

Dynamique érosive et occupation du sol à Abéché au Tchad

Mbaindogoum DJEBE

Université Adam Barka, Département de Géographie, Laboratoire de Géomatique, BP 1117 Abéché, Tchad

(Reçu le 18 Mars 2023 ; Accepté le 05 Mai 2023)

* Correspondance, courriel : dmbaindogoum@yahoo.fr

Résumé

La présente étude a pour objectif d'analyser l'occupation du sol et les processus d'érosion des terres à Abéché. La méthodologie adoptée est l'interprétation des prises de vue aériennes à travers la télédétection et le Système d'Information Géographique, les observations, mesures et analyses des matériaux de terrain, des entretiens avec les personnes concernées (riverains et exploitants de berges), certains responsables communaux et recherches documentaires. Les résultats obtenus montrent que l'érosion des sols à Abéché est naturellement induite par les prédispositions du milieu. Cependant l'occupation anarchique et incontrôlée la ville exacerbe le phénomène. Entre 1999 et 2022, une dynamique progressive du bâti (de 14,28 % à 59,67 %) et champ (10,52 % à 11,25 %) s'est opérée au détriment de la végétation (41,83 % à 15,87 %) et sols nus (33,37 % à 13,18 %). La conséquence est l'imperméabilisation des sols, la destruction des ressources naturelles. Ce qui induit une intensification de l'érosion des sols. Les dommages apportés à l'environnement naturel et humain sont considérables et continuels. Ce travail est une contribution à l'étude des analyses des conséquences de la double pression, savoir changement climatique et croissance rapide de la population urbaine sur le milieu naturel « fragile ».

Mots-clés : *dynamique érosive, occupation du sol, berge, ouadi, Abéché, Tchad.*

Abstract

Erosion dynamics and land use in Abéché, Chad

The present study aims to analyze the occupation of the ground and the processes of erosion of the grounds with Abéché. Adopted methodology is the interpretation of the air catches of sight through the teledetection and the Geographical Information System, the observations, measurements and analyses of materials of ground, the discussions with the people concerned (residents and owners of banks), certain communal persons in charge and information retrievals. The results obtained show that the erosion of the grounds with Abéché is naturally induced by the predispositions of the medium. However the anarchistic and uncontrolled occupation the city exacerbates the phenomenon. Between 1999 and 2022, a progressive dynamics of the frame (of 14,28 % to 59,67 %) and field (10,52 % to 11,25 %) took place with the detriment of the vegetation (41,83 % to 15,87 %) and naked grounds (33,37 % to 13,18 %). The consequence is the proofing of the grounds, the destruction of the natural resources. What induces an intensification of the erosion of the grounds. The damage brought to the natural and human environment is considerable and continual. This work is a contribution to the study of the analyses of the consequences of the double pressure, climatic knowledge change and fast growth of the urban population on the natural environment "fragile".

Keywords : *erosive dynamics, occupation of the ground, bank, ouadi, Abéché, Chad.*

1. Introduction

L'Afrique connaît particulièrement après la deuxième guerre mondiale un envol extraordinaire dans le domaine de l'urbanisme. D'après "United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division", en 1950, son taux était de 14,4 %, il est passé à 25,7 % et 39,6 % alternativement en 1975 et 2009, et sera de 61,60 % en 2050 [1]. La croissance accélérée et anarchique actuelle des mégapoles qui les fait sortir brutalement de leur cadre historique, les voit confrontés de plus en plus gravement à des risques naturels jusqu'ici occulté par la conscience collective. À ceux-ci s'ajoutent les menaces liées à l'impact des activités humaines et des infrastructures sur un environnement physique fragile, dont la dégradation augmente à son tour le nombre et l'intensité des aléas "naturels" qui menacent l'humanité [2]. La vitesse de l'expansion humaine a mené à une amplification de la pression sur l'environnement, en termes d'une hausse de la pollution de l'air liée aux transports, d'une recrudescence de déchets solides, de l'épuisement et de la dégradation des réserves d'eau douce, de la détérioration des côtes et de la dégradation des sols [3]. La vitesse d'expansion urbaine a mené à une amplification de la pression sur l'environnement en termes d'une hausse de la pollution de l'air liée aux transports, d'une recrudescence des déchets solides, de l'épuisement et de la dégradation des réserves d'eau douce, de la détérioration des côtes et de la dégradation des sols. Suite à la guerre au Darfour voisin (à partir de 2003) et l'arrivée massive de réfugiés soudanais et tchadiens dans la région, la ville d'Abéché est devenue en quelques mois le centre d'opérations humanitaires d'envergure. Plusieurs camps militaires, bases vies et entrepôts ont été aménagés dans la ville : au Nord, celui de la Mission des Nations-Unies en République Centrafricaine et au Tchad (MINURCAT), quartier « Aéroport », et entrepôt du Programme Alimentaire Mondial (PAM) sur la route de N'Djaména. De nombreuses zones de lotissement se sont ouvertes en prolongement des zones existantes. [4]. Cette situation a provoqué à la fois la croissance rapide du tissu urbain et la densification de la population de la ville. Ces deux phénomènes joints au changement climatique sont à l'origine de la dégradation accélérée de l'environnement naturel en général et notamment des processus d'érosion des terres. En effet, la masse de population sans cesse croissante s'installe sur un site dont le choix se doit aux *ouadis* Am Kamil et Am Soudourié et leurs affluents qui irriguent un vaste ensemble au piedmont du massif du Ouaddaï. Cette entité orographique est située sur la bordure de la cuvette tchadienne. Avec ses fortes pentes, le relief du Ouaddaï participe activement au fonctionnement des *ouadis* de la région [5]. Ainsi, une dynamique hydromorphologique s'installe dans la ville. Il s'agit des modifications des tracés des petits cours d'eau qui alimentent les deux grands *ouadis* de la ville. Ce changement créé par une occupation humaine du sol, notamment le bâti désorganise les écoulements naturels préexistants et génère par conséquent une activité d'érosion massive et une stagnation des eaux pluviales dans certains secteurs de la ville d'Abéché. L'objectif de l'étude consiste à analyser l'activité érosive des sols à Abéché de manière générale et l'influence de l'occupation humaine en particulier dans les processus d'érosion et évaluer ses conséquences sur l'environnement naturel et la population.

