

LES DOMMAGES LIÉS À L'ÉROSION HYDRIQUE DANS DEUX ARRONDISSEMENTS DE LA VILLE DE ZINDER (NIGER)

ABBA Bachir, MALAM ABDOU Moussa, MAMADOU Ibrahim et OUSMANE ABOUBACAR Mahaman Lawan

Département de Géographie
Université de Zinder, Niger

RESUME

Cet article aborde la problématique de l'érosion en milieu urbain dans les contextes climatique et démographique actuels. Il vise à analyser les facteurs et les dommages de l'érosion hydrique dans les 3^{ème} et 4^{ème} arrondissements de la Ville de Zinder (Niger). Il s'appuie sur l'observation directe, les mesures des variables (intensités pluies) et processus (ravinement, déchaussement), la cartographie des formes et des dommages liés à l'érosion hydrique. Les résultats montrent que l'intensité des pluies en 5 minutes (de l'ordre de 60–80 mm/h) entraîne une forte érosivité pluviale. Celle-ci est ensuite amplifiée, d'une part, par les formations sableuses peu cohérentes et, d'autre part, par l'occupation anarchique de l'espace résultant d'une forte croissance urbaine. Ainsi, entre 2001 et 2012, chacun des deux arrondissements reçoit entre 3000 et 4000 nouveaux résidents par année, d'où une forte demande en logement qui se solde par l'occupation des zones à risque (flancs pentus des collines, zones inondables). Trois principaux types de dommages sont répertoriés : la dégradation, le déchaussement et la destruction des infrastructures publiques et socio-économiques. Au total, 62 ravines ont été repérées, totalisant une distance de près de 60 km linéaire. Le 4^{ème} arrondissement est le plus raviné et le plus affecté par le déchaussement des établissements scolaires et des réseaux intra-urbains (routes, canalisation d'eau, réseau électrique). L'épaisseur moyenne d'ablation est de 2,5 cm/an et atteint localement des valeurs comprises entre 20 et 40 cm de profondeur. Dans bien de cas, le déchaussement entraîne la destruction des habitations et des ouvrages divers entraînant un risque sanitaire telle que l'intrusion d'eaux pluviales et/ou usées dans le réseau d'adduction d'eau potable. Outre les dommages sur les infrastructures, le drainage des eaux par les ravines affecte le temps des services et des commerces en bloquant, pendant de longues heures, la circulation entre les lieux de résidence et de service ou vice versa. Des mesures correctives sont donc nécessaires pour limiter les dommages et les risques liés à l'érosion hydrique en milieu urbain.

Mots clés : érosion urbaine, ravinement, dommages, infrastructures socio-économiques, Zinder, Niger.

ABSTRACT

Water erosion Damages's in two urban districts of Zinder city (Niger)

This article addresses the problem of urban erosion in the current climatic and demographic contexts. It aims to analyze the factors and the damage of rainfall erosion in 3rd and 4th district of the City of Zinder (Niger). It is based on direct observation, process measurements (gully, loosening), surveys and mapping of forms and damages related to water erosion. The results show that rainfall intensity in 5 minutes (around 60-80 mm / h) leads to high rainfall erosivity. This is then amplified, on the one hand, by the inconsistent sandy formations and, on the other hand, by the anarchic occupation of the space resulting from a strong urban growth. Thus, between 2001 and 2012, each of the two boroughs receives between 3000 and 4000 new residents per year, resulting in a high demand for housing resulting in the occupation of risk areas (sloping hillsides, flood zones). Three main types of damage are listed: degradation, decommissioning and destruction of public and socio-economic infrastructure. In total, 62 gullies have been identified, totaling a distance of nearly 60 km linear. The 4th Arrondissement is the most ravineous and the most affected by the loss of schools and intran-urban networks (roads, water supply, electricity network). The average ablation thickness is 2.5 cm / year and locally reaches values between 20 and 40 cm deep. In many cases, decommissioning leads to the destruction of homes and other structures resulting in a health risk such as the intrusion of rainwater and / or wastewater into the drinking water supply network. In addition to damage to infrastructure, the drainage of water by the rill affects the time of services and shops by blocking, for long hours, traffic between places of residence and service or vice versa. Corrective measures are therefore needed to limit the damage and risks associated with water erosion in urban areas.

Key words: *urban erosion, gully, damages, socio-economic infrastructures, Zinder, Niger.*

