

Estimation Du Potentiel Erosif Des Eaux Pluviales Dans Le Bassin Versant De La Lukunga : Approche USLE

[Estimation of Rainfall Erosivity in the Lukunga Watershed Using the USLE Approach]

MOSETE BUNGALASA Corneille¹, KAKULE KASEREKA Roland², KAMANDA WA KAMANDA Jean-Claude², KANDA NKULA Valentin³

¹Enseignant-Chercheur à la Faculté de Sciences et Technologies de l'Université Pédagogique Nationale

²Professeur-Chercheur à la Faculté de Sciences et Technologies de l'Université Pédagogique Nationale

³Professeur-Chercheur à la Faculté de Sciences et Technologies de l'Université de Kinshasa

Auteur Correspondant MOSETE BUNGALASA Corneille, corneille.mosete@upnrdc.net



Résumé: Cette étude a évalué le risque d'érosion hydrique dans le bassin versant de la Lukunga à Kinshasa, en République Démocratique du Congo. En utilisant le modèle USLE, nous avons quantifié les pertes en sol et identifié les zones les plus vulnérables. Les résultats montrent que l'érosion est un problème majeur dans cette zone, principalement en raison de l'urbanisation rapide et de la déforestation. Les conséquences de cette érosion sont multiples, notamment la dégradation des sols, la sédimentation des cours d'eau et l'augmentation des risques d'inondation. Pour remédier à cette situation, il est urgent de mettre en œuvre des mesures de gestion intégrée des ressources en eau et de promouvoir des pratiques agricoles durables.

Mots-clés : Érosion du sol, Bassin versant de la Lukunga, République Démocratique du Congo, Déforestation, Impact environnemental, urbanisation, modèle Universal Soil Loss Equation, Gestion intégrée des ressources en eau.

Abstract: This study assessed the risk of soil erosion in the Lukunga watershed, Kinshasa, Democratic Republic of Congo. The Universal Soil Loss Equation (USLE) was employed to quantify soil loss and identify erosion-prone areas. Results indicate that soil erosion is a severe issue in the region, primarily attributed to rapid urbanization and deforestation. The consequences of erosion include land degradation, sedimentation of waterways, and increased flood risks. To mitigate these impacts, it is imperative to implement integrated water resource management and sustainable land use practices. The study underscores the need for urgent action to protect this vital ecosystem and ensure the long-term sustainability of the region..

Keywords: Soil erosion, Lukunga watershed, Kinshasa, DRC, USLE, urbanization, deforestation, environmental impact, integrated water resource management.

0. Introduction

Depuis l'origine de l'humanité, certaines populations ont entretenu une relation étroite avec les zones humides, exploitant leurs ressources naturelles, notamment l'eau, de diverses manières. Cette interaction a engendré des liens culturels profonds qui ont évolué au fil des siècles, les milieux humides ayant façonné la vie humaine depuis longtemps (Hervé MANEGLIER, 1991).

La République Démocratique du Congo, abritant près de deux tiers du bassin du Congo, dispose d'un potentiel hydrologique immense. Cependant, comme le souligne une étude du CRREBaC (2021), ce potentiel n'est pas pleinement exploité. Une gestion inadéquate des ressources en eau freine considérablement le développement durable du pays. La mise en œuvre d'une gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) s'impose comme une solution pour concilier développement économique, bien-être social et préservation de l'environnement.

La croissance démographique dans le monde, principalement en ville, est l'un des facteurs majeurs de la dégradation des ressources naturelles. Cette urbanisation galopante pèse encore plus lourdement sur la RDC en raison des périodes de troubles et de conflits qui ont secoué le pays au cours des deux dernières décennies et également à cause de la recherche "utopique" d'une meilleure vie en milieu urbain. (PAGIREL, 2018).

Cette croissance démographique, dont le taux annuel moyen était estimé à 3,2% en 2019 (Annuaire Statistique RDC, 2020), combinée à l'absence d'une gestion rationnelle des ressources naturelles, rendent très fréquents, intenses et souvent complexes les problèmes environnementaux.

Dans la ville de Kinshasa, le bassin versant de la Lukunga, situé à cheval entre les communes de Ngaliema, Mont-Ngafula et Selembao, n'est pas exempt de cette situation. Depuis plus d'une décennie, les impacts liés à l'utilisation non harmonieuse des ressources naturelles du bassin versant et ceux liés à l'urbanisation croissante et quasi anarchique sont de plus en plus visibles. On observe ainsi le déboisement accru des derniers lambeaux forestiers, l'apparition de plus en plus fréquente d'érosions induisant l'ensablement des cours d'eau et engendrant des inondations, la pollution des cours d'eau et la dégradation de la biodiversité.

Malheureusement, la gestion intégrée des ressources en eau dans la démarche d'une urbanisation anarchique reste encore reléguée au dernier plan en RDC. Ceci a pour conséquence principale, la non-prise en compte des risques ou catastrophes que pourraient générer les conditions climatiques, les constructions anarchiques, la non-canalisation des eaux de pluie et la mauvaise occupation du sol dans des projets de développement. C'est pourquoi nous avons décidé d'entreprendre une recherche sur l'«Analyse du risque d'érosion hydrique dans le bassin versant de la Lukunga : modélisation et implications socio environnementales» afin de contribuer à une meilleure gestion des ressources en eau dans le pays.

1. Cadre conceptuel et théorique

Les concepts pris en considération sont : le bassin versant, l'érosion, la gestion intégrée des ressources en eau, le risque, la modélisation ainsi que l'implication socio-environnementale.

1.1. Bassin versant

Le bassin versant est un « territoire drainé par un réseau fluvial et constituant la zone d'alimentation du fleuve ou du cours d'eau ». (MERENNE E., 1981)

Selon George P. (1974), le bassin versant ou bassin d'alimentation ou encore bassin hydrographique est un « espace géographique alimentant un cours d'eau et drainé par lui ». Le bassin versant a pour axe le cours d'eau principal et pour limite la ligne de partage des eaux le séparant des bassins versants adjacents. Son action hydrologique dépend de son étendue, de sa topographie, de ses sols et de sa couverture végétale, de sa structure géologique, de l'organisation du réseau hydrographique qui le draine et bien sûr du climat qui l'affecte.

La définition qui a retenu notre attention est celle qui décrit le bassin versant comme une unité géographique dont les limites sont naturelles. En effet, un bassin versant constitue l'ensemble du territoire drainé par un cours d'eau principal et ses tributaires, lesquels s'écoulent et convergent vers un même point de sortie appelé exutoire.

1.2. Erosion

L'érosion des sols désigne le processus naturel de détachement et d'entraînement de leurs particules par la pluie (érosion hydraulique) ou le vent (érosion éolienne). C'est cette érosion qui entraîne la dégradation des terres cultivées et la destruction des sols. (Abdelaziz L. MERZOUK, 2010).

1.3. Gestion intégrée des ressources en eau

Selon le Dictionnaire de Poche Larousse, (2010), la gestion est définie comme une action de gérer, d'administrer et d'assurer une rentabilité. La gestion intégrée des ressources en eau quant à elle est un processus qui favorise la gestion coordonnée de l'eau et des ressources connexes à l'intérieur des limites d'un bassin versant en vue d'optimiser, de manière équitable, le bien-être socio-économique qui en résulte, sans pour autant compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux. (PAGIREL, 2018).

1.4. Risque

Selon la loi n°11/022 du 24 décembre 2011 portant principes fondamentaux relatifs à l'agriculture, le risque est une fonction de la probabilité d'un effet négatif sur l'environnement ou sur la santé et de la gravité de cet effet.

1.5. Modélisation

Selon Wischmeier et Smith (1978), la modélisation est une démarche d'abstraction et de simplification de la réalité complexe afin de représenter et de comprendre un phénomène ou un système donné à l'aide d'un modèle mathématique ou d'une simulation informatique.

1.6. Implication socio-environnementale

Selon la FAO (2011), les implications socio-environnementales désignent les conséquences et les impacts que les activités humaines ou les changements environnementaux ont sur la société et l'environnement. Par exemple, l'érosion hydrique peut affecter les terres agricoles et les sources en eau potable, avec des conséquences socio-économiques sur les populations locales.

