knots/year between 2002 and 2017. A 29% decrease in vegetation for the period 1989-2015, an increase in bare and or encrusted surfaces of 2844 ha between 1989 and 2015. Rainfall erosivity at Ganguel between 1970 and 2017 showed no clear trend and was consistently moderate ( $100 < RI < 200$ ). Increased gullying has enabled the development of orchard-type crops along the channels. Indeed, the surface area of orchards increased by 0.43% between 2002 and 2015.

---

**Keywords:** Erosion, land use, gullying, kori, Ganguel, tributary

### **Introduction**

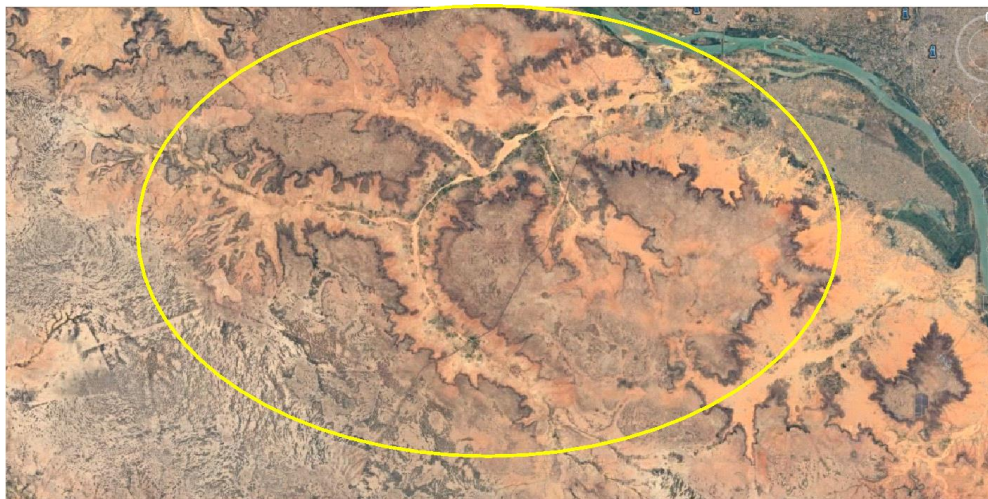
Le Sahel, très sensible aux variations climatiques, est particulièrement marqué par la très forte variabilité des pluies (Sultan et al ,2015 ; Diallo, S et al, 2022 ; zokom, 2025) En effet, la variabilité des pluies est marquée par des sécheresses récurrentes qui ont été particulièrement sévères dans les décennies 1970 et 1980 (Abdourhamane Toure et al., 2017). Ces sécheresses se sont manifestées par la mort de millions d'arbres (Ambouta, 2007 ; Atta et al., 2010). L'effet de cette péjoration climatique a été accentué par la pression de l'homme. En effet, le Sahel est la région du monde qui a connu la plus forte augmentation de population ces dernières années (Garenne et al 2016). Ceci a conduit à une pression importante sur les ressources naturelles (Descroix et al., 2015). Au Niger, la forte croissance démographique (INS, 2022), s'est accompagnée par une forte demande en énergie et en champs de culture qui ont abouti à un déboisement intensif et une expansion des terres cultivées

(Moussa Issaka, 2014 ; Idé et al., 2022 ; Tounkara A. et al. 2022). Ces pressions ont entraîné une modification des états de surfaces avec un accroissement des surfaces nues (Belem et al, 2018 ; Issoufou Idé et al., 2022 ; Adamou et al 2022). Dans la région de Tillabéry, par exemple, Malam Abdou (2016) a mis en évidence une multiplication par 12 des surfaces nues entre 1986 et 2010 du fait de la dégradation de la broussaille et de la forte consommation en bois de chauffe. Cette dégradation de la végétation a favorisé l'emprise de l'érosion et l'ensablement des cours et plans d'eau (El hage hassan et al, 2018). En effet, 100.000 ha de terres sont perdus chaque année au Niger à cause entre-autres de l'érosion (PDS, 2022). Les particules des terres érodées sont charriées par divers cours d'eau pour provoquer en aval l'ensablement des plans d'eau et du fleuve Niger en particulier (ABN, 2016). Le kori Boubon a, par exemple, charrié près de 4.550.000 tonnes de sédiment en 2009 tandis que le kori gorou-kirey a charrié près de 5.000.000 tonnes de sédiments en 2009 vers le fleuve (Mamadou, 2009). La diminution du volume du fleuve Niger par ensablement est un facteur majeur des inondations enregistrées à Niamey (Maurizio Tiepolo, 2016). Au cours des dernières années, les inondations ont entraîné plusieurs morts et destructions de maisons dans l'arrondissement au Sahel (Ahouangan et al , 2014). Si le rôle des affluents majeurs en amont (Dargol, Goroual) est indéniable dans ces inondations récurrentes à Niamey, il est, cependant, important de déterminer le rôle des affluents de moindre envergure et proches de Niamey comme le kori Ganguel. Le présent travail a donc pour objectif de caractériser les dynamiques de l'occupation du sol et de l'érosion hydrique sur le bassin versant de Ganguel.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **Site de l'étude**