2. Matériel et méthodes

Les raisons qui ont conduit à la rédaction du présent article sont les constats de terrain : décapage, des rues, affouillement des berges, destruction des terrains, arbres et maisons situés le long des *ouadis*. Ce qui a mobilisé une recherche documentaire complétée par d'autres missions de terrain. La recherche documentaire est faite sur les articles et livres de la ville ; ce qui a permis d'apporter un éclairage sur l'environnement physique, naturel et humain de la partie Est du Tchad en général et sur la province du Ouaddaï en particulier. Ce travail a fourni des informations sur le relief, le climat et la population du secteur d'étude. Les données climatiques et hydrologiques de la ville d'Abéché obtenues à la Direction des Ressources en Eau et Météorologie (DREM) de N'Djaména et leurs analyses ont permis d'évaluer les activités du climat et des cours d'eau de la région sur la destruction des berges à Abéché.

2-1. Mission de terrain et traitement des données

Les missions de terrain ont permis la mise en contact direct avec les acteurs impliqués dans l'érosion des berges. Il a été effectué à des profondeurs allant de 2,5m à 3,5m les mesures et identification des couches des berges du Chari. Ce qui a permis de réaliser les coupes géologiques. Aux moyens du Système d'Information Géographique et de la télédétection, des résultats ont été obtenus sur le changement de l'occupation du sol de la ville d'Abéché de 1999 à 2022. Les images téléchargées sont Landsat 7 (pour l'occupation du sol en 1999) et Landsat 9 (pour l'occupation du sol en 2022). Les téléchargements ont été faits sous Earth Explorer en version winrar et décompresser avant le traitement. Le logiciel Envi 4.5 a été utilisé pour le traitement des images et le logiciel Qgis version 3.20 a été utilisé pour la production des cartes.

3. Résultats

3-1. Un milieu naturellement très vulnérable

3-1-1. Un relief favorable à l'activité de l'érosion intensive

Faisant partie des massifs du Ouaddaï, le relief d'Abéché est situé sur le socle qui affleure abondamment entre le 21^e parallèle et la frontière du Soudan et forme des bombements importants d'une altitude moyenne variant entre 600 et 1200 m [6]. En effet, seule la partie ouest de la ville présente un relief relativement plat. Les parties sud, est et nord sont ceinturées de reliefs accidentés avec des massifs élevés. La cité est bâtie sur des formations granitiques qui en certains endroits affleurent en surfaces formant des inselbergs et « dos de baleines » dont des arènes rocheuses s'étalent tout autour. Ces élévations d'altitudes pouvant atteindre plus de 10 m au-dessus du sol sont de nos jours fortement menacés par les hommes. La situation de la ville au piedmont ouest du massif cristallin du Ouaddaï lui donne une entité orographique avec des fortes pentes (*Figure 1*) ; ce qui participe activement au fonctionnement des *ouadis* de la région [5]. Les fortes inclinaisons de terrains et la longueur des pentes offrent par conséquent aux eaux de ruissellement une dégradation des sols par arrachage des particules depuis les sommets des massifs jusqu'aux lits des *ouadis*. Comme on peut observer sur la *Figure 1*, l'inclinaison générale du terrain de la ville du sud-est vers le nord-ouest induit le sens de l'écoulement général des eaux pluviales vers l'exutoire naturelle du Nord-ouest. Les fortes pentes (> 620 m) de terrain en amont procurent aux eaux d'écoulement dans la traversée de l'espace urbain d'Abéché une forte capacité d'abrasion. Ce qui intensifie sur les pentes, l'activité du ruissellement en nappe et l'érosion linéaire par élargissement des talwegs.