2. Milieu, Matériel et Méthodes

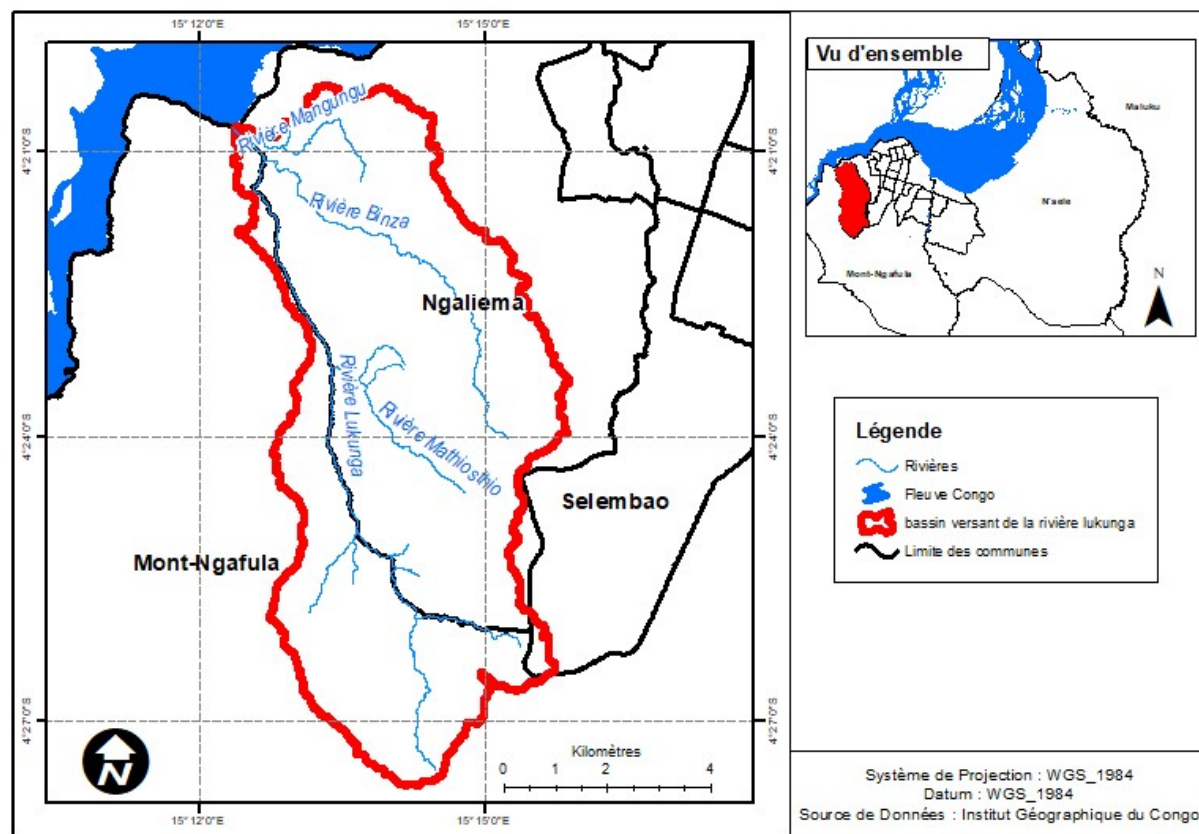
Cette section présente le **cadre spatial** de l'étude, les **données mobilisées**, les **outils géospatiaux** utilisés ainsi que la **démarche méthodologique** adoptée. Elle expose d'abord le **milieu d'étude**, en situant le bassin versant de la Lukunga dans son contexte géographique, écologique et socio-économique. Elle détaille ensuite le **matériel et les méthodes**, en précisant les sources de données (satellites, relevés de terrain, enquêtes participatives), le logiciel d'analyse (SIG) et les étapes du processus ayant conduit aux résultats de cette étude.

2.1. Milieu d'étude : le Bassin versant de la Lukunga

Le bassin versant de la Lukunga est l'un des importants du bassin des vallées encaissées de la ville de Kinshasa. Il est compris entre 15°15'20'' et 15°12'20'' de longitude Est et 4°27'40'' et 4°20'35'' de latitude Sud.

Le bassin de la Lukunga est limité :

- Au Nord par le fleuve Congo ainsi que par le quartier Kinsuka pêcheurs ;
- Au Sud les quartiers Musangu et Matadi mayo ;
- À l'Est par les quartiers Anciens combattants, Congo, Punda, Bangu, Pigeon et Ngomba Kinkusa ;
- À l'Ouest par les quartiers Lutendele, CPA Mushie, Kimbwala, Mitendi Musangu. Il convient de souligner que la plupart des quartiers mentionnés ci-dessus marquent à la fois les limites du bassin versant et font partie intégrante de celui-ci, à l'exception de Mitendi.



Carte 1 : Localisation du Bassin versant de la Lukunga

2.2. Matériel et Méthodes

La conduite de cette recherche s'est appuyée sur un ensemble de méthodes et d'outils éprouvés, largement mobilisés dans les travaux géographiques et environnementaux similaires. Ces approches ont permis d'assurer une analyse rigoureuse et intégrée du milieu étudié, en alliant observation, traitement spatial et interprétation systémique des risques d'érosions hydriques.

La méthode descriptive a servi à caractériser le milieu d'étude à travers l'observation directe des activités humaines et des transformations physiques du paysage. Elle a permis d'établir une représentation fidèle du milieu naturel et humain, tout en mettant en évidence les interactions entre les dynamiques sociales et la dégradation du couvert végétal.

La méthode analytique a contribué à identifier et à analyser les facteurs clés qui influencent les mécanismes d'érosion dans le bassin versant de la Lukunga et leurs implications socio-environnementales. En combinant ces différentes méthodes, nous avons pu acquérir une vision holistique de la problématique d'érosion hydrique dans le bassin versant de la Lukunga et produire une analyse approfondie des modèles et des facteurs impliqués, y compris leurs impacts sociaux et environnementaux.

La méthode systémique a permis d'étudier les interactions complexes entre les divers composants, caractéristiques et acteurs du phénomène d'érosion hydrique dans le bassin versant de la Lukunga.

La méthode cartographique nous a permis de visualiser, analyser et modéliser le risque d'érosion hydrique dans le bassin versant de la Lukunga, en fournissant des outils précieux pour la compréhension des processus en jeu et la formulation de recommandations pour une gestion durable des ressources en eau et des sols.

Sur le plan technique, l'approche documentaire nous a fourni le cadre théorique pour notre sujet et nous a aidés à structurer notre approche d'étude. Nous avons utilisé cette technique pour comprendre les concepts de base et examiner différents modèles pour étudier l'érosion hydrique. La technique documentaire nous a permis de collecter des informations précieuses en lisant et en consultant des documents pertinents qui nous ont permis d'avoir une idée de ce qui a déjà été dit et fait sur ce sujet.

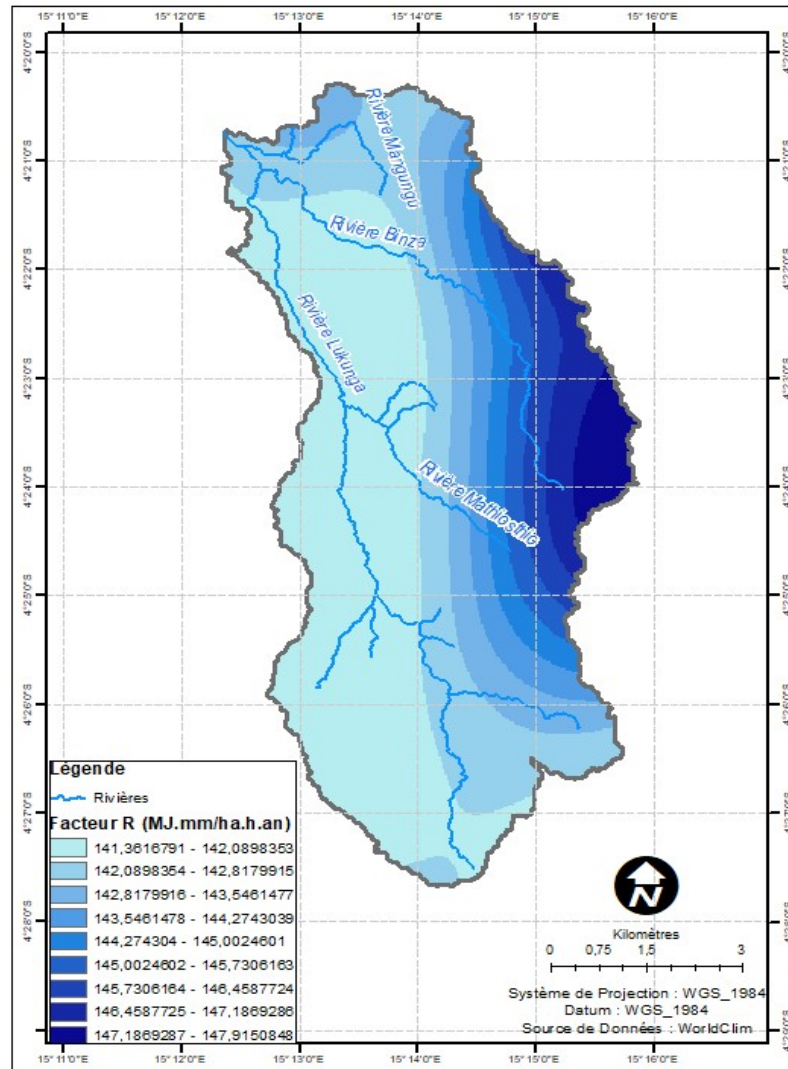
Tableau 1 : Synthèse du matériel et des méthodes utilisés