INTRODUCTION

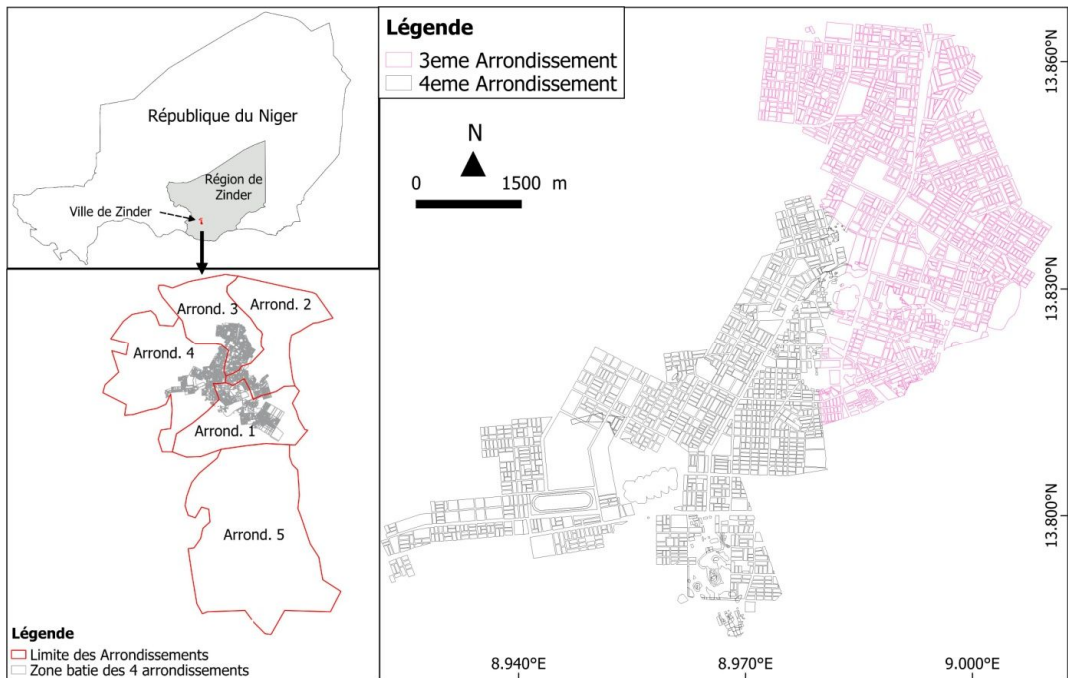
En Afrique, depuis les années 1950, les villes ont connu des taux de croissance annuels exceptionnels soutenus par la forte croissance naturelle de la population urbaine et l'exode rural (M. Kayembe Wa Kayembe *et al.*, 2009, p. 440). Ce qui a conduit à une urbanisation accélérée à l'origine de l'érosion urbaine dans la plupart des grandes villes africaines (A. Abdou, 2016, p. 11 ; M. Tchotsoua, 1994, p. 131; R. Yongué-Fouateu *et al.*, 2000, p. 333; B. E. N'Dri *et al.*, 2017, p. 961; R. J. Kombo-Kissangou *et al.*, 2018, p. 36). Le Niger n'échappe guère à cette contrainte morpho-dynamique. En effet, ces dernières années les villes nigériennes sont soumises à des risques hydrométéorologiques (érosion hydrique et inondations, etc.) aux impacts multiples (A. Tarhule, 2005 p. 355; H. Abdou *et al.*, 2016, p. 129; I. Bouzou Moussa *et al.*, 2016, p. 306). Située au centre-Est de la République du Niger, et reposant sur un socle cristallin, la Ville de Zinder n'est pas épargnée par ce phénomène. Elle est l'une des plus touchées par le problème de l'érosion ravinante (I. Mamadou, 2014, p. 26). L'érosion hydrique, de plus en plus accélérée, marque ses traces souvent au détriment des infrastructures socioéconomiques et d'autres édifices dont les habitations, les poteaux électriques, les canalisations d'eau, etc. Aussi, la ville connaît depuis quelques années une extension de sa superficie qui est passée de 554,3 ha en 1982 à 1 637,3 ha en 2000 (I. Nouhou, 2010, p. 19), puis à 55966 ha en 2013. Cette urbanisation a conduit aussi à une occupation anarchique de l'espace surtout par les populations démunies qui occupent les zones impraticables et difficiles d'accès tels que les sommets de collines et leurs flancs ou les zones inondables qui sont naturellement prédisposés à l'érosion hydrique. Ainsi, lors des averses, des quartiers entiers peuvent être bloqués par des écoulements torrentiels souvent mortels. Dans ce contexte, maîtriser l'érosion hydrique et protéger les populations et les infrastructures concernées sont les défis auxquels fait face la Ville de Zinder. Cette recherche vise donc à étudier les dommages causés par l'érosion hydrique à Zinder à travers l'exemple des arrondissements communaux 3 et 4. Après une présentation du cadre géographique et méthodologique, les résultats seront analysés et discutés.

1. MATERIELS ET METHODE

1.1. Présentation de la zone d'étude

L'étude concerne la zone bâtie des arrondissements communaux 3 et 4 de la Ville de Zinder (Figure 1).

Carte 1 : Localisation de la zone d'étude



Source : Base de données *SIGNER*

La zone d'étude s'inscrit dans un contexte climatique de type sahélien, marqué ces dernières décennies par une irrégularité spatio-temporelle des précipitations. Le cumul pluviométrique moyen interannuel (1905–1918) est de 420 mm (± 104) réparti généralement en une trentaine d'événements pluvieux entre les mois de juin et septembre. Sur le plan géomorphologique, le relief de la Ville de Zinder est composé des affleurements rocheux de type granitique et métamorphique aux versants pentus (de l'ordre de 8 à 10 %) et entre lesquels se trouve une zone à l'allure de plaine plus ou moins ondulée. Les affleurements rocheux sont recouverts dans certains secteurs de la ville par des formations dunaires plus ou moins stables. Ces dunes qui servaient de champs d'agriculture pluviale il y a à peine une décennie, sont complètement envahies par des agglomérations de

tout genre (en dur, en semi-dur, en banco) et souvent sans une étude d'évaluation de leur portance. Or le dépôt de ces dunes directement sur les roches du socle les prédisposent à un fort lessivage tandis que leur composition principalement sableuse les rend vulnérables à l'érosion. De ce fait, la Ville de Zinder est soumise aux dommages liés aux eaux pluviales dont l'érosion ravinante qui touche surtout les quartiers excentrés ou ceux situés sur les flancs de collines. À leur position excentrée s'ajoute l'insuffisance ou le manque des ouvrages de drainage, facteur qui intensifie le ravinement.

1.2. Approche méthodologique

Pour comprendre les processus actuels liés à l'érosion pluviale dans les deux arrondissements communaux, il est privilégié des observations directes et des mesures sur le terrain. Des données pluviométriques recueillies à la direction de l'Agriculture ont fait l'objet d'analyse tandis que celles morpho-pédologiques ont été appréciées en vue de caractériser les facteurs de l'érosion hydrique. Sur le terrain, il est procédé au repérage (à l'aide d'un GPS) des axes de drainage intra-urbains et aux mesures des quelques processus (ablation, ravinement, déchaussement). Cette approche a permis de mieux cartographier le réseau de ravines dans les endroits où elles sont invisibles même sur des images à haute résolution spatiale comme Google Earth, mais aussi les types de dommages. Elle a permis aussi de les différencier des pistes notamment en plein centre-ville. Aussi, les observations ont porté sur l'identification et la classification des différents types de dommages (ablation, ravinement, déchaussement) et les infrastructures concernées (voiries, établissements scolaires, habitations, réseaux d'adduction d'eau potable). Les coordonnées géographiques de chaque dommage ont fait l'objet d'un relevé au GPS en vue de dresser une cartographie des dommages.