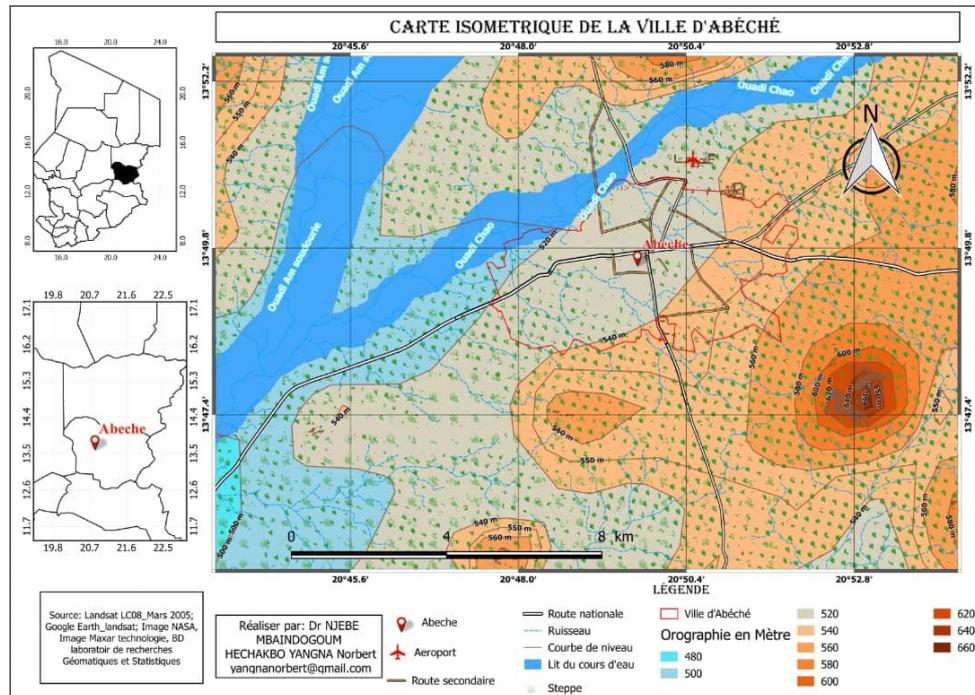
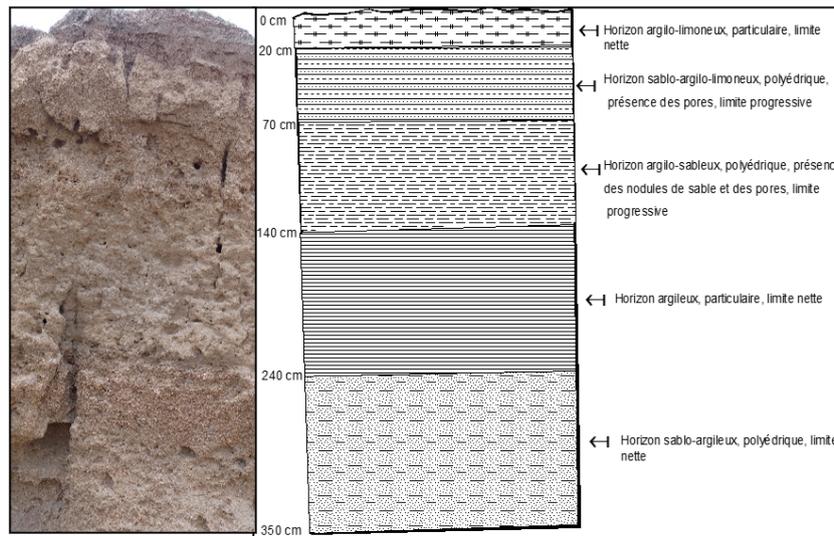


Figure 1 : Géomorphologie d'Abéché et ses environs

3-1-2. Des sols enclins à l'érosion accélérée

Les travaux d'analyse ont été effectués sur les sédiments prélevés des berges des *ouadis* d'Abéché. Elles montrent que, d'une manière générale, les berges des *ouadis* à Abéché sont composées essentiellement de matériaux détritiques de textures variées allant des argiles aux sables en passant par des limons. Les limites de transition des couches sont parfois progressives et parfois aussi nettes. Les sables sont constitués de séries hétérogènes allant de sables fins à grossiers. On les observe aussi bien dans les couches supérieures qu'inférieures. Ces sables se présentent par endroits rubéfiés, ou en voie de rubéfaction. Ils sont à granulométrie fines et aussi grossière (> 2 mm). Les éléments grossiers se retrouvent plus en profondeur des berges (**Figure 2**). Ce sont des arènes granitiques qui marquent la limite avec la roche mère altérée (le granite). Ces analyses montrent premièrement que ces éléments constitutifs du sol (sables et argiles) sont essentiellement érodables non seulement par les eaux d'écoulement dans le chenal, mais également par les eaux de pluie.



