



Dynamique du ravinement en milieu dunaire dans la partie nigérienne du bassin du Tchad

Gully dynamic in dune area of the Niger's part of the Chad Basin

Abdoulkader MOUSSA ISSAKA ^{1*}, Amadou ABDOURHAMANE TOURE ²,
Bouba HASSANE ² & Zibo GARBA ²

Abstract: Silting up is a major problem of cultivated area, water bodies and infrastructure. In the Manga, in south-eastern Niger, wind erosion is seen as a principal cause of silting. However, hydric erosion and gullying which is seemed to be neglected is observed on dune flank. The sand particles mobilized are deposited in the basin. This work aimed to characterize the gullying dynamic by a diachronic cartography. It appears between 1957 and 2015, an accelerated gullying process. Indeed, the gully total length which is around 1km in 1957 has been multiplied by 15 in 2015. In the same period, Shreve order passed from 2 to 4.

Keywords: Issari, Chad Basin, gullying, cartography, aerial photographs.

Résumé : L'ensablement est un problème majeur pour des plans d'eau et des infrastructures. Dans le Manga, au sud-est du Niger, l'érosion éolienne est vue comme le principal responsable de cet ensablement. Cependant l'érosion hydrique, négligée jusque-là, se manifeste par des ravines observées sur les flancs des dunes. Le sable ainsi mobilisé est déposé dans les zones dépressionnaires. Cette étude vise à caractériser le ravinement par une cartographie diachronique. Il est ressorti entre 1957 et 2015, une dynamique accélérée du ravinement, participant à l'ensablement des zones dépressionnaires. En effet, la longueur totale des ravines qui était de près 1 km a été multipliée par 15. Dans la même période, l'ordre de Shreve, qui indique le degré de connectivité des ravines, est passé de 2 à 4.

Mots-clés : Issari, bassin du Tchad, ravinement, cartographie, photographies aériennes.

INTRODUCTION

Le Sahel est marqué par de sévères transformations climatiques (LEBEL & ALI, 2009 ; OZER *et al.*, 2009 ; DE LONGUEVILLE *et al.*, 2016). Les pluies annuelles au Niger ont, par exemple, baissé en moyenne de 3,1 % par décennie durant la période 1950-2014 (OZER *et al.*, 2017). Cette baisse a été particulièrement importante au cours des sécheresses des années 1970 et 1980 qui ont causé la mort de million d'arbres et profondément modifié l'environnement (CHAMARD & COUREL, 1999 ; HOUNTONDJI *et al.*, 2005). La rudesse du climat se caractérise aussi par une inégale répartition spatio-temporelle des précipitations, une fréquence de plus en plus élevée des vents violents provoquant la formation de lithométéores et entraînant la dégradation continue de l'environnement, notamment des espaces agro-pastoraux (TIDJANI, 2008 ; MAHE & PATUREL, 2009 ; HASSANE, 2013 ; OZER, 2005 ; DE LONGUEVILLE *et al.*, 2009, 2013). Cependant, les sécheresses n'expliquent pas, à elles seules, la dégradation du milieu sahélien. Au sud-est du Niger, les activités des populations sont essentiellement dominées par les pratiques agricoles (pluviales et maraîchères) et l'élevage. Elles sont observées sur trois types de paysages dunaires. Il s'agit des champs, des pâtures sur dunes fixées et des dunes vives. L'évolution actuelle de ces paysages est caractérisée par une accentuation de l'érosion éolienne des terres (OZER *et al.*, 2005 ; TIDJANI *et al.*, 2009 ; MOUSSA ISSAKA, 2014). Cette érosion est amplifiée par une incessante pression anthropique exercée sur des

¹ Département des Sciences Géologiques et Environnementales, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Zinder, B.P 656 Zinder, Niger. Auteur correspondant : kader_geol@yahoo.fr

² Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, BP. 10662, Niamey, Niger.