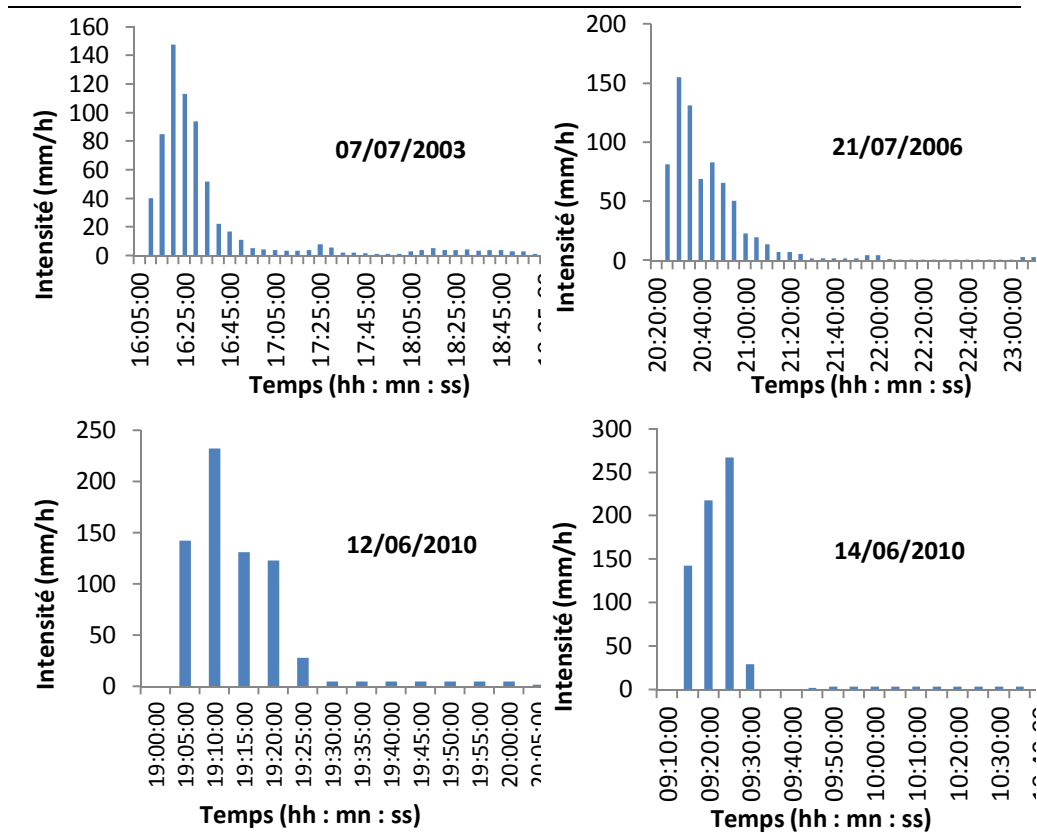
2. ANALYSE DES RESULTATS DE L'ETUDE

2.1. Facteurs et manifestations de l'érosion hydrique dans la zone d'étude

La pluie est le premier facteur de l'érosion. De par sa structure et ses intensités, elle génère le ruissellement par dépassement de la capacité d'infiltration des sols. L'analyse morphologique de quelques événements pluvieux caractéristiques de la zone d'étude (Figure 1) montre les fortes intensités des pluies dès les premières minutes du déclenchement des averses. Les intensités en 5 minutes atteignent fréquemment les 60 mm/h. Dans ces conditions, de très forts ruissellements se produisent bien avant la saturation

des sols. Ils engendrent ainsi l'érosion de ces sols d'autant plus que ces derniers sont principalement sableux.

Figure 1. Structure et intensités de quelques averses caractéristiques de la zone d'étude



Source : Base des données AMMA Catch, (www.amma-catch.org)

Par ailleurs, l'érosion est souvent amplifiée à cause de l'occupation anarchique et du non-respect des règles élémentaires d'urbanisme. Ces facteurs, semblent être la résultante d'une forte croissance démographique qui implique une croissance urbaine peu ou pas planifiée et souvent non accompagnée. Cette situation est très caractéristique de la Ville de Zinder qui connaît une croissance démographique et urbaine sans précédent. En l'espace d'une décennie (2001-2012), l'effectif total des deux Arrondissements ici étudiés est passé de 80 201 habitants à 136 918 habitants (INS, 2006 et 2014), soit une croissance de plus 70 %. La population du 4^{ème} Arrondissement a quasiment doublé, passant de 41440 à 80923 habitants, soit une augmentation de près de 4000 résidents chaque année. Cette croissance

DOMMAGES LIÉS À L'ÉROSION HYDRIQUE DANS DEUX ARRONDISSEMENTS DE LA VILLE DE ZINDER (NIGER)

se traduit par une forte demande en logement et se solde par l'occupation anarchique des zones à risques d'érosion comme c'est le cas de *Garin Malam*, *Roumboun Laka*, *Charé Zamna* (littéralement « balaie et installe-toi »), *Djaguindi* et *Garin Liman*. Ces quartiers sont situés sur des fortes pentes des collines quartzitiques ou sur les flancs des dunes. Aussi, des quartiers comme *Harobanda Kanya*, *Garin Limam* ou *Tapkin Tsakoua* se sont installés dans des zones inondables.

En outre, la vulnérabilité des batis à l'érosion est souvent accrue par des facteurs d'ordre morpho-pédologique. Les photos 1_A et 1_B illustrent la situation d'une maison construite sur une dune recouvrant la roche du socle (granite). Du fait de la perméabilité et de la faible épaisseur de ce dépôt (80 cm environ), les eaux qui s'infiltrent se stagnent dès qu'elles atteignent la roche granitique saine et imperméable. Ainsi, l'humectation des dépôts sableux dunaires par capillarité fragilise ces derniers et les rend instables, d'où des fendillements des habitations et leur prédisposition à la dégradation.

Photo 1. Prédisposition structurale des batis aux dommages liés à l'érosion hydrique



Source : travaux de terrain, 2019.