Réalisation : Djébé M., août 2022

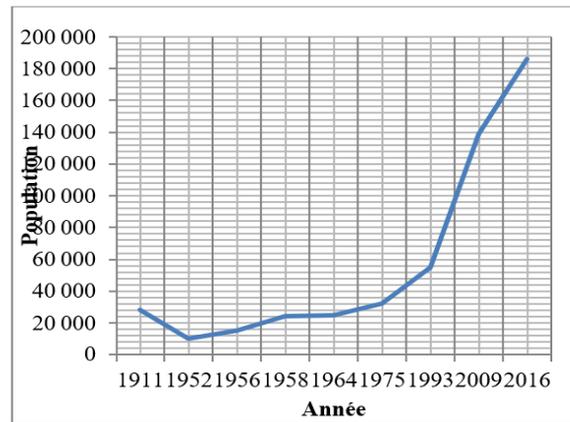
Figure 2 : Profil géologique de la berge du ouadi à Abéché

3-1-3. Un climat semi-aride induisant une hydrographie à risque

La ville d'Abéché jouit d'un climat sahélien, caractérisé par deux (2) grandes saisons nettement marquées : une longue saison sèche (9 mois) et une très courte saison humide (3 mois). Le ruissellement est à l'origine des ravinements des rues et talus des berges des *ouadis* qu'il n'est pas rare de rencontrer pendant la saison des pluies. Le ruissellement obéit à la « théorie de Horton » (1945) selon laquelle un ruissellement naît quand l'intensité des pluies est supérieure à la capacité d'infiltration du sol. Il y a cependant la « théorie de saturation du sol » qui stipule que le ruissellement naît lorsque l'espace poreux du sol est saturé. Ces deux théories corroborent la situation observée à Abéché à cause de la nature du sol et la topographie du terrain de la ville décrit ci-haut. Compte tenu de la longueur de la pente, le ruissellement provoque l'entraînement des matériaux en entaille de surface du sol. Après incision mettant en place de griffe d'érosion qui évoluent en des ravineaux puis rigole. Un dégagement des particules déposées au fond par abrasion des matériaux charrie incise davantage la rigole et la continuation de l'activité d'érosion aréolaire font évoluer les rigoles en ravines en deux ou plusieurs saisons de pluies.

3-2. Une pression humaine sans cesse grandissante sur le milieu naturel

L'enquête démographique postcoloniale d'avril 1962, réalisée par le SEDES, évalua les Abéchois à 24 700 âmes. Aux Recensements Généraux de la Population et de l'Habitat de 1993 et 2009, Abéché comptait respectivement 54 628 et 97 963 habitants. Avec un taux d'accroissement annuel de 3,6 %, on l'estime à 185 837 habitants en 2016 (**Figure 3**). Cette figure montre l'évolution de cette population entre 1911 et 2016.



Source : SEDES (1964), INSEED (RGPH1, 1993 ; RGPH2, 2009), complétées par MAHADJIR I. A., 2016)

Figure 3 : Évolution de la population d'Abéché de 1911 à 2016

L'évolution de la population de la commune d'Abéché a été lente puis forte pour passer de 28 000 en 1911 à 185 837 en 2016, soit une multiplication par sept en un siècle. Cette forte croissance s'explique par une différence positive entre le nombre des naissances et celui des décès mais aussi à un solde migratoire positif [7]. Il s'ensuit une fulgurante croissance spatiale de la ville qui est passée de 252 à 3 768 ha en un siècle (*Figures 4 et 5*). Cette dynamique spatiale, à la fois anarchique et contrôlée, s'étend sur les lits des *ouadis*, exposant ainsi la population et ses infrastructures à l'érosion hydrique. En effet, la pression anthropique est directement liée à la croissance démographique de la ville [8].