Catégorie	Matériel / Méthodes	Objectif / Apport
Méthode descriptive	Observation directe du terrain	Décrire le milieu physique et humain du Bassin versant de la Lukunga
Méthode analytique	Traitement des données d'enquêtes et du terrain	Identifier les causes et impacts de la dégradation
Méthode systémique	Analyse intégrée des facteurs de pression	Comprendre les interrelations écologiques et sociales
Méthode cartographique	Images Landsat 5, 7 ETM+, 8 OLI – ArcGIS 10.8	Visualiser la modélisation et implications socio-environnementales
Approche documentaire	Ouvrages, articles, rapports techniques	Renforcer la base théorique et scientifique
Enquêtes de terrain	Questionnaires auprès des ménages et opérateurs économiques	Collecter des données socio-environnementales

3. Résultats et analyse

3.1. Le facteur d'érosivité de pluie

Le bassin versant de la Lukunga jouit d'un climat tropical chaud et humide qui est assez contrasté par le relief. L'érosivité de la pluie tout comme la précipitation et l'altitude augmentent progressivement de l'ouest vers l'est. Le facteur R (carte no9) varie entre 139,3 et 148,1 MJ.mm/ha.h.an avec une moyenne de 143,7 MJ.mm/ha.h.an. Dans la plaine, l'agressivité de la pluie est la plus faible. L'agressivité de pluie la plus élevée se trouve au niveau des collines où les précipitations sont abondantes (en moyenne 1453 mm). Les valeurs de R trouvées dans le bassin versant de la Lukunga se rapprochent de celles trouvées par MUKENDI KATAMBA (2009) 220 MJ.mm/ha.h.an à Kinshasa pour des précipitations moyennes de 1553,6 mm/an.



Carte 2 : Répartition du facteur R (Erosivité des précipitations)

Les valeurs du facteur R qui varient entre 139,3 et 148,1 Mj.mm/ha.h.an indiquent une intensité de pluie élevée sur ce site et un risque élevé d'érosion. Étant donné que ce site se trouve dans un climat tropical humide, qui se caractérise par des précipitations abondantes et régulières sur une longue période de l'année. Ces valeurs sont cohérentes avec les conditions climatiques de la région. Il est important de noter que des valeurs élevées de R peuvent entraîner une érosion accrue des sols, ce qui peut avoir des conséquences négatives sur la qualité des sols et sur l'environnement dans son ensemble. Il est donc essentiel de prendre des mesures pour réduire l'impact de l'érosion sur le site, telles que la mise en place de pratiques de conservation des sols ou de culture en courbes de niveau pour ralentir le ruissellement de l'eau.

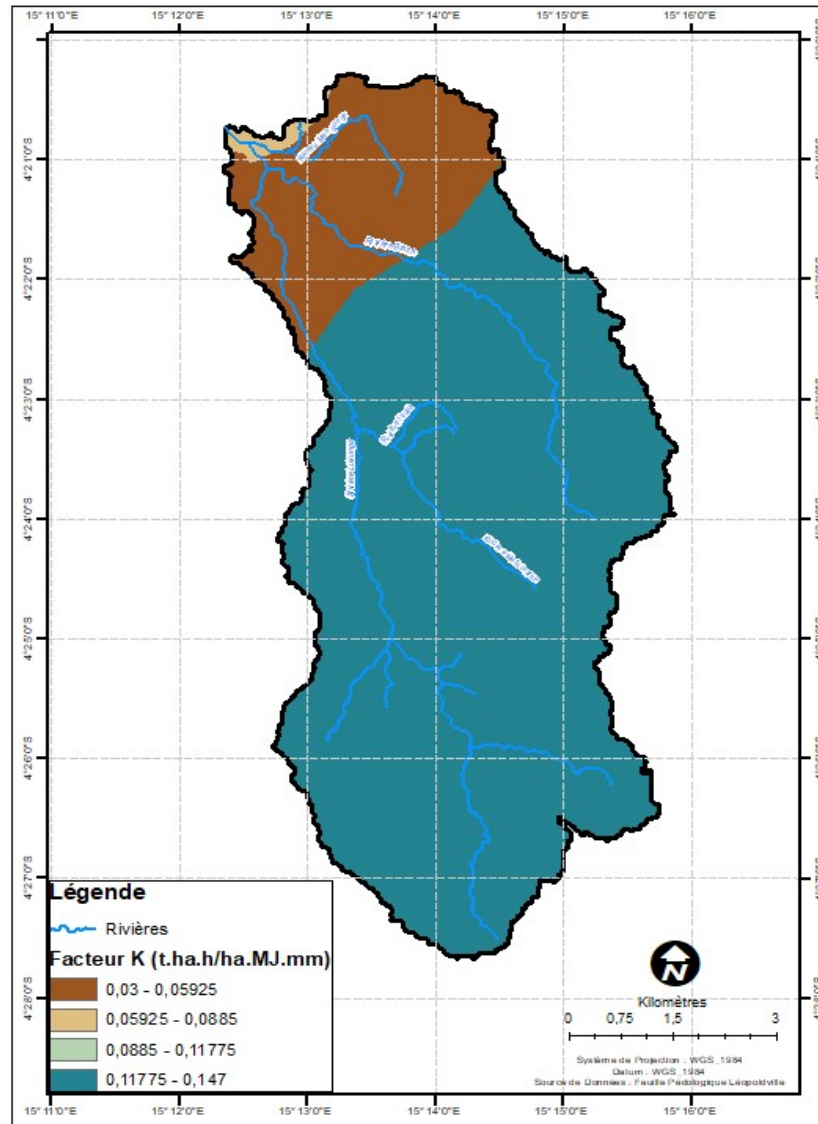
Par ailleurs, ces valeurs semblent conformes aux résultats de données scientifiques, par exemple :

- R= 60 au Maroc pour des précipitations moyennes de 310 mm/an (Sadiki et al., 2004),
- R= 1690 à Toulouse pour des précipitations moyennes de 664 mm/an (Morschel et Fox, 2004),

- R= 8098 à Haïti pour des précipitations moyennes de 1900 mm/an (Délusca, 1998).

3.2. Le facteur d'érodabilité des sols

Dans les pays tropicaux, l'érodabilité des sols est souvent moins importante que celle de certains pays tempérés. Cependant, la sensibilité des sols à l'érosion varie considérablement en fonction des sols, des saisons, des années et des techniques d'utilisations (Roose et al., 1990). La variabilité de l'érodabilité dans le bassin versant de la Lukunga dépend des types de sols présents. La correspondance entre la texture des sols et l'érodabilité des sols a permis de mettre en évidence les sols les plus érodibles de ce bassin versant.