Ces photos montrent également l'intensité de l'ablation surfacique du fait de la faible cohérence des matériaux sableux. L'épaisseur décapée varie entre 30 et plus de 60 cm et met à nu la fondation de la maison, d'où sa vulnérabilité à la dégradation. La faible cohérence des matériaux se solde également par le ravinement comme le montre la photo 2. Ici, le dépôt sableux est épais de l'ordre de quelques mètres. Sa vulnérabilité à l'érosion résulte davantage de sa composition texturale essentiellement sableuse. En conséquence, les eaux pluviales entaillent assez facilement la dune. Les dimensions (profondeur, largeur) des cours d'eau créés évoluent ainsi pour atteindre les édifices humains. On remarque, sur la photo 2, la fosse et le tuyau de distribution d'eau potable déterrés par ravinement ainsi que le mur fendillé et menacé par le ravin.

Photo 2. Vulnérabilité morpho-pédologique à l'érosion hydrique



Source : travaux de terrain, 2019.

Dans la zone d'étude, l'érosion se manifeste par diverses formes et avec des intensités variables selon les quartiers de la zone d'étude. Il s'agit principalement de l'érosion diffuse qui entraîne l'ablation ou le décapage des couches superficielles des sols sur de vastes surfaces. Ce type d'érosion s'observe dans tous les quartiers et entraîne d'importantes quantités de particules. Il implique généralement le déchaussement des arbres ou des édifices humains. La seconde forme identifiée est l'érosion ravinante qui entaille les formations sableuses ou sablo-limoneuses qui recouvrent les roches cristallines de la Ville de Zinder. C'est la forme d'érosion la plus dangereuse et s'observe particulièrement dans les quartiers périphériques récemment bâtis. Dans ces quartiers, le ravinement prend de l'ampleur et devient de plus en plus une contrainte pour la population et un frein pour le développement socioéconomique de la ville. En effet, à l'occasion de chaque événement pluvieux, les ravins créés entraînent l'isolement temporaire des quartiers entiers à cause des écoulements torrentiels pouvant durer des heures. Cet arrêt de la circulation et des échanges, n'est pas un phénomène particulier pour la Ville de Zinder.

2.2. Les dommages liés à l'érosion hydrique dans les 3^{ème} et 4^{ème} arrondissements de Zinder

Étant la forme d'érosion la plus dangereuse dans la ville, le ravinement accentue ou engendre plusieurs types de dommages tels que l'obstruction des caniveaux, le déchaussement, la destruction et l'ensablement des édifices humains et des infrastructures socioéconomiques (canalisations d'eau potable, poteaux électrique, marché, lignes éclectiques

DOMMAGES LIES A L'EROSION HYDRIQUE DANS DEUX ARRONDISSEMENTS DE LA VILLE DE ZINDER (NIGER)

souterraines). Les trois principaux types de dommages observés dans les 3^{ème} et 4^{ème} Arrondissements de Zinder sont décrits ci-dessous.

2.2.1. La dégradation de routes

Les deux arrondissements communaux étudiés sont très faiblement dotés d'ouvrages de drainage des eaux pluviales. Hormis quelques axes goudronnés, rues pavées et latéritiques qui servent à la fois au drainage et aux dessertes intra-urbaines, les voies de dessertes de ces deux arrondissements sont, dans l'ensemble, composées des sentiers (voies en terres). Ils sont de ce fait prédisposés à l'érosion ravinante. Ainsi, il est dénombré 62 ravines (Tableau I) dont certaines ont des dimensions spectaculaires. Plusieurs de ces ravines empruntent et se confondent aux voies de dessertes inter et intra-quartiers. Ce sont donc des « rues drainantes » et se localisent généralement dans les quartiers occupant les secteurs à risque. Le Tableau I montre que le quartier *Karkada* est le plus raviné, avec 30 ravines. Cette intensité de ravinement n'est pas sans conséquence sur la circulation des usagers pendant les saisons pluvieuses. A l'occurrence des nuages orageux, les résidents de ce quartier ont presque toujours le même réflexe : regagner chez soi avant la pluie pour ne pas être bloquer des heures durant (parfois toute la nuit) par les écoulements. Qu'on soit à pieds ou moto-porté, fonctionnaire ou opérateur économique, la réaction est la même lorsque la pluie s'annonce : quitter le service, fermer le commerce pour rentrer chez soi à temps. Et, s'il se produit une pluie matinale, celle-ci impliquerait alors le retard d'ouverture de service ou des commerces, ce qui réduit donc, d'une manière générale, la durée de travail.

Le quartier *N'wala* est, en revanche, le moins raviné car le peu d'ouvrages de drainage des eaux pluviales (caniveaux, rues pavées et perrés maçonnés) existants, ont été construits pour l'essentiel dans ce quartier.

Tableau I : Inventaire des ravines dans la zone d'étude

Quartiers	Nombre de ravine	Longueur totale de ravines (Km)
<i>Garin Liman</i>	07	4,53
<i>Karkada</i>	30	29,16
<i>Charé Zamna</i>	10	8,87
<i>Djaguindi</i>	15	16,96
<i>N'wala</i>	00	00
Total	62	59.52

Source : Travaux de terrain, 2018

Les impacts de l'érosion sur le réseau routier se matérialisent en grande partie par le ravinement, l'ensablement ou la formation des flaques d'eau dans certains cas. La photo 3 illustre la dégradation de la voirie. On remarque, sur la photo 3_A, l'effet de l'érosion régressive sur la route nationale RN11 (Zinder-Tanout) en face du 3^{ème} arrondissement communal. La photo 3_B met en évidence la dégradation de la rue pavée par enlèvement et transport des matériaux, d'où la formation d'une flaque d'eau rendant inaccessible les maisons se trouvant aux environs immédiats après chaque pluie ruisselante. Ce type de dégradation concerne la majorité des voies en terre qui sont les principaux axes de desserte entre les différents quartiers. Assez souvent, ces voies deviennent inaccessibles quand elles drainent.