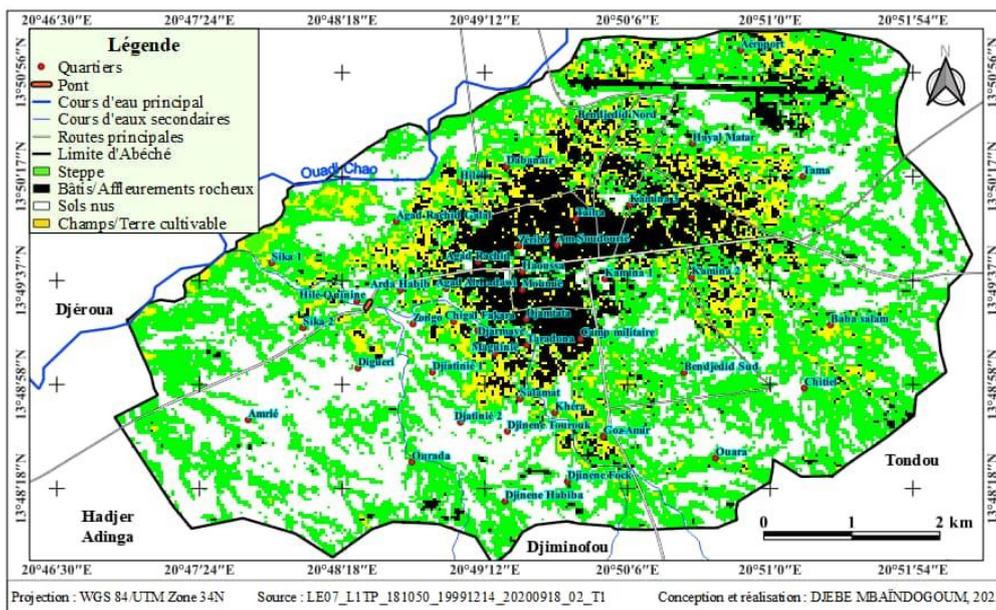


Figure 4 : Occupation du sol d'Abéché en 1999

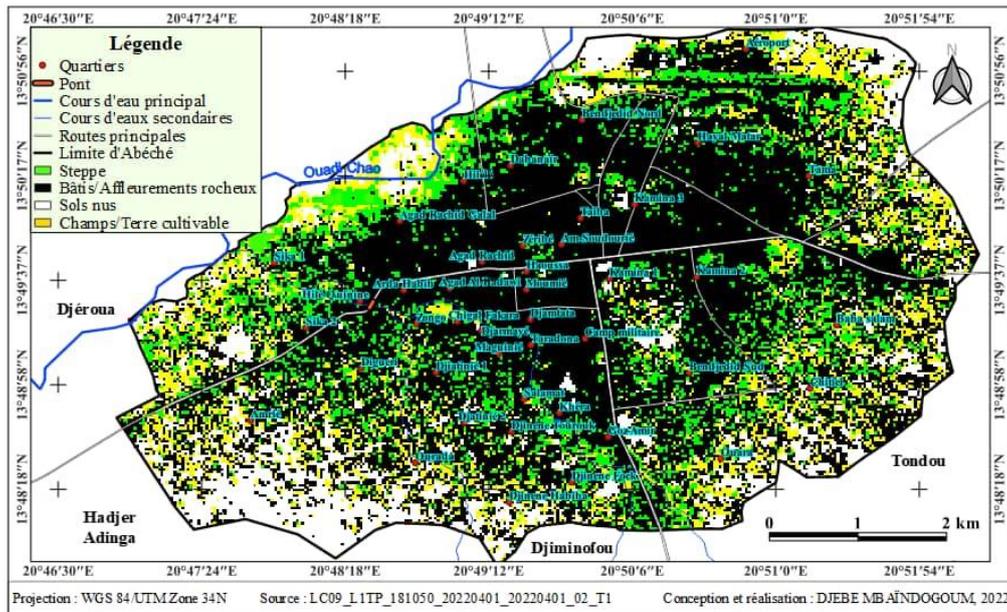


Figure 5 : Occupation du sol d'Abéché en 2022

La zone urbanisée en particulier et l'occupation humaine en général a progressé de façon fulgurante. Le bâti connaît dans tous les sens une évolution incontrôlée, sans tenir compte des paramètres naturels qui induisent les risques naturels en général et notamment ceux d'érosion. L'emprise humaine s'est multipliée plus de 4 fois de 1999 à 2022 passant de 14,28 % à 59,67 % de la superficie totale de la ville. La cause de cette extension est principalement la croissance démographique. Les conséquences sont l'imperméabilisation des sols et la dégradation des ressources naturelles. Le compactage fragilise le sol et déstructure sa morphologie. De ce fait, la diminution de la porosité qui en résulte, réduit les capacités d'infiltration, accroît le ruissellement vers le cours d'eau et accélère l'érosion [9]. L'occupation des berges et lits des *ouadis* augmente la vulnérabilité du milieu. Les zones de cultures, à cause des besoins alimentaires grandissants de la population, suivent les rythmes d'extension de la surface urbanisée. Les zones de culture, sols nus et lits des cours d'eau sont fortement empiétés par le bâti (Figure 6).