ressources en sol initialement fragiles (OZER, 2002). L'anthropisation croissante se manifeste par une dévégétalisation importante causée, entre autres, par une intensification du pâturage. Ce surpâturage conduit à une transformation des systèmes dunaires fixés en dunes mobiles bien documentée entre 1975 et 2005 (BODART & OZER, 2009). Les sols à forte productivité agricole (sols des cuvettes et des bas-fonds) ont ainsi perdu 26 % de leur surface en 20 ans par ensablement éolien (TOUDJANI & GUERO, 2006) et restent fortement menacés (TYCHON *et al.*, 2009 ; KARIMOU BARKE *et al.*, 2018). Contrairement à l'érosion éolienne, l'érosion hydrique est peu suivie au sud-est du Niger. Cette présente étude vise donc à caractériser la dynamique de l'érosion hydrique, et particulièrement le ravinement, dans les environnements dunaires d'Issari au sud-est du Niger.

MATERIEL ET METHODES

Présentation de la zone d'étude

Le site est situé à la limite nord sahélienne, au sud-est du Niger dans le bassin du Tchad près du village d'Issari. Il est centré autour de 13°38'-13°37'30'' N - 12°15'-12°15'30'' E (Fig. 1).

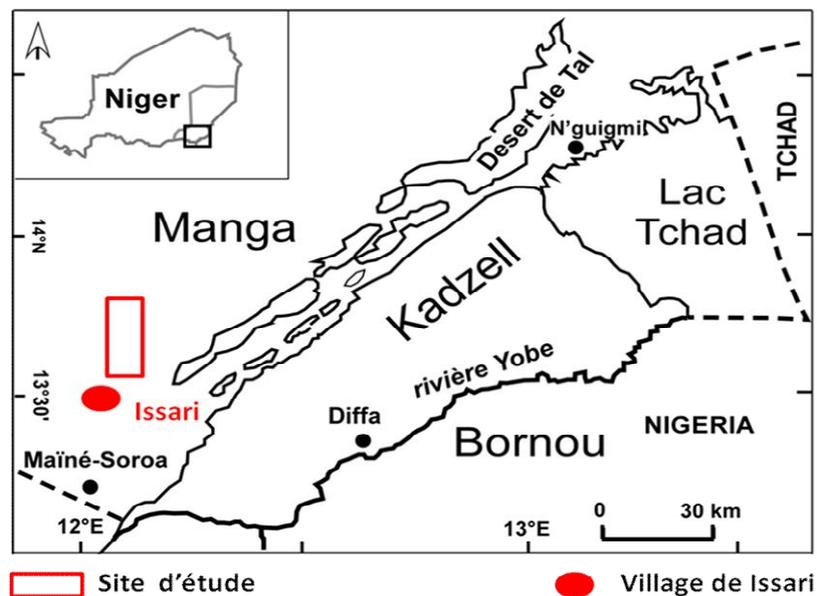


Figure 1 : Localisation du site d'étude.

Cette zone d'une superficie de 5 km² est une dépression quaternaire située sur un ancien erg, le Manga, de 7500 km² ceinturant le lac Tchad (DURAND, 1995). Ce domaine dunaire est entrecoupé de dépressions interdunaires dont les plus basses correspondent aux cuvettes oasiennes (TYCHON & AMBOUTA, 2009). A Issari, ces cuvettes constituent géomorphologiquement les exutoires des ravines se développant sur les flancs des dunes. Ainsi, du matériel sableux est mobilisé et déposé dans les cuvettes.

Cartographie de la dynamique ravinaire

La cartographie de la dynamique ravinaire est basée sur une analyse diachronique réalisée à partir de photographies aériennes (1957 et 1975) et d'une image *Google Earth* de 2015. Ces photographies et images ont été traitées sous ArcGis version 9.3.