Photo 3 : Dégradation du réseau routier A : route RN11, et B : rue pavée au quartier Djaguindi



Source travaux terrain, 2018

Le mauvais état du réseau urbain (routes modernes, sentiers, voies en terre) dû au ravinement et au débordement des caniveaux entraînent l'isolement des quartiers. L'ensablement en est un autre dommage subi par le réseau routier. En effet, il perturbe le plus souvent la circulation surtout au niveau des dalots où il entraîne la formation de flaques d'eau sur les routes bitumées.

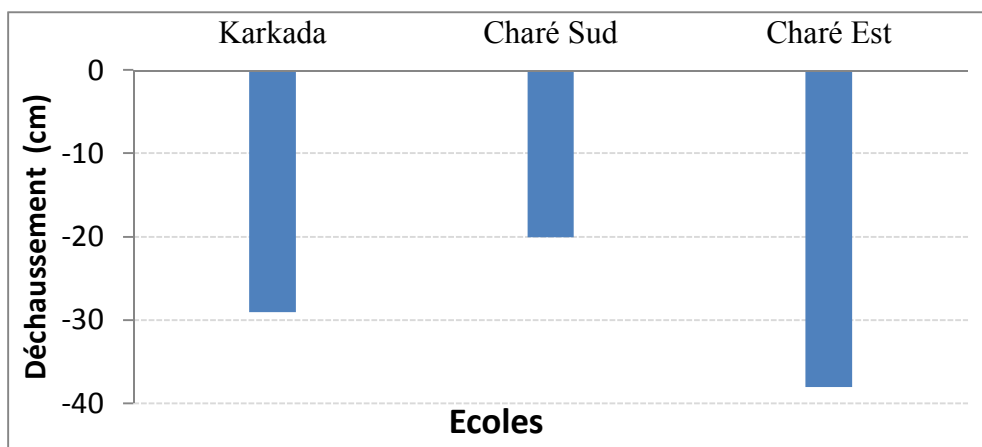
2.2.2. Le déchaussement des infrastructures socioéconomiques

L'effet combiné de l'érosion diffuse et de l'érosion ravinante entraîne le déchaussement surfacique ou linéaire des infrastructures socio-économiques. Les établissements scolaires sont les plus concernés par le déchaussement à cause, d'une part, de leur situation topographique souvent

DOMMAGES LIÉS À L'ÉROSION HYDRIQUE DANS DEUX ARRONDISSEMENTS DE LA VILLE DE ZINDER (NIGER)

en zone déprimée et, d'autre part, de leurs faibles entretiens pendant la saison des pluies qui est aussi la période des grandes vacances. Leurs toitures en tôles impliquent une forte production des ruissellements. Ceux-ci prédisposent donc ces établissements au ravinement qui déchausse progressivement la fondation des bâtiments. Le déchaussement des classes est principalement observé dans les quartiers *Karkada*, *Charé Zamna* et *Garin Liman*. La figure 2 illustre la profondeur de déchaussement des classes dans trois écoles primaires du 4^{ème} arrondissement communal. Il est de l'ordre de 20-40 cm depuis la surface du sol qui est le niveau de référence. L'école *Charé-Est* est la plus endommagée avec 38 cm de déchaussement en moyenne et affectant une dizaine de classes. Ces dégâts mettent en évidence le dysfonctionnement du caniveau destiné à protéger cet établissement. Il est en effet comblé par des dépôts sableux.

Figure 2 : Déchaussement de salles de cours dans quelques établissements scolaires

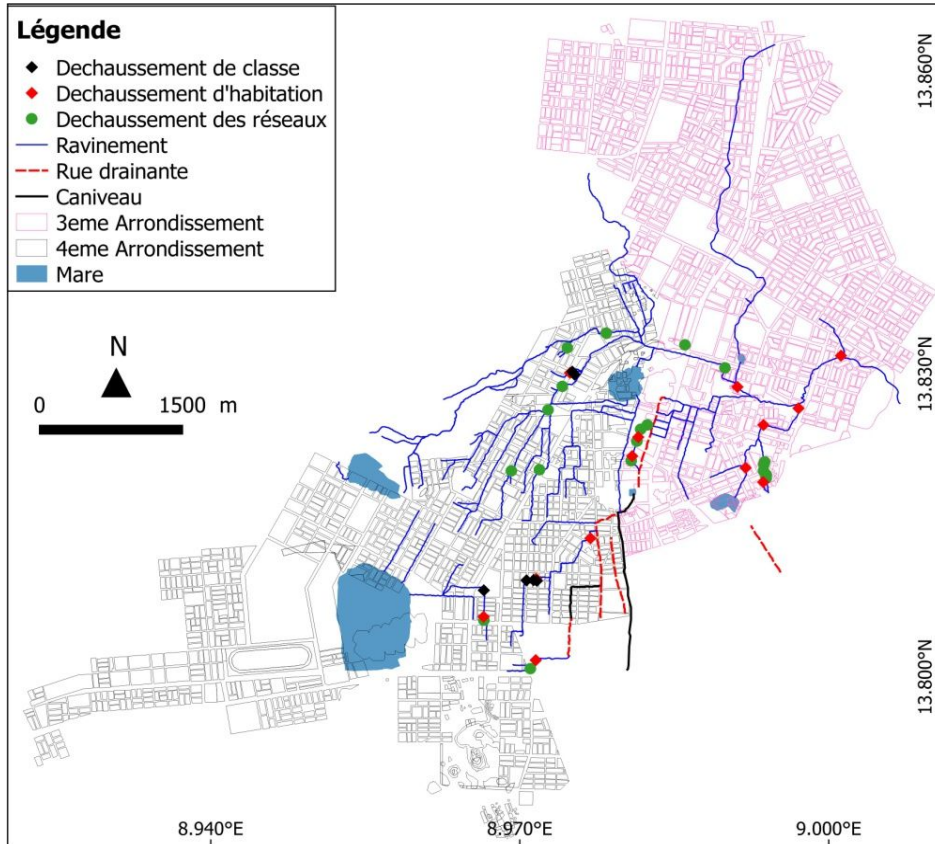


Source : travaux terrain, 2018

En plus des établissements scolaires, le déchaussement impacte aussi les habitations et les réseaux intra-urbains. Au total, une quarantaine de cas de déchaussement significatif a été enregistré au cours de la saison des pluies 2017-2018 (carte 2). Le 4^{ème} Arrondissement est davantage affecté par les déchaussements des classes et des voiries tandis que dans le 3^{ème} Arrondissement, les logements sont les plus touchés. La vitesse d'ablation moyenne calculée suivant la méthode appliquée par B. S. Dansou (2011, p. 35) et C. G. Eténé et *al.* (2017, p. 221) sur une dizaine d'années est de l'ordre de 2.57 cm/an. Dans certains secteurs où l'ampleur du ravinement a atteint un seuil critique, le déchaussement engendre le plus souvent d'autres formes de

dommages comme l'effondrement ou la destruction des infrastructures socioéconomiques.