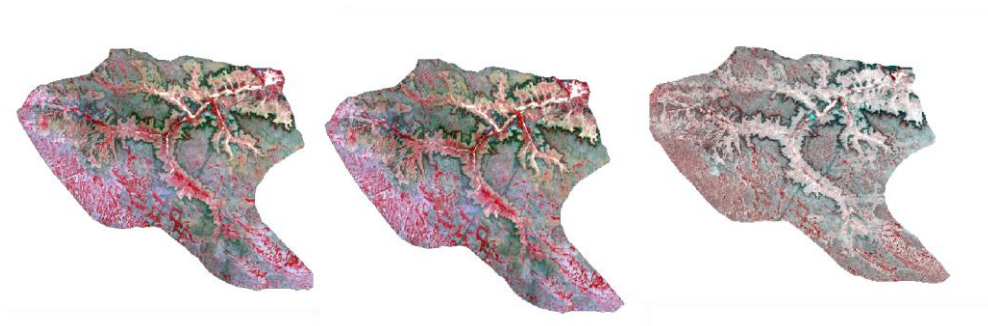
Le bassin versant du kori Ganguel est situé au sud-ouest de Niamey. Il couvre une superficie de 25874.47 ha et est situé entre 1°55'- 2°05'E et 13°25'13°32'N. Le bassin de ce tributaire du fleuve Niger est limité par des plateaux constitués de grès tandis que sa vallée est dominée par des versants sableux (figure1). Les cultures pluviales principalement celle du mil dominant sur les versants. Le sommet des plateaux est lui occupé par une brousse plus ou moins dégradée. Le bassin de Ganguel se trouve au Sahel central et reçoit entre juin et septembre en moyenne près de 500 mm de pluie par année.



**Figure 1 :** Le bassin versant du kori Ganguel

### **Cartographie des unités paysagères et de l'occupation du sol**

Elle a été réalisée avec l'utilisation de trois images Landsat de 1989, 2002, et 2015 suivant un pas de temps régulier de treize ans (figure 2). Les images ont été traitées sur Arc Gis 10.5 ©. Elles ont été au préalable géoréférencées dans le système de Mercator (GCS\_WGS\_84). Une classification semi-automatique de huit (8) unités paysagères et des occupations de sol a été réalisée pour chaque période en se servant de la nomenclature de l'occupation des sols de Niger (Ministère de l'environnement du Niger, 2010).



**Figure 2 :** Images Landsat du bassin versant Ganguel de 1989, 2002 et 2015

### **Cartographie de la dynamique du ravinement**

Elle a été réalisée avec les images Google Earth des années 2002, 2008 et 2017 préalablement géoréférencées dans le système de Mercator (GCS\_WGS\_84). Cependant, du fait de la taille importante du bassin, la dynamique ravinatoire a été uniquement suivie dans la partie médiane du bassin de Ganguel ( $1^{\circ}55' - 2^{\circ}05' - 13^{\circ}25' - 13^{\circ}32'$ ) qui couvre 73,8 ha et qui a présenté

une dynamique ravinaire plus importante. Ainsi, le chenal principal et les différents affluents ont été numérisés sous Arc Gis © 10.5. Les indices de l'érosion par ravinement qui ont été déterminés sur le bassin de Ganguel sont :

- la longueur totale et le nombre des affluents du chenal principal,
- la densité du ravinement (D) (équation 1).

$$D = \frac{\text{Longueur des ravins en km}}{\text{Superficie en km}^2}$$

### Détermination de l'indice d'érosivité des pluies sur le bassin de Ganguel

Le ravinement est une conséquence entre le climat (pluie) et le sol (occupation des sols). L'agressivité climatique a été observée à travers l'indice d'érosivité des pluies de Fournier (1980). Cet indice permet aussi d'expliquer la dégradation spécifique des milieux africains (Andoh *et al.*, 2012 ; Meddi, 2013) et est bien corrélé avec les pertes en terre simulées par le modèle de l'érosion de Wischmeier et Smith (1958) (Roose, 1994 ; Vrieling, 2010). L'indice de Fournier a été déterminé en considérant la pluviométrie de tous les mois de l'année (équation 2). Il a été calculé en tenant compte de la pluviométrie enregistrée entre avril et septembre (saison des pluies) en lieu et place de la pluviosité annuelle de l'équation de Fournier (équation 3). Selon la valeur de l'indice de Fournier, l'érosivité des pluies peut varier de très faible à très élevé.

$$RI=1 \sum(MR)^2/AR \quad (2)$$

RI: indice d'érosivité des pluies

MR: pluviométrie mensuelle en mm

AR : pluviométrie annuelle en mm

$$RI=1 \sum(MR)^2/AR \quad (3)$$

RI: indice d'érosivité des pluies

MR: pluviométrie mensuelle entre avril et septembre en mm

AR : pluviométrie annuelle pour les mois d'avril à septembre en mm

### Résultats et discussions

#### Variations d'unités d'occupation du sol

Elles ont été appréhendées grâce aux cartes réalisées avec les images Landsat de 1989, 2002 et 2015 (figures 3 et 4). Il ressort de l'étude des unités d'occupation des sols que les surfaces cultivées en mil occupent la plus grande