Carte 3 : Répartition du facteur K (Erodabilité des sols)

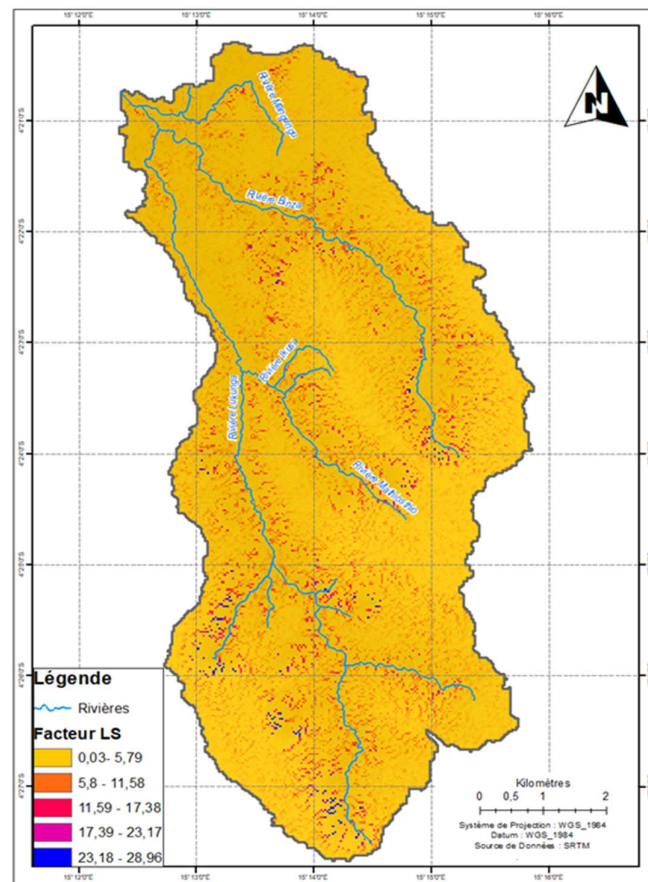
Le facteur K varie entre 0,03 à 0,147 t.ha.h/ha.MJ.mm (carte no10). Considérant ces valeurs et le fait que le sol du bassin versant est globalement peu perméable, cela entraîne un risque élevé de ruissellement d'eau :

- Les zones où le facteur K est le plus faible (0,03 à 0,11775 t. ha.h/ha.MJ.mm) sont en fait les moins vulnérables à l'érosion et à la pollution de l'eau. En effet, ces zones favorisent une meilleure infiltration de l'eau dans le sol, réduisant ainsi le risque de ruissellement et permettant à l'eau de pénétrer plus en profondeur ;
- En revanche, les zones où le facteur K est le plus élevé (0,147 t.ha.h/ha.MJ.mm) présentent une capacité d'infiltration de l'eau moins efficace et sont donc plus sujettes au ruissellement. Ces zones peuvent être plus vulnérables à l'érosion et à la pollution de l'eau, car elles laissent moins de place à l'absorption de l'eau par le sol.

Il convient de souligner que les zones avec un facteur K plus faible ont une meilleure capacité d'infiltration de l'eau, ce qui les rend moins vulnérables à l'érosion et à la pollution de l'eau. La situation est inverse pour les zones avec un facteur K plus élevé, qui présentent un risque accru de ruissellement et de problèmes liés à la qualité de l'eau.

3.3. Le facteur topographique

L'influence de la longueur de la pente et de son inclinaison sur les processus érosifs exprimée par le facteur LS (la carte ci-dessous) montre que les valeurs se répartissent entre 0 et 29. La plupart des valeurs (80%) sont comprises entre 0 et 5 et correspondent aux zones de plaine. On observe une différence marquée entre la plaine aux pentes nulles et possédant des valeurs de LS faibles (donc peu sensible au phénomène érosif) et les pentes des collines (Ngomba Kinkusa ou Djelo Binza par exemple) possédant des valeurs de LS élevées correspondant à un relief abrupt très sensible à l'érosion.



Carte 4 : Répartition du facteur LS (Inclinaison et longueur de pente)

La carte 4, nous montre que les terrains très pentus, possédant un facteur LS élevé, restent minoritaires sur la zone d'étude puisque seulement 5% des valeurs de LS sont supérieures à 20 se localisent au niveau des collines du Sud-Ouest et au centre du bassin versant de la Lukunga.

Les valeurs élevées du facteur LS exhibent des zones ayant de forts gradients des pentes qui ont une grande influence sur le facteur LS par rapport à la longueur de la pente. De manière générale, les zones ayant de forts gradients de pente ont des valeurs élevées du facteur LS du fait que le gradient de pente est le contrôle majeur des valeurs de LS. Par ailleurs, les surfaces concaves (zones d'accumulation des flux) ont des valeurs de LS supérieures au plan convexe (Desmet et Govert, 1996).

Ces résultats correspondent aux résultats d'études scientifiques similaires. En effet, les valeurs du facteur LS varient de :

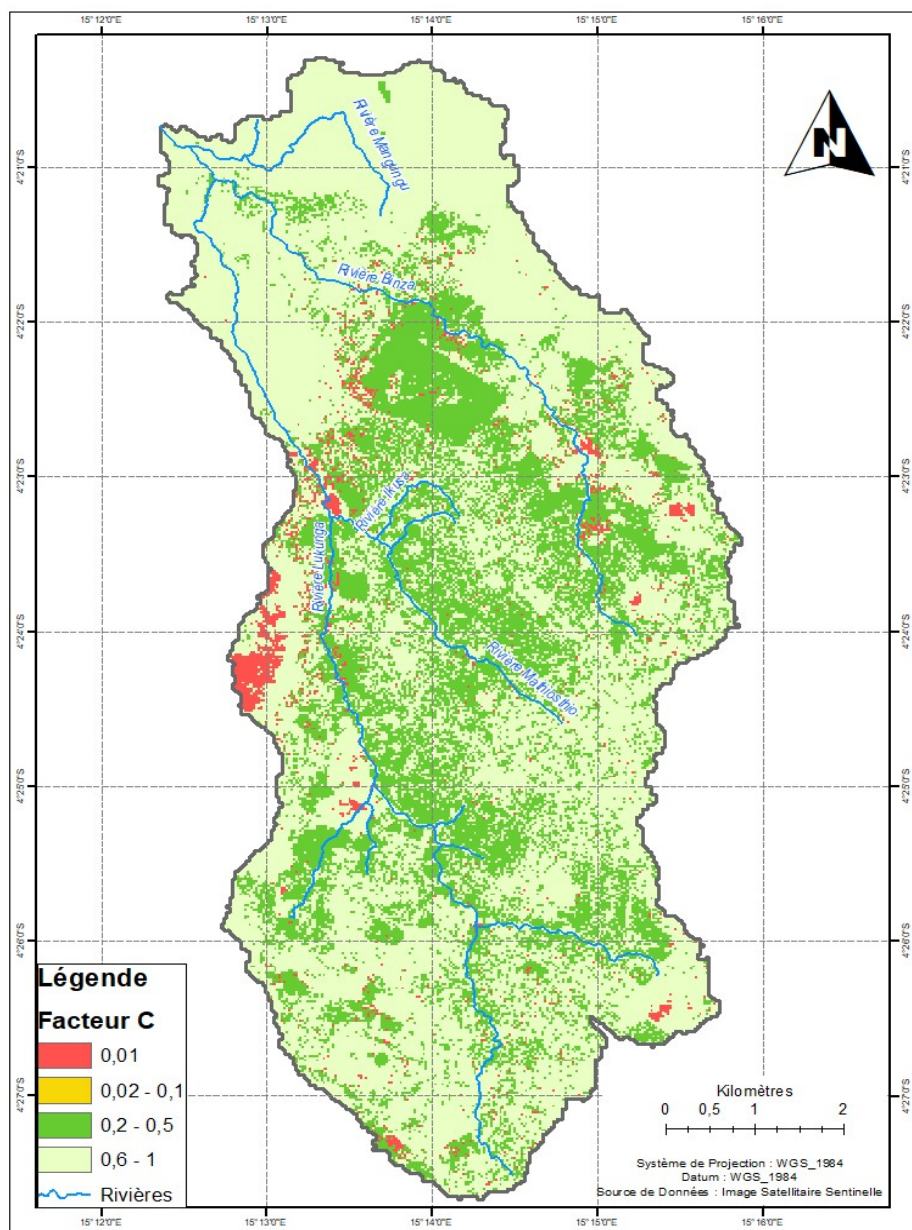
- 0 à 88 au Maroc pour des pentes de 0 à 60% (altitude variant de 625m à 1 622m) (Sadiki et al., 2004),
- 0 à 102 à Haïti pour des pentes de 0 à 60% (altitude variant de 0 à 500 m) (Délusca, 1998).