Ainsi, l'évolution du ravinement a été suivie et cartographiée sur un site de géométrie rectangulaire d'une superficie de 5 km² à Issari (Fig. 1 et 2). Les ravines ont été digitalisées en polylignes. La somme des longueurs des polylignes (longueur totale des ravines) des années 1957, 1975 et 2015 a été mesurée ainsi que leur taux d'accroissement entre ces périodes. La complexité et la connectivité du réseau ravinaire ont été évaluées selon l'ordre de Shreve (1966).

RESULTATS

En 1957, la longueur totale des ravines était de 910 m (Fig. 2) et leurs connectivités étaient faibles : l'ordre de Shreve des ravines était de 2. Entre 1957 et 1975, la longueur totale des ravines a été multipliée par quatre passant de 910 m à 3945 km (Fig. 2), sans que la connectivité n'augmente (ordre de Shreve était toujours de 2). En 2015, la longueur totale des ravines a atteint 14200 m (Fig. 2 & 4) et leurs connectivités ont augmenté avec l'ordre de Shreve qui a atteint 4. Par ailleurs, relativement à 1957, la longueur totale des ravines a été multipliée par 15.

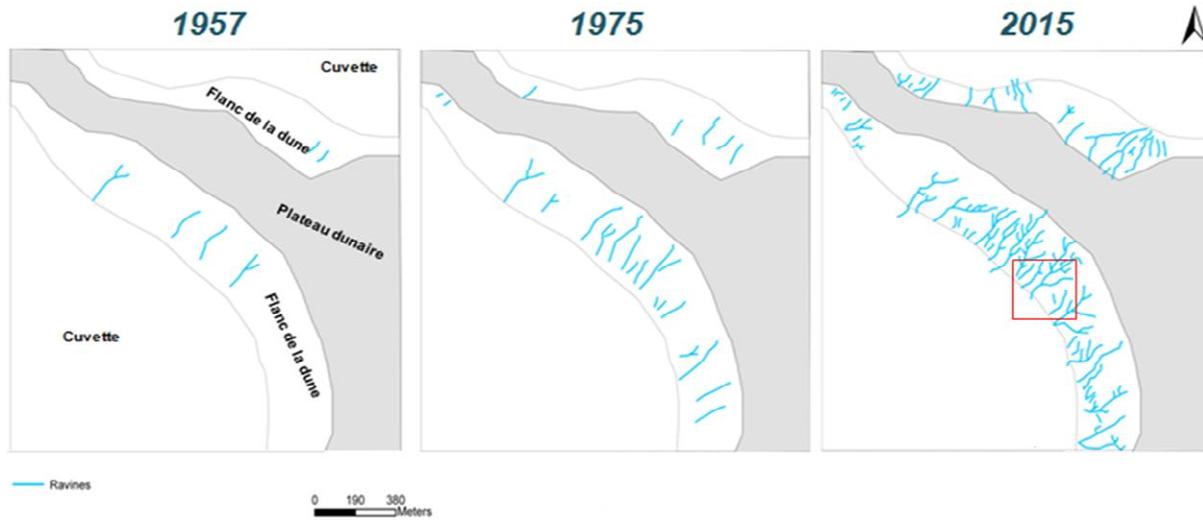


Figure 2 : Evolution de la longueur totale des ravines à Issari de 1957 à 2015 (le carré présente la localisation de la figure 3).



Figure 3 : Illustration du ravinement à Issari (Google Earth, 2015).

DISCUSSION

Le ravinement, forme d'érosion hydrique longtemps ignorée ou négligée dans le sud-est du Niger, a été caractérisé dans ce domaine dunaire du Manga. A Issari, ce ravinement est en nette augmentation à travers l'accroissement de la longueur totale ainsi que de la complexité des ravines de 1957 à 2015 : l'ordre de Shreve est passé de 2 à 4 et la longueur des ravines a été multiplié par 14. Cette augmentation de l'érosion hydrique dans la limite septentrionale du Sahel (150 à 300 mm de pluviométrie annuelle) est un phénomène qui a été observé dans le sud-ouest nigérien sous un climat plus humide (500 mm par an) par LEBLANC *et al.* (2006). Ces auteurs ont relevé une densification du réseau des ravines entre 1950 (période humide) et 1992 (période sèche) avec l'ordre de Shreve des sous bassins-versants qui a été multiplié par 9 tandis que la longueur totale des ravines a augmenté de