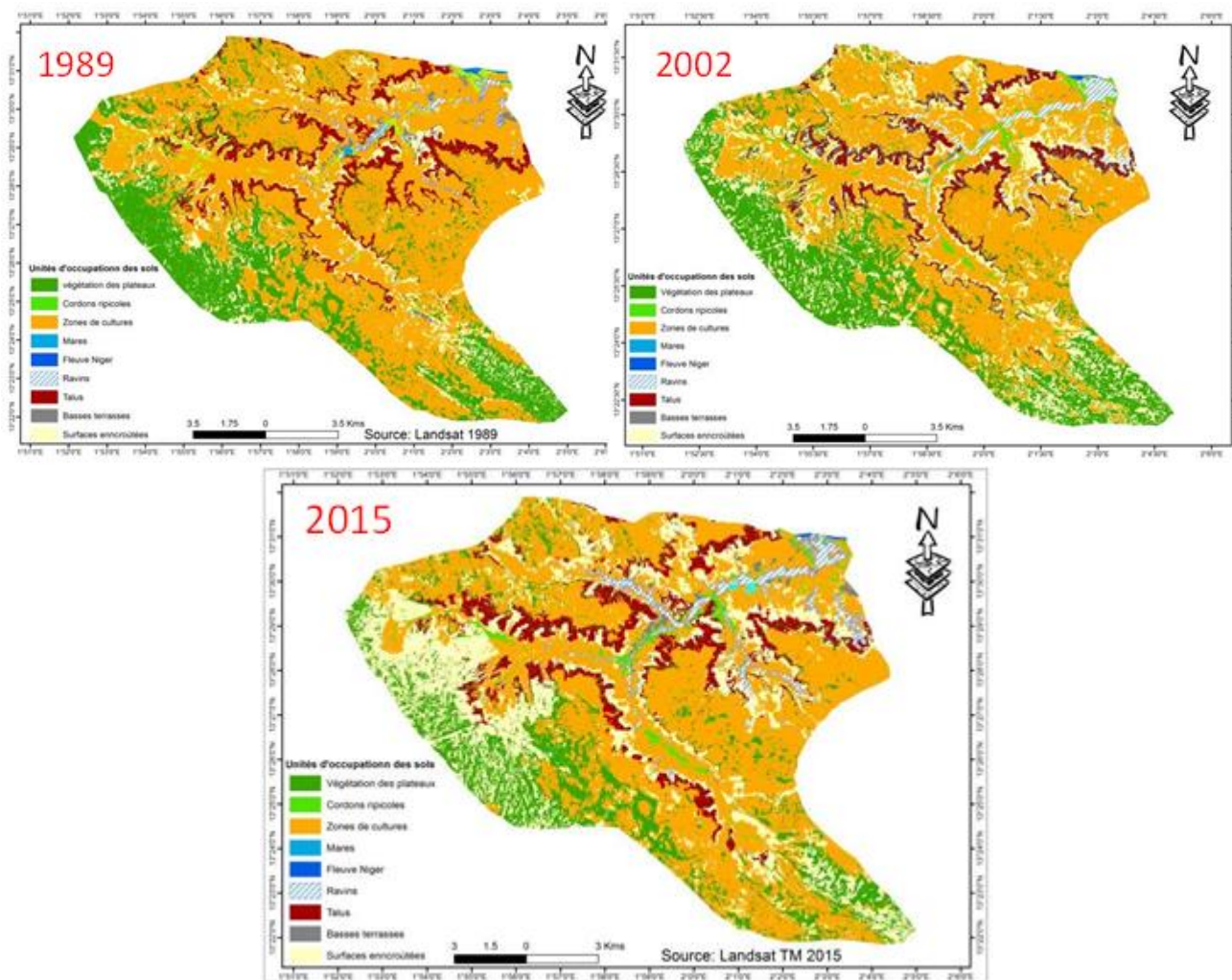


partie du bassin de Ganguel (figures 3). Toutes les vallées sableuses et une bonne partie du sommet des plateaux ont été entièrement mises en culture avant 2015 (figure 3). De 1989 à 2015, les surfaces cultivées en mil ont augmentées en passant respectivement de 39,59% à 49,69 (figure 4). Cette augmentation faite au détriment de la végétation des plateaux a été plus marquée entre 1989 et 2002 où elle atteint en moyenne 0,64% par an soit huit fois l'accroissement moyen des surfaces cultivées (0,08% par an) entre 2002 et 2015. Une augmentation des surfaces cultivées a déjà été observée au cours des dernières décennies au sud-ouest du Niger. En effet, Leblanc et al (2008) ont mis en évidence une extension des surfaces cultivées entre 1950 et 1992. De même, à Saga Gorou, les surfaces cultivées ont connu une extension de près 48,7% entre 1950 et 1975 avant de diminuer entre 1975 et 2009 (Abdourhamane Touré et al., 2010).