3.4. Le facteur couverture végétale et pratiques de protection du sol

L'approche développée pour le calcul du facteur d'occupation du sol C propose une estimation globale de la sensibilité de la couverture des sols sur le bassin versant de la Lukunga. Au vu des données disponibles, elle constitue un moyen fiable pour la prise en compte du facteur C. Le fait que le facteur C varie de 0,01 à 1 (carte no12) indique une grande variabilité dans la

capacité d'un bassin versant à retenir l'eau de pluie et à résister à l'érosion hydrique. En regroupant ces valeurs en 4 classes, nous pouvons faire l'analyse suivante :

- La première classe (facteur C de 0,01) correspond à la zone la plus vulnérable à l'érosion hydrique. Dans cette zone, le sol a une très faible capacité à retenir l'eau, ce qui peut entraîner une érosion importante même avec des précipitations relativement faibles. Des mesures de gestion des sols et des eaux seront nécessaires pour prévenir les pertes en sol dans cette zone.
- La deuxième classe (facteur C de 0,02 à 0,1) correspond à des zones présentant un risque modéré d'érosion hydrique. Bien que la capacité du sol à retenir l'eau soit légèrement meilleure que dans la première classe, les pertes en sol peuvent toujours être importantes en cas de précipitations importantes ou de mauvaise gestion des sols et des eaux.
- La troisième classe (facteur C de 0,2 à 0,5) correspond à des zones présentant une capacité moyenne à retenir l'eau et à résister à l'érosion hydrique. Dans cette zone, des pratiques de gestion des sols et des eaux appropriées peuvent réduire les pertes en sol et protéger contre les inondations sur le long-terme.
- La quatrième classe (facteur C de 0,6 à 1) correspond à des zones présentant une forte capacité à retenir l'eau et à résister à l'érosion hydrique. Dans cette zone, les pertes en sol dues à l'érosion sont généralement faibles, même en cas de précipitations importantes. Cela ne signifie pas qu'il n'y a aucun risque d'érosion hydrique, mais plutôt que les pratiques de gestion des sols et des eaux peuvent être moins urgentes dans cette zone.

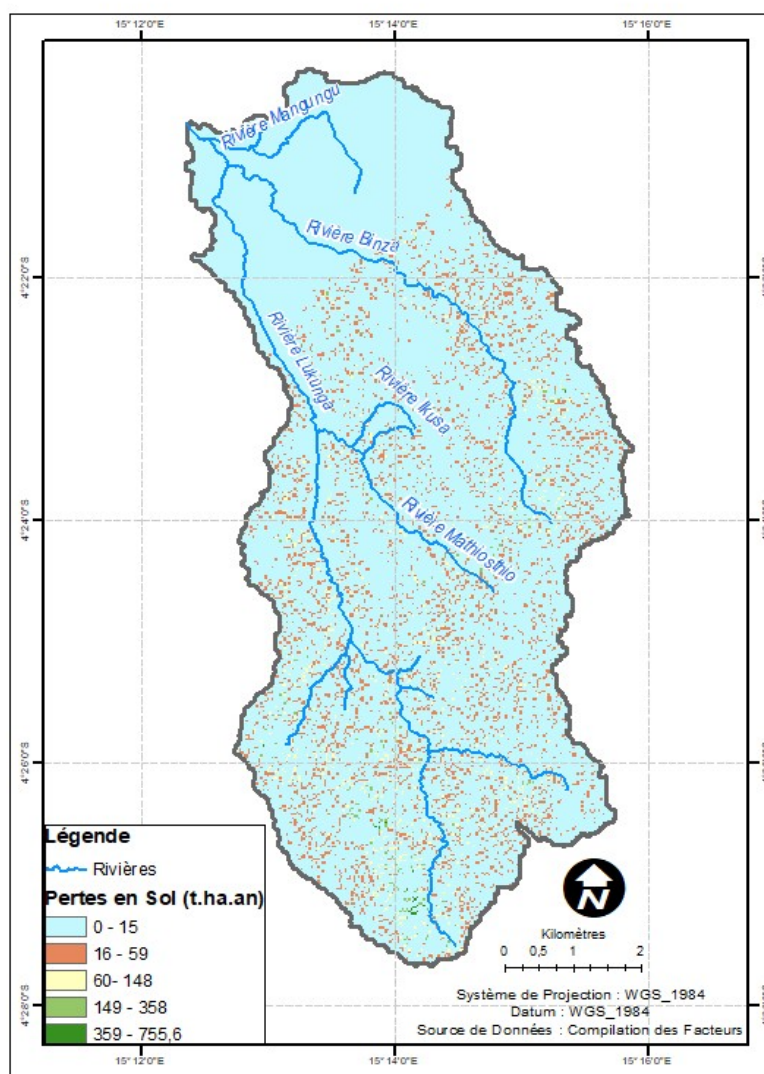


Carte 5 : Répartition du facteur C (Couverture végétale)

Suite à l'extension urbaine et à l'accroissement de la population, l'agriculture de subsistance se fait également sur des zones à forte pente, accentuant ainsi le risque d'érosion. Les valeurs de C trouvées dans le bassin versant de la Lukunga se rapprochent de celles trouvées dans la ville de Kinshasa où C varie entre 0 et 0,525 (Tshikeba et al., 2018). L'analyse des classes du facteur C peut nous aider à identifier les zones à risque élevé d'érosion hydrique et à mettre en place des mesures de gestion des sols et des eaux efficaces pour prévenir les pertes en sol et protéger contre les inondations.

3.5. Estimation des pertes en sol

La situation de l'érosion représente l'état actuel de l'érosion potentielle en tenant en compte des effets de la végétation et des pratiques de protection du sol. Ainsi, les coefficients C et P sont inclus dans l'équation de situation de l'érosion (Le Van et al., 2014). Contrairement à l'érosion potentielle qui ne tient compte que de 3 facteurs naturels (érosivité de pluie, érodibilité de sol, les facteurs de longueur et du gradient de pente) pour indiquer les zones avec une vulnérabilité élevée. Le risque d'érosion est estimé en faisant le produit des facteurs naturels anthropiques (érosivité de pluie, érodibilité de sol les facteurs de longueurs et du gradient de pente, facteur de couverture du sol et de pratique de protection) (Karamage et al., 2017). Le risque d'érosion du sol est faible au niveau de la plaine au Nord du bassin versant de la Lukunga. Par contre les zones situées dans les collines, à l'Est, au Sud-ouest et au centre de la zone d'étude, présentent la plus grande intensité d'érosion hydrique.



Carte 6 : Pertes en sol dans le bassin versant de la Lukunga

L'interprétation que nous pouvons faire de la carte no13 est la suivante :

- La classe 1 (0 à 15 t/ha/an) présente un faible risque de pertes en sol dues à l'érosion hydrique dans ce bassin versant urbain avec climat tropical chaud et humide. Cependant, même à ce niveau, il est important de surveiller les pratiques de gestion du sol et de l'eau afin de minimiser le risque d'érosion.
- La classe 2 (16 à 59 t/ha/an) présente un risque légèrement plus élevé d'érosion hydrique. Il est important de mettre en place des pratiques de gestion du sol et de l'eau dans cette classe afin de réduire le risque d'érosion.
- La classe 3 (60 à 148 t/ha/an t/ha/an) présente un risque modéré d'érosion hydrique. Des pratiques de gestion du sol et de l'eau doivent être mises en place pour réduire le risque d'érosion et minimiser les pertes en sol.
- La classe 4 (149 à 358 t/ha/an) présente un risque élevé d'érosion hydrique. Des mesures de gestion du sol et de l'eau doivent être mises en place dans cette classe pour minimiser les pertes en sol et réduire le risque d'érosion.
- La classe 5 (359 à 755,6 t/ha/an) présente un risque très élevé d'érosion hydrique. Il est nécessaire de mettre en place des mesures de gestion du sol et de l'eau dans cette classe pour réduire le risque d'érosion et minimiser les pertes en sol. Des mesures d'ingénierie peuvent également être nécessaires pour prévenir les pertes en sol dans cette classe.

En effet, les pertes de sols moins importantes sont associées à la végétation arbustive dense à l'inverse les valeurs plus élevées qui sont assignées aux sols nus ou sous couvert dégradé. Dans la ville de Kinshasa notamment dans sa partie ouest, ceci est particulièrement vrai, du fait de la généralisation de la dégradation des écosystèmes forestiers, favorisée par la déforestation et la difficulté de régénération de la végétation imputée aux conditions climatiques sévères (Sourdat, 1977). Il faut ajouter à cela la pression anthropique croissante sur les écosystèmes induits par les migrations autour de la ville province.

Par ailleurs, ces valeurs semblent conformes aux résultats de données scientifiques, par exemple :

- Plus de 500 t/ha/an. de MUKANU KASIALA Arsène et MITI TSETA Félicien (2021), dans le bassin versant de la rivière N'djili, situé dans la partie Est de la ville de Kinshasa.
- Plus de 92,054 5 t/ha/an de KAYEMBE TSHISHI (2011) dans la commune de Mont-Ngafula à Kinshasa.

3.6. Vulnérabilité et répartition spatiale de ravins

3.6.1. Vulnérabilité

Le degré de vulnérabilité d'un bassin versant dépend des valeurs du facteur A. Le facteur A représente l'indice de potentiel érosif du bassin versant, c'est-à-dire la quantité de sol perdue par érosion hydrique sur une unité de temps et d'espace, exprimée en tonnes par hectare par an (voir point 3.5 : Estimation des pertes en sol).