65 % entre 1975 et 1992. Il apparaît donc que la complexification de l'érosion hydrique, notamment des ravines, a été plus importante à l'ouest qu'à l'est du Niger. Ceci trouve son explication d'une part dans le fait qu'il pleut plus dans l'ouest et, d'autre part, parce que les pressions anthropiques (défrichages, déboisement, mise en culture, disparitions des jachères, feu de brousse, ...) y sont plus fortes. Par ailleurs, les sols à l'ouest du Niger connaissent un important encroûtement (ABDOURHAMANE TOURE *et al.*, 2011).

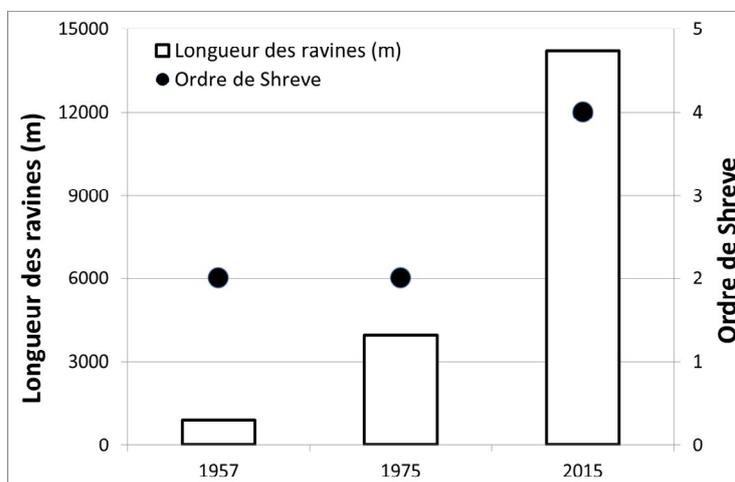


Figure 4 : Evolution de la longueur cumulée totale et de l'ordre de Shreve des ravines à Issari de 1957 à 2015.

La dynamique accrue de l'érosion hydrique dans ces deux parties contrastées du Sahel malgré la diminution généralisée des pluies annuelles de ces dernières décennies peut sans doute être liée aussi au caractère des événements pluvieux marqués par une forte intensité capable de produire du ruissellement et de l'érosion (YU & NEIL, 1993 ; LEBEL & ALI, 2009). Ainsi, OZER *et al.* (2017) ont montré que si les précipitations totales annuelles sont en déclin très significatif au Niger sur la période 1950-2014, les pluies quotidiennes intenses ont augmenté sur la même période. Aussi, cette réduction des précipitations va entraîner une réduction de la végétation qui protège le sol en absorbant une bonne partie de l'énergie contenue dans les gouttes de pluie à la base du processus d'érosion hydrique.

Cette érosion hydrique par ravinement reste ainsi un problème majeur au Sahel. En effet, elle pourrait participer à 80 % voire à plus de 90 % au comblement des eaux de surface (WASSON *et al.*, 2002 ; KRAUSE *et al.*, 2003 ; DE VENTE *et al.*, 2005 ; HUON *et al.*, 2006). A Issari, elle se développe essentiellement sur les flancs des dunes (Fig. 3), participant ainsi à l'ensablement des cuvettes oasiennes qui supportent l'essentiel des activités des populations du sud-est nigérien (AMBOUTA *et al.*, 2005 ; Fig. 3).

Cette accélération du ravinement en domaine dunaire qui va sans aucun doute augmenter le problème de l'ensablement des zones dépressionnaires, cuvettes et autres zones inter-dunaires, mérite une attention particulière.