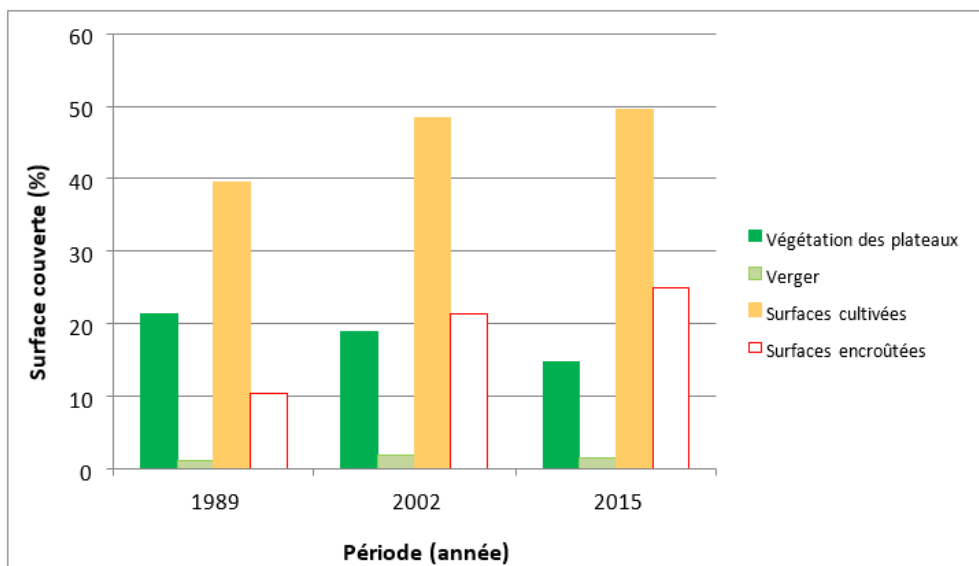
La superficie de la végétation a baissé de manière continue dans le bassin du kori Ganguel entre 1989 et 2015. En effet, le pourcentage de recouvrement par la végétation des plateaux est passé de 21,40% en 1989 à 14,64% en 2015 (figures 3 et 4). Le taux de la baisse moyenne par an a été de 0,31% par an entre 2002 et 2015 soit près de deux fois plus importante que celui 1989 et 2002 (0,17% par an). La structure de la végétation a aussi varié sur les plateaux de Ganguel (figure 3) : elle est passée d'un aspect dense en 1989 et 2002 à un aspect clairsemé en 2015 où les surfaces nues occupent une proportion importante. La végétation subsiste encore sur les plateaux de Ganguel, ce qui n'est pas le cas des plateaux du terroir de Saga Gorou situé à 15 km à l'est de Niamey où les plateaux ont été complètement dénudés dès 1975 (Abdourhamane Touré et al., 2010). Aussi, sur les plateaux de Boubon, Souley Yéro (2008) a mis en évidence un recul voire une disparition de la végétation de la brousse tigrée entre 1950 et 2005. La baisse de la végétation à Ganguel est, cependant, continue entre 1989 et 2015 malgré une pluviométrie meilleure par rapport à la décennie précédente (figure 3).

Les vergers sont localisés le long des koris et sont dominés par des cultures de rentes (moringa, manguier, goyavier, citronnier, et des eucalyptus pour la production en bois). Entre 1989 et 2015, leur dynamique semble marquée par une évolution en cloche (figure 3) en passant de 1,09 ; 1,89 et 1,46% en 1989, 2002 et 2015 respectivement. Dans le complexe de Saga Gorou, les vergers et potagers ont connu une extension importante entre 1975 et 2009 du fait des valeurs marchandes des produits récoltés (Abdourhamane Touré et al., 2010). A Tibiri (région de Maradi), les superficies des vergers ont augmenté de plus de 1000ha entre 1972 et 2010 (Sadda et al., 2007 ; Dallahi et al 2021). Daouda et al., (2015) ont eux aussi mis en exergue un accroissement des surfaces des vergers qui sont passées de 32 ha en 1957 à 660ha en 2014.

Les surfaces encroûtées étaient localisées au pied des talus où les pentes (3,3%) permettent à l'érosion de mieux s'exprimer. Elles ont connu une extension en passant de 10,39 ; 21,30 et 24,86% en 1989, 2002 et 2015 respectivement (figures 3 et 4). L'extension moyenne des surfaces encroûtées entre 1989-2002 a été de 0,78%/an (0.02ha/an soit plus de trois fois celle de la période 2002 – 2015 où elle a été de 0,25%/an (0.006ha/an). L'extension de ces surfaces dégradées au détriment des surfaces cultivées et végétalisées a été particulièrement marquée sur les plateaux (figures 3 et 4) contrairement à Saga Gorou où elle a été plus intense au pied des plateaux (Abdourhamane Touré et al., 2010). Les surfaces encroûtées ont aussi augmenté dans le bassin versant du kori Boubon de 1,37ha entre 1965 et 2007 (Souley Yero, 2008).