Le facteur A est essentiel dans l'équation universelle des pertes en sol, qui est utilisée pour estimer les pertes en sol dues à l'érosion hydrique. Cette équation prend en compte d'autres paramètres tels que le facteur R (intensité des précipitations), le facteur K (capacité d'infiltration du sol) et le facteur LS (inclinaison et longueur de la pente). En prenant en considération ces facteurs, l'équation universelle permet d'évaluer les pertes en sol potentielles dans un bassin versant.

Les valeurs du facteur A dans le bassin versant de la Lukunga varient entre 0 et 755,6 t.ha.an, et ont été divisées en quatre classes de vulnérabilité. La classe 1 correspond à un faible risque d'érosion hydrique, tandis que la classe 2 présente un risque légèrement plus élevé. La classe 3 indique un risque modéré, tandis que la classe 4 représente un risque élevé d'érosion hydrique et de pertes en sol.

Le tableau ci-dessous, nous montre la distribution surfacique de chaque degré de vulnérabilité dans le bassin versant de la Lukunga.

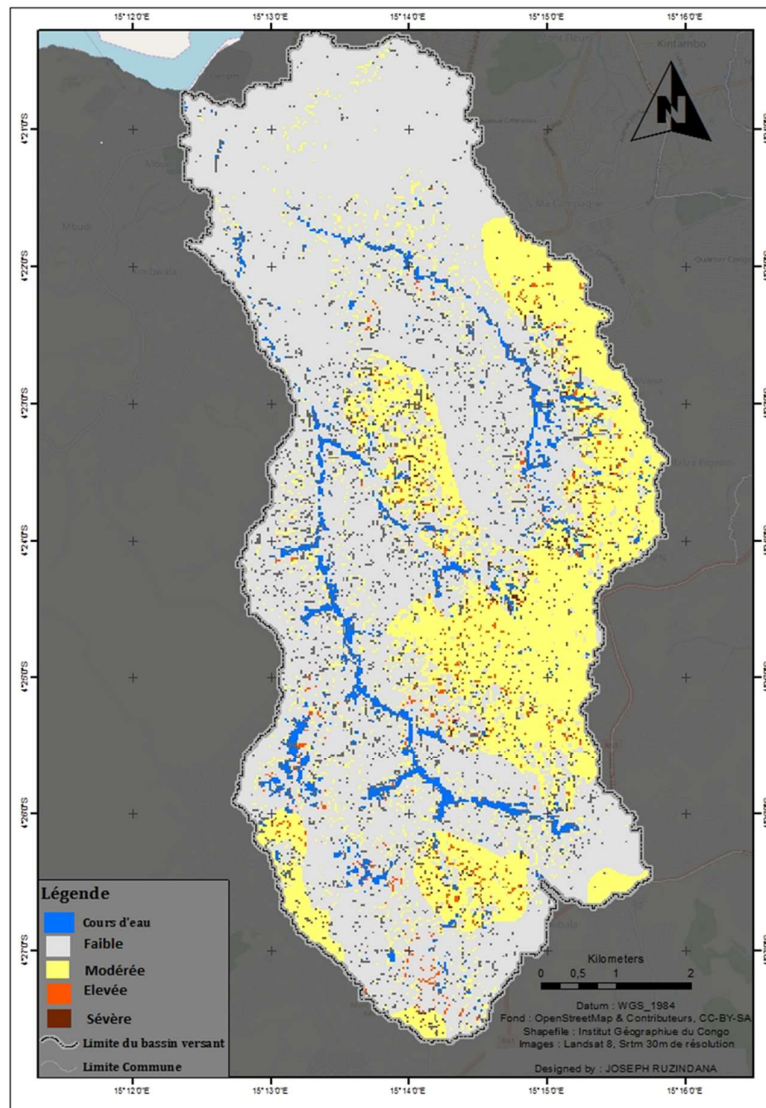
Tableau 2 : Vulnérabilité des surfaces à l'érosion (Ha)

Degré de Vulnérabilité	Perte (t/ha/an)	Surface (ha)	% de Surface totale en ha
Faible	0 - 59	3423,93	61
Modérée	60 – 149	1122,6	20
Elevée	150-358	392,91	7
Sévère	358 >	673,56	12
Total		5613	100

Source : Carte 6

Les fortes précipitations et la réduction de la couverture urbaine diminuent l'infiltration des sols, augmentant ainsi le ruissellement et l'érosion hydrique. Pour atténuer cette vulnérabilité, il est essentiel d'adopter une gestion intégrée de ressources en eau.

Dans le cadre de l'élaboration d'une carte de vulnérabilité à l'érosion dans le bassin versant de la Lukunga, des données sur le facteur A ont été collectées et analysées à l'aide d'outils de Système d'Information Géographique (SIG). Cette cartographie a permis d'identifier les zones les plus sensibles à l'érosion. La carte no14 ci-dessous met en évidence les zones à risque élevé de perte de sol, constituant ainsi un outil précieux pour la gestion des problèmes d'érosion. Elle peut servir à proposer des mesures ciblées pour la conservation des sols.



Carte 7 : Vulnérabilité à l'érosion dans le bassin versant de la Lukunga

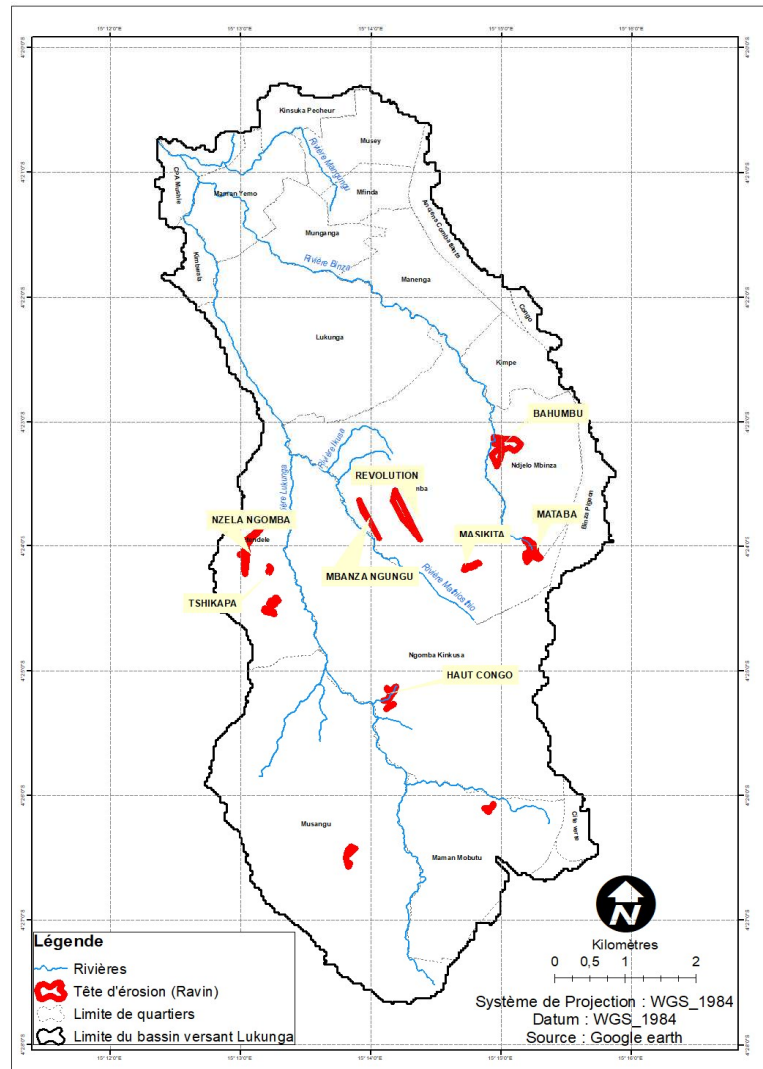
Il ressort de la carte ci-dessus de sensibilité à l'érosion que les pixels correspondant au degré faible de vulnérabilité sont éparpillés sur toute la surface du bassin versant mais assez moins fréquents du côté Est ; coté auquel se localise plus les pixels correspondants au degré modéré de vulnérabilité, ils se localisent non seulement à cet endroit mais aussi vers le Sud-Est, le Sud avec quelques portions mais au Centre du bassin. Les pixels correspondants au degré élevé et sévère de vulnérabilité sont localisés par ici par-là spécifiquement dans les zones collinaires. Les pixels correspondants au degré de vulnérabilité nul sont localisés dans les vallées équivalant aux lits de rivières.