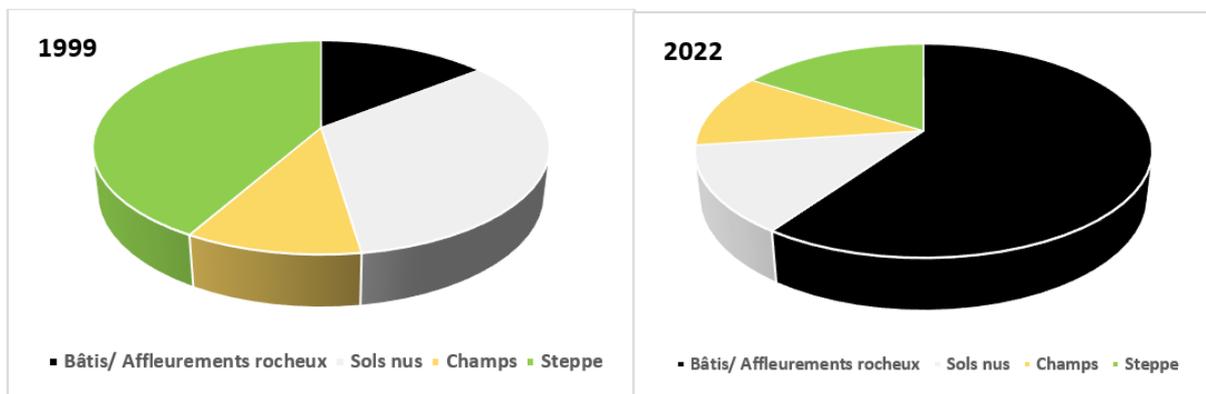


Figure 6 : Répartition des classes d'occupation du sol en 1999 et 2022

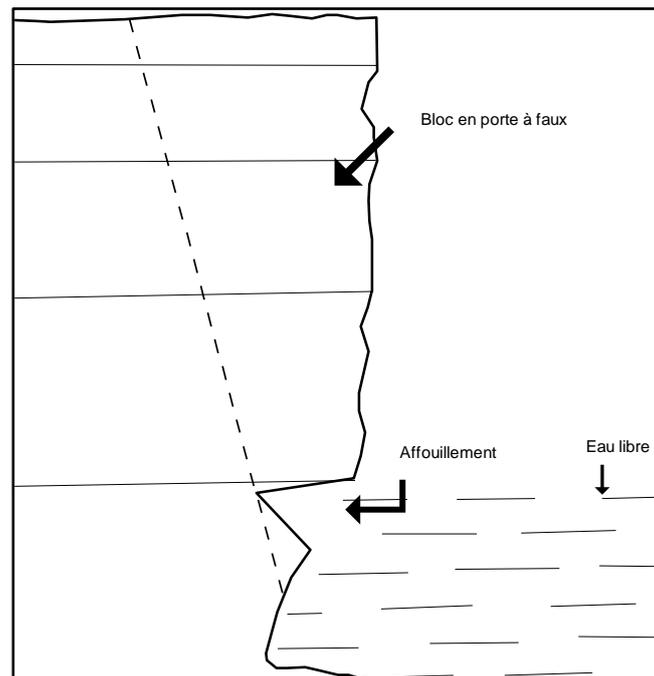
3-3. Érosion des berges des *ouadis* à Abéché

On distingue deux types d'érosion sur les berges des *ouadis* à Abéché : les formes d'érosion naturelle et celles dérivant des activités humaines.

3-3-1. Les formes naturelles d'érosion des berges à Abéché

- Le batillage

Dans les *ouadis* des écoulements turbulents des eaux, qui provoquent sur la berge un batillage très important, avec des vagues qui ne sont souvent pas très hautes. Ce sont les remous de vaguelettes qui sont engendrés par la turbulence des eaux en mouvement dans le chenal. La turbulence est due premièrement à la rugosité du fond des *ouadis*. Cette rugosité est due à la présence des affleurements rocheux de hauteur de 5 à 20 cm. La turbulence est ensuite due au tracé des cours d'eau ; les *ouadis* dans la traversée de la ville d'Abéché présentent des sinuosités apparentes ; présence des concavités et des convexités. Or les eaux d'écoulement connaissent un tourbillonnement dans les parties concaves qui augmente l'impétuosité des eaux. Ainsi les vaguelettes d'eau créées par la turbulence viennent déferler sur la berge (**Figure 7**). Ces eaux sapent le mur de la berge, qui entraîne par la suite un creusement au pied de la berge qui la pénètre et produit un certain effondrement de celle-ci.



Source : Enquête de terrain

Réalisation : Djébé, août 2022

Figure 7 : Mécanisme de destruction des berges sous l'action des batillages

La partie de la couche supérieure de la berge, par conséquent moins équilibrée se détache par gros paquets. Notons que la composition lithologique de la berge (alternance d'argile plus sables grossiers et moyens) et son profil naturellement stable (quasiment verticale) favorisent ce phénomène.