**Figure 3 :** Carte d'occupation des sols du bassin versant de Ganguel en 1989, 2002 et 2015.  
Source : images Landsat de 1989, 2002, et 2015

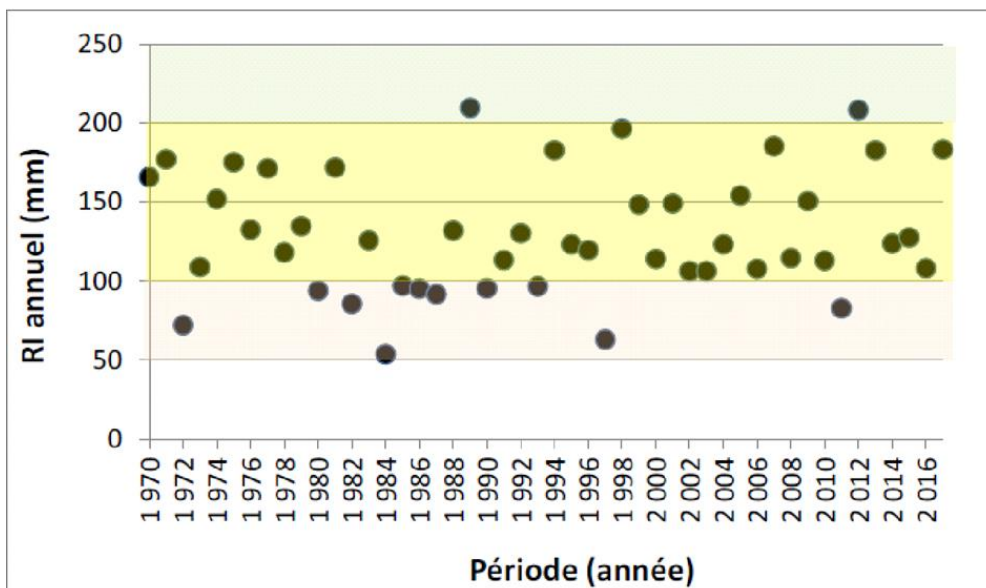


**Figure 4 : L'évolution des unités paysagères et de l'occupation du sol**

### **Variation de L'indice d'érosivité des pluies à Ganguel**

L'érosivité des pluies a été très variable entre 1970 et 2017 (figure 5). L'indice d'érosivité de Fournier qui a oscillé entre 53 et 210 (figure 5) a mis en évidence une fluctuation de l'érosivité climatique. L'érosivité a, en effet, été faible, modéré voire élevé. Entre 1970 et 2017, l'érosivité des pluies à Niamey a été particulièrement modéré ( $100 < RI < 200$ ) dans 73% des années. L'érosivité est, cependant, devenue majoritairement faible ( $50 < RI < 100$ ) au début des années 1980. Durant la période 1970 à 2017, cette érosivité faible a représenté 23% des années. Seules deux années (1989 et 2012) soit 4% ont été marquées par des érosivité élevées ( $200 < RI < 300$ ). La variabilité interannuelle de l'agressivité des pluies a été observée aussi bien au Sahel qu'au Maghreb où elle a été liée à la variation interannuelle des pluies (Ide.I 2022).

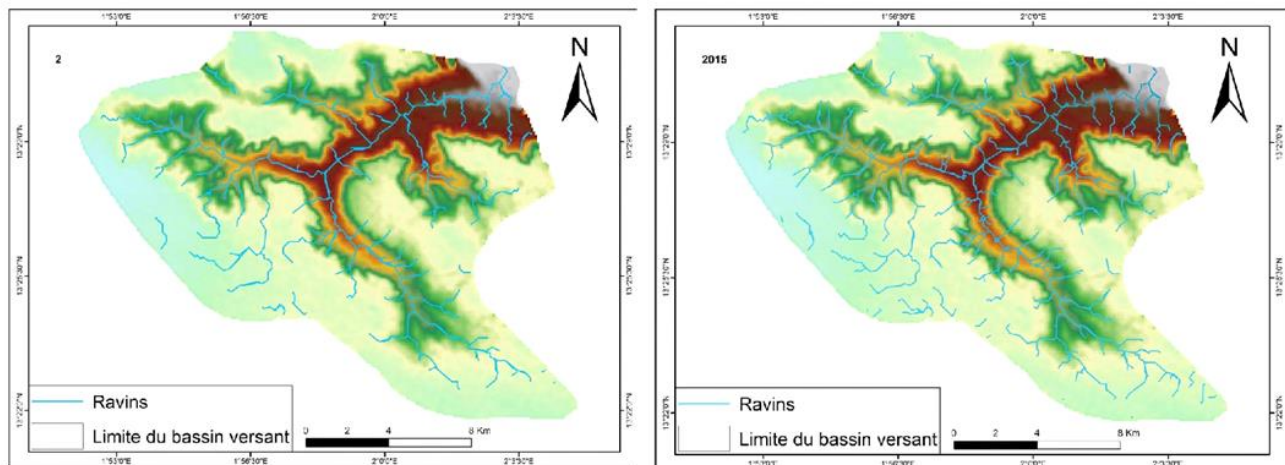




**Figure 5:** Evolution de l'indice d'érosivité des pluies selon les hauteurs pluviométriques interannuelles de la station Niamey Aéroport