CONCLUSION

L'analyse diachronique des photographies aériennes et images Google Earth utilisées dans cette étude en domaine dunaire a permis de quantifier le ravinement à travers la longueur et la complexification de son réseau sur la période de 1957 à 2015. Une dynamique et une complexification accélérées du réseau des ravines ont été mises en évidence pendant cette période. Cela suppose une augmentation de l'apport de l'érosion hydrique par ravinement, longtemps négligée, dans le phénomène d'ensablement des zones dépressionnaires.

Ainsi, pour lutter efficacement contre ce phénomène d'ensablement observé aujourd'hui dans ces environnements dunaires, il s'avère désormais important de tenir compte et de quantifier cet apport de l'érosion hydrique.

BIBLIOGRAPHIE

- ABDOURHAMANE TOURE A., GUILLON R., GARBA Z., RAJOT J.L., PETIT C., BICHET V., DURAND A. & SEBAG D., 2011. Sahelian landscape evolution during the six last decades in the Niamey vicinity: from the bush disappearing to the soil crusting. *Pangea*, 47: 35-40.
- BODART C. & OZER A., 2009. Apports de la télédétection dans l'étude de la remise en mouvement du sable dunaire dans la région de Gouré (sud-est du Niger). *Geo-Eco-Trop*, 33: 57-68.
- CHAMARD P.C. & COUREL M.F., 1999. La forêt sahélienne menacée. *Sécheresse*, 10: 11-18.
- DE LONGUEVILLE F., HENRY S. & OZER P., 2009. Saharan dust pollution: Implications for the Sahel? *Epidemiology*, 20: 780.
- DE LONGUEVILLE F., HOUNTONDJI Y.C., KINDO I., GEMENNE F. & OZER P., 2016. Long-term analysis of rainfall and temperature data in Burkina Faso (1950–2013). *International Journal of Climatology*, 36: 4393-4405.
- DE LONGUEVILLE F., HOUNTONDJI Y.C., OZER P., MARTICORENA B., CHATENET B. & HENRY S., 2013. Saharan dust impacts on air quality: what are the potential health risks in West Africa? *Human and Ecological Risk Assessment*, 19: 1595-1617.
- DE VENTE J., POESEN J. & VERSTRAETEN G., 2005. The application of semi-quantitative methods and reservoir sedimentation rates for the prediction of basin sediment yield in Spain. *Journal of Hydrology*. 305: 63-86.
- DURAND A., 1995. Sédiments quaternaires et changements climatiques au Sahel central (Niger et Tchad). *Africa Geoscience Review*, 2: 323-614.
- HASSANE B., 2013. 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, Université de Rouen, Rouen, France, 172 p.
- HOUNTONDJI Y.C., NICOLAS J., SOKPON N. & OZER P., 2005. Mise en évidence de la résilience de la végétation sahélienne par télédétection basse résolution au Niger à la suite d'épisodes de sécheresse. *Belgeo*, 4 / 2005: 499-516.
- HULME M., DOHERTY R. NGARA T., NEW M. & LISTER D., 2001. African climate change: 1900-2100. *Climate Research*, 17:145-168.
- HUON S., BELLANGER B., BONTE P., SOGON S., PODWOJEWSKI P., GIRARDIN C., VALENTIN C., DE ROUW H., VELASQUEZ F., BRICQUET J.P. & MARIOTTI A., 2006. Monitoring soil organic carbon erosion with isotopic tracers: two case studies on cultivated tropical catchments with steep slopes (Laos, Venezuela). In ROOSE E., LAL R., BARTHÈS B., FELLER C. & STEWART B.A. (éds.), *Soil erosion and Carbon Dynamics*. CRC Press, Boca Raton. Florida, USA: 301-328.
- KARIMOU BARKE M., TYCHON B., OUSSEINI I., AMBOUTA K.J.M. & LAMINOU MANZO O., 2018. Analyse de l'évolution des paysages de cuvettes oasiennes et de leurs alentours dans le centre-est du Niger. *Geo-Eco-Trop*, 42: 259-273.
- KRAUSE A.K., FRANKS S.W., KALMA J.D., LOUGHRAN R.J. & ROWAN J.S., 2003. Multi parameter fingerprinting of sediment deposition in a small gullied catchment in SE Australia. *Catena*. 53: 327-348.
- LEBEL T. & ALI B., 2009. Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990 2007). *Journal of Hydrology*. 375: 52-64.
- LEBLANC M., LEDUC C., STAGNITTI F., VAN OEVELEN P.J., JONES C., MOFOR L.A., RAZACK M. & FAVREAU G., 2006. Evidence for Megalake Chad, north-central Africa, during the late Quaternary from satellite data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 230: 230-242.
- MAHÉ G. & PATUREL J.E., 2009. 1896–2006 Sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian rivers. *Comptes Rendus Geoscience*. 341: 538-546.
- MOUSSA ISSAKA A., 2014. Dynamiques érosives et des états de surface dans la partie nigérienne du lac Tchad. Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger, 156 p.
- OZER P., 2002. Dust variability and land degradation in the Sahel. *Belgeo*, 2 / 2002: 195-210.
- OZER P., 2005. Estimation de la pollution particulaire naturelle de l'air en 2003 à Niamey (Niger) à partir de données de visibilité horizontale. *Environnement, Risques & Santé*, 4: 43-49.
- OZER P., BODART C. & TYCHON B., 2005. Analyse climatique de la région de Gouré, Niger oriental : récentes modifications et impacts environnementaux. *CyberGeo*. No.308, DOI: 10.4000/cyberge0.3338.
- OZER P., HOUNTONDJI Y.C. & LAMINOU MANZO O., 2009. Evolution des caractéristiques pluviométriques dans l'est du Niger de 1940 à 2007. *Geo-Eco-Trop*, 33: 11-30.
- OZER P., LAMINOU MANZO O., TIDJANI D., DJABY B. & DE LONGUEVILLE F., 2017. Evolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger (1950-2014). *Geo-Eco-Trop*, 41: 375-383.
- SHREVE R.L., 1966. Statistical law of stream numbers. *The Journal of Geology*, 74: 17-37.