- L'éboulement des pans et les affouillements des berges

L'éboulement des pans et l'affouillement des terrains constituant les berges d'Abéché résultent essentiellement d'une action combinée de deux grands facteurs : la nature hétérogène des berges et le ruissellement des eaux dans les chenaux. Étant donné que les terrains traversés par les *ouadis* dans la ville d'Abéché sont constitués des argiles et des matériaux fortement sableux, ces terrains sont érodables non seulement par les eaux des *ouadis* mais aussi par les eaux des pluies. L'éboulement des pans des berges concerne essentiellement les couches supérieures des berges. Ces dernières constituées des matériaux argilo limoneux posés sur du sable plus meuble s'effritent sous l'action des vagues et sont emportés par le courant. La couche supérieure qui n'a alors aucun soubassement pour soutenir son poids se détache et s'écroule par paquets (**Figure 8**).



Figure 8 : *Écroulement de la berge du ouadi Am soudourié Djébé. Déc 2020*

3-3-2. Les formes d'érosion des berges dérivant des activités humaines

À Abéché, les hommes modifient directement les berges des *ouadis* par les activités de carrière sablière, d'argile et de fabrication de brique. Pour prélever les terres, les habitants d'Abéché creusent dans le lit des berges. Cela faisant, on ouvre une carrière. Ces différentes carrières, situées au milieu du chenal ou au pied de la berge ou encore sur les pentes, conduit non seulement la destruction immédiate des berges mais ouvrent la voie à d'autres agents érosifs.

3-4. Les impacts de l'érosion des berges des *ouadis* et les techniques de minimisation

3-4-1. Une dégradation de la nature et un coup dur pour la population riveraine

La dégradation des berges a des répercussions directes sur la végétation de la ville (photo), sur la géomorphologie et sur l'hydrologie des cours d'eau. Le déplacement du chenal des *ouadis* au cours des décennies est la conséquence de la destruction des berges. Les cours d'eau ont en effet selon leur vitesse et selon leur charge en trouble un rôle variable d'usure d'évacuation et de sédimentation [10]. La ville d'Abéché est bâtie sur les bourrelets des berges des *ouadis*. Les édifices et les infrastructures ont été mis en place au bord de ces cours d'eau. Or la forte occupation des versants accentue l'érosion par ravinement [11]. Ainsi le mouvement de recul de berges cause des dégâts matériels (*Figure 9*) et une grande perte de patrimoine, puisqu'il s'agit d'un milieu d'activité très diversifiée : les terrains agricoles et les habitations.



Djébé, août 2022

Figure 9 : *Dommages de l'érosion des berges des ouadis sur la nature et les habitations dans la ville d'Abéché*

3-5. Les limites des techniques utilisées

Dans l'ensemble, de nombreuses techniques ont été réalisées en apportant des solutions aux phénomènes observés (**Figure 10**). Certaines sont l'œuvre du pouvoir public tandis que d'autres résultent des efforts personnels des populations locales. Cependant, ces différentes techniques de protection n'ont pas pu totalement stopper l'érosion et certaines sont par ailleurs elles-mêmes très dégradées.



Djébé, juillet 2022

Figure 10 : *Système de protection des berges contre l'érosion à Abéché*

4. Discussion

Malgré l'importance des paramètres physiques, les résultats de la régression linéaire multiple indique que l'homme à travers ses installations anarchiques, sans souci des contraintes du milieu, reste l'élément le plus déterminant de l'érosion que connaît la ville [12]. L'allure croissante de l'urbanisation et du développement des industries urbaines exacerbe la dégradation de l'environnement dans les villes des pays en voie de développement et augmente la vulnérabilité des habitants aux catastrophes naturelles et technologiques [13]. Selon Kirkby & Morgan, il serait fort probable que l'érosion présente une variation saisonnière, apparaissant préférentiellement en saison des pluies, lorsque la quantité d'eau évaporée est faible et que le sol reste saturé pendant une longue période. Il semblerait que l'érosion soit reliée à deux types de pluies. L'une, caractérisée par une forte intensité, dépassant rapidement la capacité d'infiltration du sol (Théorie de Horton, 1945) [14] et l'autre, présentant un long étalement dans le temps ou un délai entre deux averses suffisamment court pour le saturer. Le résultat génère dans les deux cas un écoulement de surface, qualifié de *runoff* et capable de transporter de grandes quantités de matériaux. L'orientation du site de la commune d'Abéché expose l'ensemble de la ville à la dynamique des eaux de pluies qui mobilisent et transportent des particules de dimension très variables. Ce processus lent mais efficace déplace chaque année des tonnes de particules fines laissant apparaître parfois les matériaux sous-jacents [5]. Les facteurs naturels se conjuguent pour alimenter les ouadis Am Kamil et Am Soudourié qui acquièrent ainsi un fort débit, source d'une érosion récurrente des berges. L'occupation anarchique et fulgurante du terrain de la ville exacerbe cette activité naturelle à travers les impacts défavorables des activités humaines. À cet effet, il existe certaines possibilités pour limiter le ravinement. Lors des opérations d'aménagement foncier, certaines interventions préventives permettent soit de limiter l'apparition de figure d'érosion, soit de créer un maillage d'aménagements judicieusement localisé pour éviter leur formation. En pratique, il peut être nécessaire de consacrer 1 à 5 % du territoire pour mettre en place de telles mesures et éviter totalement la formation de ravine et toute forme d'érosion linéaire résultant de la concentration des eaux [15].