### Dynamique du ravinement sur le bassin du kori Ganguel

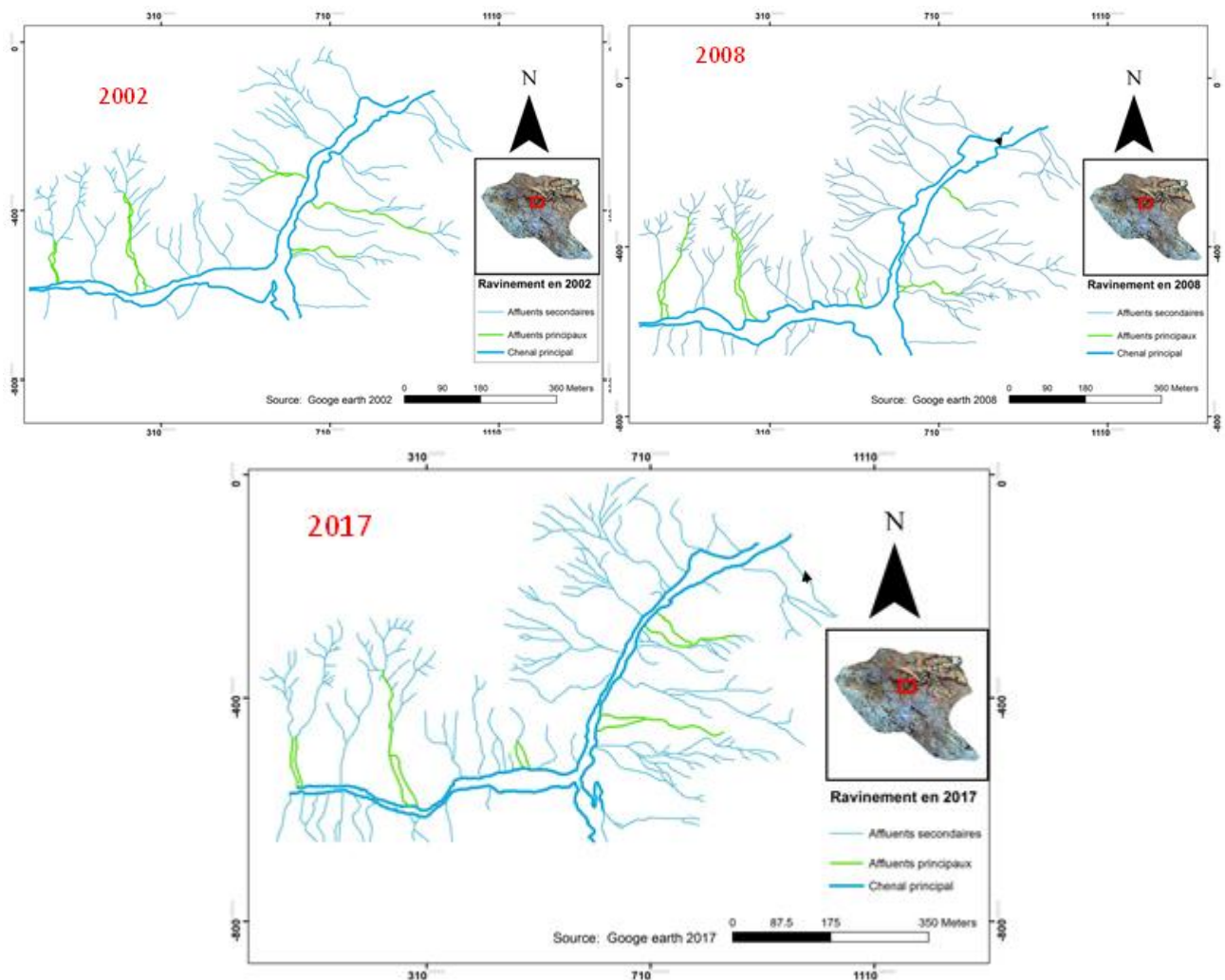
Le ravinement a été d'abord appréhendé sur l'ensemble du bassin versant avec des images MNT de 1989 et 2015 (**figure 6**). Le traitement des images MNT a mis en évidence une augmentation du ravinement à Ganguel. En effet, en 1989 le nombre de nœuds entre les drains a été de 71 avant de passer à 110 en 2015 soit une évolution moyenne de 1,5 nœuds/an. Sur la même période le nombre de ravins est passé de 242 à 418 soit une augmentation moyenne de 7 ravins/an. La longueur totale de l'ensemble des ravins est passée de 13,30 km en 1989 à 26,09 km en 2015 soit un accroissement de 500m/an. L'analyse de l'ensemble de paramètres (longueur totale, nœuds, et ravins) met en évidence une augmentation de l'érosion hydrique par ravinement dans le terroir de Ganguel.