3.6.2. Répartition spatiale des ravins

La répartition spatiale des ravins est principalement influencée par l'urbanisation. Les zones urbanisées densément peuplées et mal organisées sont particulièrement propices à la formation de ravins. Cela est dû à plusieurs facteurs, notamment des caniveaux

et des collecteurs défectueux ou obstrués, des rues et des sentiers en pente, des champs de culture sur les versants, des parcelles résidentielles et des surfaces imperméables telles que les toits, le béton ou le goudron. De plus, la présence de tranchées et de plates-formes pour les fondations, ainsi que la nature poudreuse du sable fin, aggravent le phénomène du ravinement.

Les surfaces imperméabilisées réduisent le temps d'infiltration et entraînent une concentration rapide des eaux pluviales. Cela modifie les conditions d'écoulement des eaux de ruissellement, ce qui entraîne une forte érosion ravinante sur les pentes et des crues soudaines en plaine. Dans le bassin versant de la Lukunga, on recense 10 grands ravins situés dans les quartiers Ngomba-Kinkusa, Djelo-Binza, Manenga et Bumba.



Carte 8 : Répartition spatiale de ravins dans le bassin versant de la Lukunga

Il ressort de la carte no15 ci-dessus de la répartition spatiale de ravins dans le bassin versant de la Lukunga que :

- Le ravin MATABA est une érosion complexe à tête multiples. Avec ses nombreuses ramifications, il est le plus connu de Kinshasa pour son énormité, l'ampleur de ses dégâts qui menacent même la route de MATADI à la hauteur de la maternité de sœurs de Binza (Eglise Saint Sacrement).
- Ravin de Maternité : situé sur le prolongement de l'Avenue de la Maternité entre les avenues PUMBU et Frères des Ecoles Chrétiennes à BINZA DELVAUX. A ce ravin, s'ajoutent deux autres qui se situent dans le prolongement de cette avenue vers la vallée du quartier LALOU. Présentement, il y a dégradation totale de la route devenue impraticable suite aux afflux des eaux provenant du bassin versant Pigeon. A l'allure où va cette érosion, elle risque d'emporter les habitations situées le long de cette avenue si aucune disposition n'est prise.
- Ravin MASIKITA : dû accidentellement à la rupture de l'ouvrage de drainage mal entretenu. Né en 1980, sur l'avenue MASIKITA, il a déjà à son actif plusieurs cas de destruction d'habitation. (LELO NZUZI, 2003).

La compréhension de la répartition spatiale des ravins est cruciale pour la planification urbaine et la gestion des risques environnementaux. Il est essentiel de mettre en place des mesures d'aménagement appropriées, telles que la conception adéquate des systèmes de collecte des eaux pluviales et la limitation des surfaces imperméables, afin de réduire l'impact du ravinement et de prévenir les problèmes liés aux crues et à l'érosion.



Photo 1 : Avenue Nzolana détruite par le ravin

Source : *Photo MOSETE, 2022*



Photo n° 2: Station de pompage d'eau de la Regideso sur l'avenue Tourisme

Source : *Photo MOSETE, 2022*

4. Conclusion générale

L'analyse du risque d'érosion hydrique dans le bassin versant de la Lukunga a mis en lumière l'existence des facteurs de risques et des impacts potentiels d'un point de vue socio-environnemental non seulement dans ce bassin versant de manière particulière mais aussi dans la ville haute ouest de Kinshasa en générale. La contribution à la gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant de la Lukunga face a été le cheval de bataille dans cette analyse que nous n'avons pas voulu simpliste mais rigoureuse et méthodique.

Le principal mérite de notre étude, contrairement aux travaux précédents, réside dans son accent sur les implications socio-environnementales. En effet, les recherches citées dans cet état de la question se concentrent principalement sur les aspects techniques et scientifiques de l'érosion hydrique, sans procéder à une analyse approfondie des conséquences socio-environnementales. Il a été pertinent d'explorer les effets sociaux, économiques et environnementaux de ce phénomène dans cette zone spécifique.

Les résultats de cette étude s'alignent avec ceux d'autres recherches sur la modélisation du risque d'érosion hydrique. Par exemple, les valeurs du facteur R (facteur d'érosivité de la pluie) observées dans le bassin versant de la Lukunga sont comparables à celles trouvées dans d'autres régions tropicales à forte pluviométrie, telles que le Brésil, le Kivu et Haïti. Cela confirme que cette zone est soumise à une intense activité pluvieuse, augmentant ainsi le risque d'érosion des sols.

De plus, les résultats concernant le facteur K (facteur d'érodabilité des sols) indiquent que les sols du bassin versant de la Lukunga sont particulièrement sensibles à l'érosion. Les valeurs élevées du facteur K dans certaines zones suggèrent une faible capacité d'infiltration de l'eau et une plus grande vulnérabilité à l'érosion et à la pollution. Ces observations rejoignent celles d'autres études sur l'érodabilité des sols dans des régions tropicales, où la sensibilité des sols varie selon divers facteurs tels que la texture du sol et les pratiques d'utilisation des terres.

Dans le même ordre d'idées, les résultats relatifs au facteur LS (facteur topographique) montrent que les zones à forte pente sont plus susceptibles à l'érosion que celles en plaine. Cette relation entre la pente et les processus érosifs est également corroborée par d'autres études sur la modélisation du risque d'érosion hydrique dans des régions similaires.

Enfin, notre étude sur le risque d'érosion hydrique dans le bassin versant de la Lukunga à Kinshasa est comparable à d'autres recherches. Par exemple, une étude menée par MUKANU KASIALA et MITI TSETA en 2021 dans le bassin versant de la rivière N'djili a estimé des pertes en sol dépassant 500 t/ha/an, suggérant un risque élevé d'érosion hydrique pour toute la région de Kinshasa. De même, l'étude de KAYEMBE TSHISHI (2011) a montré des pertes en sol estimées à plus de 92 t/ha/an dans la commune de Mont-Ngafula, résultats qui concordent avec ceux de notre étude où la classe de risque d'érosion hydrique la plus élevée est estimée à plus de 359 t/ha/an.

Ces comparaisons soulignent l'urgence de mettre en œuvre des mesures efficaces de gestion des sols et de l'eau dans la ville haute de Kinshasa afin de réduire le risque d'érosion et minimiser les pertes en sol. Les facteurs anthropiques tels que la déforestation et la pression humaine croissante sur les écosystèmes aggravent ce phénomène. Ainsi, il est essentiel d'initier des efforts pour conserver les sols et restaurer les écosystèmes afin d'éviter davantage de pertes.

Nous pouvons conclure que l'application de l'équation universelle des pertes en sol dans le bassin versant de la Lukunga a produit les résultats escomptés. Cette équation a permis d'analyser le risque d'érosion hydrique en quantifiant le volume des pertes en sol tout en tenant compte des divers facteurs contributifs. Son utilisation a facilité l'identification des zones à haut risque d'érosion.

Références

- [1]. BADIBANGA, A. (1985). « Urbanisation mimétique et l'extraversion des villes africaines », in : Tiers-Monde, tome 26 N°104, pp. 849-852.
- [2]. BOBE B.W. (2004) - Evaluation of soil erosion in the Harerge region of Ethiopia using soil loss models, rainfall simulation and field trials, PhD, University of Pretoria, 175p.
- [3]. BONN F. (1998) - La spatialisation des modèles d'érosion des sols à l'aide de la télédétection et des SIG : possibilités, erreurs et limites. Cahier Sécheresse, vol. 9, n°3, p 185-192.
- [4]. BROWN L.C., FOSTER G.R. (1987) - Storm erosivity using idealized intensity distributions. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers 30, pp. 379-386.
- [5]. BROWN R.B. (2003) - Soil Texture. Soil and Water Science Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Fact Sheet SL-29, 8p.
- [6]. BRUNEAU, J-C. (1987), « Les quartiers de Lubumbashi (Zaïre). Organisation et différenciation de l'espace dans une grande ville africaine », Travaux et Documents de Géographie Tropicale, CEGET, n°58, Bordeaux.
- [7]. BRUNEAU, J-C. (2010), « Crise des sociétés et exurbanisation en Afrique tropicale », in Historien et Géographe, n°379, pp 185-195
- [8]. BRUNET, R. al (2012) Les mots de la géographie. Dictionnaire critique, Reclus La documentation Française, Paris 518 p.
- [9]. BUREAU D'AMENAGEMENT ET D'URBANISME (1996), Kinshasa, Gestion de la croissance urbaine, Kinshasa, 29 p.
- [10]. CHALEARD Jean-Louis et DUBERSSON Alain (1999), Villes et campagnes dans les pays du sud : géographie des relations, Paris Karthala, 264 p.