5. Conclusion

À l'issu de ces analyses, il apparait que la ville d'Abéché fait l'objet d'une dégradation du sol depuis son implantation. Les facteurs d'érosion des sols dans cet espace urbain sont divers. Il s'agit essentiellement de la pluviométrie, de la topographie, de la nature du sol et de l'hydrographie de la ville. Le diagnostic fait lors de cette recherche, montre que les causes de ce phénomène attribuées incontestablement aux conditions naturelles sont accélérées par l'allure croissante de la population et le développement des activités urbaines. Tous ces facteurs interagissent dans un contexte de croissance urbaine et de dérèglement du climat actuel marqué par des agressivités pluviométriques. Au regard de l'importance du phénomène, il faut axer la politique d'aménagement sur un système de drainage des eaux pluviales de la ville pour maîtriser le ruissellement et les diriger vers les exutoires naturels.

Références

- [1] - United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division, World Urbanization Prospects : The 2009 Revision, United Nations New York, (2010) 47 p.
- [2] - P. MASURE, Risk management and preventive planning in megacities : scientific approach for action, World Conference and Natural Disaster Reduction- Technical Committee Session C, (1994) 19 - 21 p.
- [3] - M. MOHAN, Urban environmental degradation and vulnerability to disasters, World Conference and Natural Disaster Reduction- Technical Committee Session C, (1994) 13 - 18 p.
- [4] - République du Tchad, *Diagnostic Abéché*, Urbaplan, PADUR, (2010) 86 p.
- [5] - M. DJEBE, B. P. ADBAYE, M. I. ADOUM, B. MBAINDOH, Contrainte de la dynamique des Ouadis sur l'aménagement de la ville d'Abéché au Tchad, Annales de l'Université de N'Djamena, Série A - Lettres et Sciences Humaines, Hors-série, N° (Décembre 2019) 167 - 176 p.
- [6] - J. PIAS, Sols de la région Est du Tchad- Plaines de piedmont- Massifs du Ouaddaï et de l'Ennedi, Tome 1, ORSTOM, Paris octobre, (1960) 302 p.
- [7] - B. MBAINDOH, Enjeux socioéconomiques et environnementaux de l'abattage des animaux à Abéché, une ville secondaire du Tchad, *Afrique SCIENCE*, 20 (1) (2022) 125 - 137
- [8] - B. A. MAYIMA, I. A. W. M'BOUKA MILANDOU & L. SITOU, Occupation des sols et dégradation environnementale, par l'érosion hydrique, dans la commune urbaine de Kintélé (République du Congo) : Diagnostique et proposition des solutions de lutte, *Revue Marocaine de Géomorphologie*, N°3 (2019) 93 - 111 p.
- [9] - A. A. AYENA, H. S. V. TOTIN, E. AMOUSSOU et E. W. VISSIN, Impact de la dynamique de l'occupation du sol sur les berges dans la vallée du fleuve Niger au Bénin, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 29 (2017) 119 - 135
- [10] - J. DÉMANGEOT, *Les milieux naturels du globe*, 9 éditions, Paris, (2002) 364 p.
- [11] - K. T. MUTUNGU, N. F. LELO, M. M. KISANGALA & N. D. YINA, Croissance urbaine et érosion par ravinement dans la ville de Kikwit (République démocratique du Congo), *Revue Canadienne de Géographie Tropicale*, (août 2021) 26 - 30 p.
- [12] - B. AFO, T. Y. GNONGBO et T. BANASSIM, Éléments déterminants de l'érosion hydrique dans l'espace urbain de Kara (Nord-Togo), *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, N° 3 (Décembre 2017) 25 - 41 p.
- [13] - A. KREIMER and M. MUNANSINGHE, *Environment management and urban vulnerability*, The world bank, Washington D. C., (1992) 168 p.
- [14] - T. WOUTERS et E. Wolff, Contribution à l'analyse de l'érosion intra-urbaine à Kinshasa (R.D.C.), Belgeo, *Revue belge de géographie*, Miscellaneous, (2010) 23 p.
- [15] - J. F. OUVRY, Dégradation des sols par l'érosion hydrique : quels remèdes en région de grandes cultures, N° 213 (2012) 163 - 176 p.