**Figure 6:** Carte du ravinement du bassin versant Ganguel avec des images MNT de 1989 et 2015

Le ravinement a été aussi caractérisé par des images Google Earth de 2002, 2008, et 2017 (Figure 7). Cette caractérisation a été faite dans la partie médiane du bassin versant de Ganguel où la longueur totale des ravins a été respectivement de 6,8 km, 13,7 km, et 14,6 km en 2002, 2008, et 2017 soit une érosion linéaire de près de 1m/an entre 2002 et 2008, 0,1m/an entre 2008 et 2017. Il ressort donc que la période 2002-2008 a connu une érosion 10 fois plus forte que 2008-2017 malgré une agressivité climatique moyenne du même ordre de grandeur entre les deux périodes ( $RI = 128,15 \pm 30,33$  entre 2002 et 2008 ;  $RI = 139,40 \pm 40,23$  entre 2008 et 2017). La forte érosion durant 2002-2008 pourrait, très probablement, être liée à une fragilisation et une sensibilité à l'érosion plus fortes des sols. La dynamique du ravinement à Ganguel est malgré tout en phase avec celle observée sur le bassin versant de Kongou au Nord-est de Niamey où un ravinement plus important a été enregistré entre 2004-2008 relativement à la période 2008-2014 (Abdourhamane Touré et al., 2017). Les analyses des nœuds et ravins ont montré la même tendance que les longueurs de ravines sur les périodes 2002-2008 et 2008-2017. En effet, le nombre de nœuds a connu une augmentation moyenne de 6 nœuds/an en passant de 106 en 2002 à 145 en 2008. Cette dynamique est moindre sur la période 2008-2017 où la moyenne a été de 1 nœud/an entre 2008 et 2017 (Figure 7). Ainsi, l'ordre de Shreve du chenal dans la partie médiane du bassin de Ganguel a été de 94, 138 et 148 en 2002, 2008 et 2017 respectivement. L'augmentation de l'érosion sur le bassin versant de Ganguel a été aussi mise en évidence par la densité du ravinement qui est passée de 1,4 à 1,6 puis à 1,8 km/km<sup>2</sup> en 2002, 2008, et 2017 respectivement. L'augmentation du ruissellement, au cours des dernières

décennies, est cependant généralisée sur l'ensemble du Sahel (Mahe,G et al, 2010 ; Abdourhamane Touré,2017).



**Figure 7:** Carte du ravinement du bassin versant Ganguel avec des images Google earth des périodes 2002, 2008 et 2017

La dynamique ravinaire a été suivie aussi à travers la largeur du chenal principal du kori Ganguel. La section du chenal a connu une érosion par recul des berges très marquée. Ce recul a atteint 40,59 m entre 2002-2008 où la largeur du chenal est passée de 292,40 en 2002 à 332,99 en 2008 soit une érosion par recul de 5,71 m/an en moyenne. Entre 2008 et 2017, le recul moyen a été de 7,20m/an. Le recul important entre 2008-2017 est principalement lié à des flux hydriques plus important dans le chenal suite à l'augmentation des ravines et de leur connectivité (figure 7). Des reculs de berges similaires ont été mesurés à Kongou où le recul a atteint 4,5m pour la période 2004-2015

(Abdourhamane Touré et al., 2017). Cette même tendance a été observée sur le kori Boubon où des reculs moyens de berges ont varié entre 3 et 14 m/an entre 2008 et 2009 le long de six profils en travers dans le bassin versant (Mamadou, 2012).

## Conclusion

L'objectif de ce travail est de caractériser la dynamique environnementale sur le bassin de Ganguel. Il s'agit spécifiquement de déterminer les dynamiques de l'érosion hydrique, de l'occupation des sols et de recueillir les appréhensions des populations sur l'évolution de leur milieu. Cette dégradation dépend du climat, des sécheresses, de la mise en culture et au déboisement en particulier. La dégradation du bassin versant Ganguel est manifestée par : i) le ravinement qui a été de 7 ravins/an entre 1989 et 2015, ii) un recul des berges de 7,71m /an entre 2002 et 20017, iii) une augmentation moyenne de 4 noeuds/an entre 2002 et 2017, iv) une diminution de la végétation de 29% pour la période 1989-2015, v) une augmentation des surfaces nues et ou encroûtées de 2844 ha entre 1989 et 2015, vi) l'érosivité des pluies à Ganguel entre 1970 et 2017 n'a pas montré une tendance claire et a été régulièrement modérée ( $100 < RI < 200$ ) L'accroissement du ravinement a permis le développement de culture de type verger le long des chenaux. Cette étude nous a permis d'observer l'ampleur et la rapidité de la dynamique d'occupation du sol et de l'érosion hydrique à l'échelle du bassin versant. Elle devrait permettre d'avoir une meilleure compréhension de la dégradation environnementale dans la zone, mais aussi servir une base de données pour les études à venir.