- TIDJANI A.D., 2008. Erosion éolienne dans le Damagaram Est (Sud-Est du Niger) : paramétrisation, quantification et moyens de lutte. Thèse de doctorat, Université catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve, Belgique, 171 p.
- TIDJANI A.D., BIELDERS C.L. & AMBOUTA K.J.M., 2009. Dynamique saisonnière des paramètres déterminant l'érosion éolienne sur les pâturages dunaires du Niger oriental. *Geo-Eco-Trop*, 33: 39-56.
- TOUDJANI Z. & GUERO M., 2006. Analyse diagnostique détaillée de la zone d'intervention du PLECO. Cartographie de la situation d'ensablement. Division des statistiques et de la cartographie forestière, Ministère de l'environnement et de la lutte contre la désertification, PNUD - PLECO, 66.
- TYCHON B. & AMBOUTA K.J.M., 2009. Gestion interdisciplinaire du problème de l'ensablement des cuvettes en milieu sahélien nigérien. *Geo-Eco-Trop*, 33: 1-10.
- TYCHON B., AMBOUTA K.J.M., OZER A., BIELDERS C., PAUL R. & OZER P., 2009. Quel avenir pour les cuvettes oasiennes dans le Niger oriental ? *Geo-Eco-Trop*, 33: III-VI.
- WASSON R.J., CAITCHEON G., MURRAY A.S., MCCULLOCH M. & QUADE J., 2002. Sourcing sediment using multiple tracers in the catchment of Lake Argyle, Northwestern Australia. *Environmental Management*, 29: 634-646.
- YU B. & NEIL D.T., 1993. Long-term variations in regional rainfall in the south-west of Western Australia and the difference between average and high intensity rainfalls. *International Journal of Climatology*. 13: 77-88.