Carte 2. Déchaussement des infrastructures socioéconomiques dans les 3^{ème} et 4^{ème} Arrondissements de la Ville de Zinder au cours de la saison 2018.



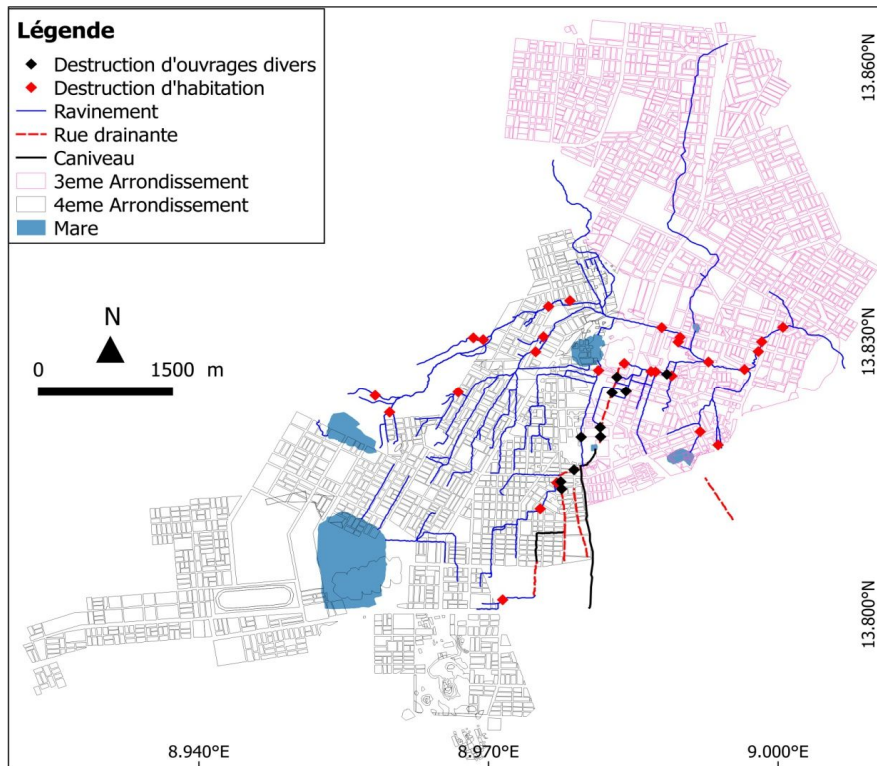
Source : travaux terrain, relevés GPS, 2018

2.2.3. La destruction des infrastructures socioéconomiques

La carte 3 donne la répartition des dommages relatifs à la destruction des infrastructures socioéconomiques. Celle-ci concerne essentiellement les habitations dans les quartiers *Garin Liman* et *Djaguindi* et les établissements scolaires (mûrs de clôtures, salles de cours et latrines). A titre illustratif, l'école évangélique de la république du Niger (*EERN*) est l'un des établissements les plus affectés par l'effondrement du mur de clôture. En effet, la cour de cet établissement est traversée par deux grands ravins aux fortes capacités érosives. D'ailleurs, du fait de leurs activités érosives, on arrive plus à construire des nouvelles salles dans la cour de l'école.

DOMMAGES LIÉS A L'ÉROSION HYDRIQUE DANS DEUX ARRONDISSEMENTS DE LA VILLE DE ZINDER (NIGER)

Carte 3 : Les dommages liés à la destruction des infrastructures socioéconomiques



Source : travaux terrain relevés, GPS, 2018

L'école *Charé-Est* est aussi affectée par ce dommage. Des salles de cours ou encore des latrines sont régulièrement détruites par les eaux de ruissellement qui sapent les fondations et qui entraînent leur effondrement (photo 4).

Photo 4 : Destruction (A) de salle de cours à *Djaguindi* et (B) de latrine à l'école primaire *Charé*



Source : travaux terrain, 2018

En outre, il est répertorié des dommages affectant les installations électriques souterraines et les canalisations d'eau potable. Ce type de dommage a pour effet d'accroître les risques sanitaires potentiels. En effet, les eaux usées peuvent envahir le réseau d'adduction d'eau potable et être consommées par les populations. Ce cas de figure a d'ailleurs été rapporté en 2018 dans le quartier *Garin Malan* où les résidents ont, pendant plusieurs jours, consommé des eaux usées. Au cours de leur drainage, ces eaux se sont introduites dans le réseau de distribution d'eau potable via les fissures et fentes des tuyaux. Les résidents de ce quartier affirment que, lorsqu'ils ouvrent leurs robinets, les eaux servies sont sombres et très puantes. De tels incidents peuvent se multiplier si l'on y prend garde car les points de faiblesse des tuyaux et de croisement des eaux potables et pluviales sont très nombreux dans la zone d'étude. La photo 5 illustre le déchaussement d'installation de la SEEN (Société d'Exploitation des Eaux du Niger) à *Karkada* et à *Garin Liman*. A *Karkada* (photo 5_A), le déchaussement est de 110 cm pour cet ouvrage hydraulique installé en 1983 soit une vitesse sapement de 3 cm/an. Sur cette image, la couleur sombre du tuyau PVC, qui traduit sa dégradation par le soleil, les décharges piégées par ce tuyau et la flaque d'eau stagnante sont expressives de l'éventualité d'association entre eau potable et eau de ruissellement. La photo 5_B montre le déchaussement d'une canalisation d'eau potable à *Garin liman* et qui alimente le village de *Madatèye*. Le sapement est de 60 cm pour la seule année 2018 tandis que la

DOMMAGES LIÉS A L'ÉROSION HYDRIQUE DANS DEUX ARRONDISSEMENTS DE LA VILLE DE ZINDER (NIGER)

vitesse de sapement globale est de 5.8 cm/an pour une profondeur de 210 cm pour le kori.