**Conflit d'intérêts :** Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

**Disponibilité des données :** Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

**Déclaration de financement :** Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

## References:

1. Abdourhamane Touré, A., Rajot, J.-L., Garba, Z., Guillon, R., Didier, T.A., Marticorena, B., Petit, C., Sebag, D., 2010. Six années de suivi du flux d'érosion éolienne sur un sol sableux cultivé au Sahel: Impacts des résidus de culture et de l'encroûtement. *Etude et Gestion des Sols* 20, 55–68.
2. Abdourhamane Toure, Abdoukader Moussa Issaka, Boubou Hassane, Abdoulwahid Mohamed Djibrilla ET Zibo Garba, 2017 : *Dynamique*

- spatio-temporelle du ravinement dans le bassin versant du lac kongou, sud – ouest Niger, in Rev. Ivoir. Sci. Technol. 181-192 ;*
3. Adamou, S. N., Gourfi, A., Touré, A. A., & Daoudi, L. (2022). Érosion hydrique au sud-ouest du Niger: impacts des facteurs naturels et anthropiques sur les pertes en sols. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 28(2), 77-92.
  4. Ahouangan, M. B. D., Djaby, B., Ozer, P., Hountondji, Y. C., Thiry, A., & De Longueville, F. (2014). Adaptation et résilience des populations rurales face aux catastrophes naturelles en Afrique subsaharienne. Cas des inondations de 2010 dans la commune de Zagnanado, Bénin.
  5. Ambouta, J. K., Mahamane, A., Ichaou, A., Mahamane, S., Morou, B., Amani, I., & Issaka, A. (2007). Indicateurs écologiques de la période optimale de remise en culture de jachères au Niger. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 18(4), 289-295.
  6. Belem, M., Zoungrana, M., & Nabaloum, M. 2018. Les effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la forêt classée de Toéssin, Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(5), 2186-2201 ;
  7. Camara, B., Tounkara, A., & Sarr, S. (2022). Renouvellement de la fertilité des sols dans les systèmes de culture à base de mil du Bassin Arachidier du Sénégal: Evolution et voies d'amélioration.
  8. Dallahi, Y., El Aboudi, A., Sahel, Y., Aafi, A., El Mderssa, M., & Malki, F. (2021). Evaluation de l'impact de la dynamique du couvert végétal sur l'érosion hydrique à l'aide de la méthode PAP/CAR et la télédétection spatiale dans le bassin versant de Kharouba (Plateau Central, Maroc). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 9(4), 562-566.
  9. Diallo, S., Faye, M., & Nacro, H. B. (2022). La variabilité pluviométrique et ses impacts sur les rendements et les surfaces cultivées dans le bassin arachidier de la région de Thiès (Sénégal). *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*.
  10. Descroix L, Diongue Niang A., Panthou G., Bodian A., Sane Y., Dacosta A., Malam Abdou M., Vandervaere J.P., Quantin G., 2015. *Évolution récente de la pluviométrie en afrique de l'ouest à travers deux régions : la Ségambie et le bassin du Niger moyen. Climatologie, vol. 12. 25-43p.*
  11. Dzokom, A. (2025). Méthodologies participatives d'évaluation environnementale intégrée en zone sahélienne: Enjeux, défis et stratégies d'intervention dans le Sahel camerounais. *Sahel Nature Consulting Revue*, 6(07), 1-14.



12. El Hage Hassan, Hussein, Charbel, Laurence, et Touchart, Laurent. 2018. Modélisation de l'érosion hydrique à l'échelle du bassin versant du Mhaydssé. Békaa-Liban. *VertigO*, , vol. 18, no 1.
13. Issoufou, Idé., Abdourhamane, T. A., Halarou, Noma., Louis, R. J., Bouba, Hassane., Didier, Tidjani., & Zibo, Garba .(2022). Vegetation dynamics in a fragile ecosystem in relation to land use: The case of the dune cordon of Namaro, southwestern Niger. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 16(7), 264-274 ;
14. Ide.I., Toure.A., Hassane.B., Rajot.J., & Garba.Z. (2022). Impacts des aménagements antiérosifs de type surface enherbée sur la fertilité des sols dunaires du sud-ouest niger. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 39 (2022) 313 - 324
15. Garenne, M., & Ferdi, S. F. (2016). La pression de la population dans les Pays Sahéliens Francophones: Analyse des estimations et projections de population. *Development*, 168.
16. Malam Abdou Moussa ; 2016. *Hausse des écoulements sur le bassin versant de dargol : entre facteurs anthropiques et climatiques* in *Revue de Géographie de l'Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO* N° 05-Oct. 2016, Vol. 2
17. Moussa Issaka A., 2014. Dynamiques érosives et des états de surfaces dans la partie nigérienne du bassin du lac Tchad, Thèse de doctorat. Niamey : Université Abdou Moumouni, 180p
18. Maurizio Tiepolo., 2016 : *Analyse du risque d'inondation à Niamey/Niger, in l'harmattan, Editor, 233-258P*
19. Sanoussi Atta, François Achard & Sidi Ould Mohamed : *Evolution récente de la population, de l'occupation des sols et de la diversité floristique sur un terroir agricole du Sud-ouest du Niger, in Sciences & Nature Vol.7 N°2 : 119 – 129 (2010) ;*