- [11]. CHAUSSADE J. (1999) - De la gestion intégrée au développement durable. Bulletin de l'Association des Géographes Français, n°2, pp 151-157.
- [12]. DAUTREBANDE S., SOHIER C. (2006) - L'érosion hydrique et les pertes en sol agricoles en région Wallonne. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement wallon, FUSAGx, 122p.
- [13]. DAVIS, M (2006), Le pire du monde possible : de l'explosion urbaine au bidonville global, Paris La Découverte, 251p.
- [14]. DE MAXIMY, R. (Paris-1984) : Kinshasa, ville en suspens... (Dynamique de la croissance et problèmes d'urbanisme : étude socio-politique). Paris
- [15]. DELER Jean Paul et LEBRIS Emile et SCHNELER Graciela (1999), Les métropoles du sud : géographie des relations, Paris Karthala, 264p
- [16]. DESMET P. J., GOVERS G. (1996) - A GIS-procedure for the automated calculation of the USLE LS factor on topographically complex landscape units. Journal of Soil and Water Conservation, pp. 427-433.
- [17]. DORCEY A.H.J. (1992) - Sustainable development principles for water resources management in Canada: Towards a new consensus in Resolving conflicts and uncertainty in water management, Canadian Water Resources Association, 1.1-1.9.
- [18]. DUROSIER J.S. (1990) - Assessment of land degradation and its consequences. A case study of the Bouyaha River watershed, Haïti. Master's thesis. Rural and Land Ecology survey, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Enschede, The Netherlands.
- [19]. FITZHUGH T.W., MACKAY D.S. (2000) - Impact of input parameter spatial aggregation on an agricultural nonpoint source pollution model. Journal of Hydrology, Col. 236, pp. 35-53.
- [20]. GOUMERLON F., ROBIN M. (2005) - SIG et littoral. Série Aménagement et Gestion du Territoire, Hermès Sciences Publications, 323p.
- [21]. GUERMOND Y. (2005) - Modélisations en géographie, déterminisme et complexités. Hermès Sciences Publications, 389p.
- [22]. KAYEMBE Wa KAYEMBE, Mathieu De Maeyer et Eléonore Wolff, Cartographie de la croissance urbaine de Kinshasa (R.D. Congo) entre 1995 et 2005 par télédétection satellitaire à haute résolution.
- [23]. MESSINA NDZOMO JP, SAMBIENI R, MBEVO FENDOUNG P, MATE MWERU JP, BOGAERT J & HALLEUX JM, La croissance de l'urbanisation morphologique à Kinshasa entre 1979 et 2015 : analyse densimétrique et de la fragmentation du bâti
- [24]. MPURU MAZEMBE BIAS R, Kinshasa-Est : croissance et mutations d'un espace périurbain. Revue de l'urbanisation en République démocratique du Congo, 2018.
- [25]. Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning. Agriculture Handbook, 537, US Department of Agriculture, Science and Education Administration, Washington, DC.
- [26]. ABAHROR, M., 2009. « Évaluation quantitative de l'érosion hydrique dans le bassin du Prérif oriental : cas de l'oued Tlate ». Thèse Doctorat en géographie. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah. Fès. 291 p.
- [27]. AL KARKOURI J., 2003. « Dégradation du milieu naturel dans le bassin versant de Béni Boufrah (Rif central-Maroc): analyse des facteurs et des processus, essai de quantification et de modélisation spatiale ». Thèse de doctorat d'État. UM5, Rabat, 392p.

- [28]. KAKULE K.R (2016), Mise à jour de la carte administrative et l'étude des effondrements dans la ville de Mbuji-Mayi, mémoire de DEA, UNIKIN, Kinshasa, 137p
- [29]. KAKULE K.R. (2021), Etude de l'érosion intra-urbaine a Mbuji-Mayi (Kasaï oriental, RDC), Impacts et risques géomorphologiques du ravinement sur un terrain cryptokarstique en climat tropical. Thèse Doctorat en Sciences. Université de Kinshasa, 209 p
- [30]. KATALAYI, M. (2014) Urbanisation et fabrique urbaine à Kinshasa : défis et opportunités d'aménagement, thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 433p
- [31]. MAKANZU F. (2014), Etude de l'érosion ravinante à kinshasa : Dynamisme pluvio-morphogénique et développement d'un outil de prévision. Thèse Doctorat en Sciences. Université de Kinshasa, 209 p
- [32]. MUSENGA TSHIEY V. (2014), l'organisation de l'environnement urbain et perspectif d'aménagement durable de la ville de Kinshasa, thèse de doctorat, UNIKIN. Kinshasa, 246p
- [33]. NDoye B. 2006. Analyse et évaluation de l'érosion hydrique et du ravinement associé dans la ville de Nioro du Rip (Sénégal) par Télédétection et SIG. Mémoire Master-2 SIG, Université de Marne la Vallée, 81 p.
- [34]. Ranivoson, T.A., (2007), Cartographie systématique du risque d'érosion selon RUSLE à Madagascar, Mémoire de Master, Université de Tananarive, 125 p.
- [35]. Van Caillie, X., 1983. Hydrologie et érosion dans la région de Kinshasa : Analyse des interactions entre les conditions du milieu, les érosions et le bilan hydrologique. Thèse de doctorat, Dpt de Geografie Geologie, KUL, 554p.
- [36]. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse. (2016). Diagnostic érosion des sols. Lyon, France : Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse.
- [37]. Agreste. (2015). Indicateurs d'érosion hydrique des sols en France. Paris, France : Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.
- [38]. ANSES. (2010). Evaluation des risques liés à l'érosion hydrique des sols en France métropolitaine. Rapport d'expertise collective. Maisons-Alfort, France : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.
- [39]. Beasley, D.B., Huggins, D.G., Monke, E.J. (1993). Estimating Soil Erosion from Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agricultural Handbook No. 703. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- [40]. Borrelli, P., Robinson, D.A., Panagos, P., Lugato, E., Montanarella, L., Alewell, C. (2019). Assessment of the Impact of Erosion on Soil Carbon and Biodiversity: Risk Maps for Europe. Luxembourg : European Commission, Joint Research Centre.
- [41]. Lal, R. (2015). Soil Health and Climate Change: Soil Ecosystem Services and Sustainable Agriculture. Boca Raton, FL: CRC Press.
- [42]. MAKANZU F. (2017), La ville de Kinshasa face aux risques hydrologiques : Cas du ravinement urbain, Congo sciences, volume 5, Pages 127-137
- [43]. Miti, TS.F., Aloni, K.J., 2005. Les incidences de l'érosion sur le développement socio- économique et l'urbanisation future de Kinshasa. Kinshasa, M.E.S 27, 1-31.
- [44]. MUKANU K & MITI Félicien (2021), Estimation de l'Erosion Potentielle dans le Bassin Versant de la Rivière N'djili (Kinshasa) par Intégration de l'Equation de Wischmeier au Système d'Information Géographique et de la Télédétection Congo sciences, Congo science, volume 9, numéro 1, p45-53

-
- [45]. Observatoire des sols de Wallonie. (2019). Analyse du risque d'érosion hydrique des sols en Wallonie. Namur, Belgique : Observatoire des sols de Wallonie.
- [46]. OTAMONGA JP et al (2017) Caractérisation physico-chimique de l'eau de la rivière Lukunga dans la ville de Kinshasa, LARHYSS Journal, Volume 14, Numéro 1, Pages 121-136
- [47]. Plaza, A.J., Andres-Abellan, M. (2018). Soil Erosion and Sustainable Agriculture. New York, NY : Nova Science Publishers.
- [48]. Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C. (1997). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agricultural Handbook No. 703. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- [49]. Rapport de la FAO sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture en RDC (2014) : <http://www.fao.org/3/a-i3680f.pdf>
- [50]. Article du journal Le Potentiel sur l'érosion côtière en RDC (2018) : <https://www.lepotentielonline.com/le-potentiel-top/156922-rd-congo-l-erosion-cotiere-un-enjeu-majeur-qui-ne-doit-pas-etre-minimise>
- [51]. Rapport de Greenpeace sur la déforestation en Afrique (2020) : <https://www.greenpeace.org/africa/press/10773/greenpeace-report-shows-global-hypocrisy-on-tackling-deforestation-as-drc-ramps-up-forest-destruction/>