Photo 5 : Ouvrage hydraulique affecté par l'érosion au quartier Karkada



Source : travaux terrain, 2018

En plus des établissements scolaires, les habitations sont aussi impactées par un dommage dévastateur. En 2018, on compte une vingtaine de murs de clôtures détruits par les eaux de ruissellement dont 12 localisés au quartier *Karkada*. L'importance des dégâts dépend généralement de la position topographique du quartier. Les dégâts sur le terrain sont plus perceptibles dans les quartiers implantés dans les zones à risque (piémont des collines, bas-fonds). Dans la même catégorie des dommages, se trouve également la chute des poteaux électriques suite à leur déchaussement.

3. DISCUSSION

Les résultats ci-dessus présentés montrent l'exposition de la zone étudiée à l'érosion hydrique. Celle-ci est engendrée, sinon amplifiée par le climat à travers l'intensification des pluies qui entraînent une hausse des capacités érosives des averses. Au Sahel, des valeurs d'intensité de l'ordre de 150-200 mm/h, nettement supérieures à celles observées dans la zone d'étude (60-80 mm/h), ont été notifiées par plusieurs auteurs (L. Descroix *et al.*, 2013, p. 42 ; H. Abdou *et al.*, 2016, p. 135). La hausse d'occurrence des pluies intenses en cours (G. Panthou *et al.*, 2014, p. 4002 ; C. M. Taylor *et al.*, 2017, p. 476) et dans le futur (GIEC, 2014, p. 7) est donc un risque majeur pour les

populations. Face à cet aléa naturel, la stratégie de gestion de ce risque consisterait inéluctablement à améliorer l'adaptabilité et la résilience des populations. Pour ce faire, celui-ci doit donc être intégré dans les variantes des plans communaux d'urbanisme et d'aménagements. Par ailleurs, il est ressorti que le contexte morpho-pédologique (forte pente, occupation des flancs des dunes) et surtout l'occupation anthropique de l'espace (zones à risque, inondable ou marginale) constituent les facteurs aggravant les dommages. Ces derniers sont, en effet, considérés comme les principales causes de l'érosion urbaine dans les villes africaines (M. Tchotsoua, 1994, p. 131 ; R. Yonqué-Fouateu *et al.*, 2000, p. 340 ; M. Kayembe Wa Kayembe et E. Wolff, 2015, p. 129). Parmi les différentes formes, l'érosion ravinante est la plus dangereuse. Ce constat concorde avec les conclusions de B. E. N'Dri *et al.* (2017, p. 964) ou celles de T. Wouters et E. Wolff, (2010, p. 293) ; C. G. Eténé (2017, p. 50). L'érosion hydrique occasionne un arrêt de circulation, ce qui est par ailleurs notifié dans d'autres villes africaines comme Abidjan, Brazzaville, Kinshasa, Yaoundé, etc. (M. Tchotsoua, 1994 ; T. Wouters et E. Wolff, 2010, p. 293 ; B. E. N'Dri *et al.*, 2017 ; R. J. Kombo-Kissangou *et al.*, 2018, p. 38). Aussi, les types de dommages subis sont quasi-identiques tant en villes moyennes (T. Wouters et E. Wolff, 2010, p. 293 ; C. G. Eténé *et al.*, 2017, p. 226, p. 230) qu'en grands centres comme Abidjan, Kinshasa (B. E. N'Dri *et al.*, 2017, p. 963 ; R. J. Kombo-Kissangou *et al.*, 2018, p. 47). Ils affectent plusieurs domaines et activités socio-professionnelles d'où la nécessité de prendre des mesures correctives qui permettront de limiter les impacts de l'érosion et autres risques liés aux eaux de pluies.

CONCLUSION

Cet article a décrit les caractéristiques de l'érosion hydrique et les dommages qui lui sont associés dans les Arrondissements 3 et 4 de la Ville de Zinder. L'érosion se manifeste par l'ablation surfacique (érosion diffuse) et le ravinement. L'érosion diffuse s'observe dans tous les quartiers de la zone d'étude avec, cependant, des intensités variables d'un endroit à l'autre. Quant à l'érosion ravinante, elle est particulièrement et intensément observée dans les quartiers excentrés sis sur les formations superficielles dunaires où les trafics des camions d'approvisionnement de sable sont intenses et où on note une quasi inexistence des voiries publiques. Dans les quartiers centraux, la forte densité humaine implique l'occupation des zones à risques, ce qui amplifie le ravinement et le déchaussement des établissements humains et des infrastructures socio-économiques telles que les écoles, les voiries, les adductions d'eau potable... Les quartiers *Karkada*, *Charé Zamna* et *Garin Liman* sont les plus touchés par la dégradation des établissements scolaires.

Tous ces processus de dégradation, et le ravinement en particulier, entraînent souvent l'inaccessibilité à certains quartiers pendant la saison pluvieuse, ce qui n'est pas sans conséquences sur la vie socio-économique de la population. Au regard de l'ampleur des dommages, des mesures appropriées s'imposent pour circonscrire cet aléa parmi lesquelles l'intégration des risques climatiques et le respect des règles élémentaires d'urbanisme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABDOU (A.), 2016. *Risques Environnementaux liés aux eaux pluviales dans la commune urbaine de Tessaoua*. Mémoire de Master de géographie, Université de Zinder, 77 p.

ABDOU (H.), MAMADOU (I.), MALAM ABDOU (M), MOUSTAPHA (M. S.) et ALOU (Y.), 2016. « Stratégies de gestion des risques d'inondation dans la Ville de Zinder au Niger » in MOUMOUNI (S.) et BONTIANTI (A.), *Les sciences humaines et le défi du développement en Afrique de l'Ouest : adaptations, résiliences et perspectives*. Vol. 2, Edition Gashingo/IRSH, Niamey, pp.129-150.

BOUZOU MOUSSA (I.), BAHARI IBRAHIM (M.), FARAN MAIGA (O.), ISSAKA, (H.) ABDOU ALOU (A.), LONA, (I.), BONTIANTI, (A.), MAMADOU (I.), ABDOULAYE (A.), DESCROIX (L.), DIEUDHIOU (A.), ALIKO (M.), 2016. « Changement climatique, géomorphologie et inondabilité de la plaine alluviale du fleuve Niger à Niamey (Niger) » in *Rev. CAMES* n° 007, pp. 299-314.

DANSOU (B. S.), 2011. *Érosion pluviale et adaptations des populations dans la ville de Pobè*, mémoire de maîtrise, UAC, 88 p.

DESCROIX (L.), DIONGUE NIANG (A.), DACOSTA (H.), PANTHOU (G.), QUANTIN (G.) et DIEDHIOU (A.), 2013. « Évolution des pluies de cumul élevé et recrudescence des crues depuis 1951 dans le bassin du Niger Moyen (Sahel) » in *Climatologie* Vol. 10, pp. 37-50.

ETENE (C. G.), 2017. « Érosion ravinante dans l'arrondissement de Togba au Bénin » in *Climat et Développement*, n° 23. Laboratoire Pierre PAGNEY - Climat, Eau, Écosystèmes et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, pp. 41-56.

ETENE (C. G.), ISSA (M. S.), CHABI (P. A. B.), KOUSSINOU (E.) et SOUKOSSI (R.), 2017. « Érosion pluviale et dégradation des établissements humains à Adjarra au Bénin » in *Rev. Ivoir Sci. Technol.*, n°30, pp. 217-234.

Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), 2014. *Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC*, Genève, Suisse, 161p.

Institut National de la Statistique (INS), 2014. *4ème recensement général de la population et de l'habitat du Niger/Répertoire national des localités*, INS, Niamey, 734 p.

Institut National de la Statistique (INS), 2006. *Répertoire national des communes (RENACOM)*. INS, Niamey, 526 p.

KAYEMBE WA KAYEMBE (M.), DE MAEYER (M.) et WOLFF (E.), 2010. « Cartographie de la croissance urbaine de Kinshasa (R.D. Congo) entre 1995 et 2005 par télédétection satellitaire à haute résolution », in *BELGEO*, n°3, Vol. 4, Pp. 444-455, DOI: 10.4000/belgeo.7349

KOMBO-KISSANGOU (R.-J.), SITOU (L.) et M'BOUKA MILANDOU (I.), 2018. « Dynamique de l'érosion hydrique dans les quartiers Mansimou et Mayanga au sud de Brazzaville (Congo), analyse de la perméabilité et de la texture des sols, cubage et cartographie des ravinements » in *Revue Marocaine de Géomorphologie* n°2, pp. 36-54.

MAMADOU (I.), 2014. « La gestion des eaux de pluie et risques d'inondation dans la ville de Zinder au Niger », in *Territoires, Sociétés et Environnement*, Université de Zinder, N°003, pp. 9-28.

N'DRI (B. E.), NIAMKE (K. H.), KOUDOU (A.) et N'GO (Y. A.), 2017. « Cartographie des formes d'érosion hydrique dans la commune urbaine d'Attécoubé (Abidjan, Côte d'Ivoire) » in *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol. 19, n°4, pp. 960-968.

NOUHOU (I.), 2010. *Les effets des marchés fonciers et expropriations des terres dans la villes de Zinder au Niger*, Mémoire de DEA en géographie, Université Abdou Moumouni de Niamey/Niger, 71 p.

PANTHOU (G.), VISCHEL (T.) et LEBEL (T.), 2014. « Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel », in *International Journal of Climatotology* n° 34, pp. 3998-4006. doi:10.1002/joc.3984

PANTHOU (G.), VISCHEL (T.), LEBEL (T.), QUANTIN (G.) et ALI (A.), 2015. « Caractérisation de la structure spatio-temporelle des pluies extrêmes : estimation de courbes IDSF pour la région de Niamey », in *Houille Blanche : Revue Internationale de l'Eau*, n°3, pp. 58-63. ISSN 0018-6368

TARHULE (A.), 2005. « Damaging Rainfall and Flooding: The Other Sahel Hazards » in *Clim. Change* vol. 72 n°3, pp. 355–377, doi: 10.1007/s10584-005-6792-4

TAYLOR (C. M.), BELUŠIĆ (D.), GUICHARD (F.), PARKER (D. J.), VISCHEL (T.), BOCK (O.), HARRIS (P. P.), JANICOT (S.), KLEIN (C.), PANTHOU (G.), 2017. « Frequency of extreme Sahelian storms tripled since 1982 in satellite observations », in *Nature* Vol. 544, n° 7651, pp. 475-478. doi:10.1038/nature22069

TCHOTSOUA (M.), 1994. « Dynamique informelle de l'espace urbain et érosion accélérée en milieu tropical humide : le cas de la ville de Yaoundé », in *Cahiers d'Outre-Mer*. Vol. 47, n° 185, pp. 123-136. doi:10.3406/caoum.1994.3508.

WOUTERS (T.) et WOLFF (E.), 2010. « Contribution à l'analyse de l'érosion intra-urbaine à Kinshasa (R.D.C.) », in *Belgeo* n°3, pp. 293–314. doi: 10.4000/belgeo.6477.

YONGUE-FOUATEU (R.), BOLI-BABOULE (Z.), TEMGOUA (E.) et BITOM (D. L.), 2000. « Érosion hydrique en milieu urbain : le cas du site d'Oyomabang dans la ville de Yaoundé » in *Bulletin Réseau Érosion*, Vol. 20, pp. 332-341.