



OPEN ACCESS

Revue Congolaise des Sciences & Technologies

ISSN: 2959-202X (Online); 2960-2629 (Print)

<https://www.csnrdc.net/>REVUE
CONGOLAISE
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES

Quantification du risque de l'érosion pluviale à l'aide de la Télédétection et SIG /USLE au niveau du bassin versant de Lukaya (R.D. Congo)

[Quantifying the risk of rain erosion using remote sensing and GIS/USLE in the Lukaya Catchment (D.R. Congo)]

Kamosi Zola Blaise^{1,2}, Sansabana Kimvuka Hervé¹, Konga Moïse Losembe¹, Kisangala Muke Modeste^{1*} & Makanzu Imwangana Fils^{1, 2, 3}

¹Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et Technologies, Kinshasa, République Démocratique Congo

²Unité de Recherche et Formation en Gestion des Risques Naturels (URF-GRN), Kinshasa, République
Démocratique Congo

³Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM), Laboratoire de Géomorphologie et Télédétection,
Kinshasa, République Démocratique Congo

Résumé

L'érosion pluviale constitue aujourd'hui un défi majeur à relever dans plusieurs grandes villes en République Démocratique du Congo. Elle représente un risque naturel multidimensionnel et un défi environnemental sérieux de l'écosystème avec des conséquences socio-économique négatives. Cette recherche permet de : (1) quantifier le taux de l'érosion dans le bassin versant de la rivière Lukaya grâce à l'équation d'USLE et (2) cerner l'impact et la contribution de chacun facteurs dans les processus de dégradation et des pertes du sol. les résultats obtenus de l'application du modèle USLE après la spatialisation et la combinaison des variables du modèle ont permis d'estimer des pertes potentielles en sols à 0,24 t/ha/an comme perte minimale et 50,39 t/ha/an comme perte maximale soit un écart type de 19,12 t/ha/an et une moyenne de 14,85 t/ha/an. Cette perte est plus prononcée dans les zones collinaires (pente >20%) et habitées. Les facteurs décisifs qui accélèrent l'érosion de sol dans le bassin versant de Lukaya sont : la pente, l'érosivité des pluies, la couverture végétale associée à la mauvaise pratique d'occupation de sol.

Mots-clés : Erosion pluviale, SIG, USLE, Risque, Bassin versant.

Abstract

Rainfall-induced erosion is currently a major challenge in several large cities of the Democratic Republic of Congo. It represents a multidimensional natural hazard and a serious environmental threat to ecosystems, with negative socio-economic consequences. This research aims to: (1) quantify the erosion rate in the Lukaya River watershed using the USLE equation, and (2) assess the impact and contribution of individual factors in soil degradation and loss processes. The results obtained from applying the USLE model after spatialization and integration of its variables estimate potential soil losses ranging from 0.24 t/ha/year (minimum) to 50.39 t/ha/year (maximum), with a standard deviation of 19.12 t/ha/year and an average of 14.85 t/ha/year. These losses are more pronounced in hilly areas (slope >20%) and in populated zones of the Lukaya watershed. The key factors accelerating rainfall erosion are slope, rainfall erosivity, vegetation cover, and unsustainable land-use practices.

Keywords: Pluvial erosion, GIS, USLE, Risk, Catchment.

*Auteur correspondant: Kisangala Modeste, (Modeste.kisangala@unikin.ac.cd) Tél. : (+243) 999 993 762

ID <https://orcid.org/0009-0005-3190-9158>; Reçu le 28/11/2025; Révisé le 08/12/2025; Accepté le 29/12/2025

DOI: <https://doi.org/10.59228/r cst.025.v4.i4.206>

Copyright: ©2025 Kamosi et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-NC-SA 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

L'érosion pluviale est devenue l'un des phénomènes les plus préoccupants de l'aménagement des bassins versants surtout suite à l'ère actuelle des changements climatiques (Makanzu et al., 2025). Ce phénomène est très complexe ; il est lié à des facteurs naturels et anthropiques difficilement maîtrisables dans le temps et l'espace (Akdim al., 2018). Si ailleurs, c'est dans les champs en milieu rural que se manifeste l'érosion pluviale, c'est en majorité dans les grandes villes de la République Démocratique du Congo (R.D. Congo) que ce phénomène d'érosion des sols sévit. Les matériaux transportés par le ruissellement vers les lits des cours d'eau deviennent de plus en plus alarmant car, ils constituent un dépôt de millions de tonnes des sables chaque année, qui envase les zones basses et diminuent la mouille.

Le problème d'érosion de sol dans le milieu urbain en R.D.Congo a fait l'objet de nombreuses études notamment à Kenge (Birhembano & Moeyersons, 2012), Kikwit (Kakesa, 1993 ; Kakesa & Mubanga, 1998 ; Kisangala & Yina, 2011), Idiofa (Mubanga et al., 2024), Tshikapa, Ilebo, Kananga (Kisangala & Yina, 2012), Mbudi Mayi, Kolwezi (Mbenza et al., 1991), Kinshasa (Makanzu, 2014 ; Kayembe wa Kayembe, 2013), etc. Ces auteurs, qui se sont particulièrement consacrés à l'étude de l'érosion de sol en RD.Congo, expliquent les causes et les conséquences de ce phénomène. Pour la plupart, ces études ont été orientées sur l'évolution spatio-temporelle du phénomène (Muamba, 2007 ; Makanzu, 2015), la caractérisation, la typologie et dynamique de ravins ensuite les causes et impacts sur les zones habitées (Mbenza et al., 1991 ; Miti & Aloni, 2005 ; Lelo, 2008 ; Kayembe wa Kayembe, 2015).

A la différence de toutes ces études, celle-ci se passe dans un bassin versant à la fois rural dans sa partie amont et urbain dans sa partie aval. Alors, la présente étude va mettre en évidence l'aspect quantitatif des pertes en sols dans le bassin versant de la rivière Lukaya, à travers le modèle USLE (Equation Universelle de Perte en Sol) dont les paramètres sont essentiellement estimés par l'utilisation des données satellitaires à travers la télédétection et le Système d'Informations Géographiques (SIG). L'objectif est d'établir les cartes des vulnérabilités à l'érosion pluviale, de quantifier les facteurs initiateurs du risque d'érosion à l'échelle du bassin versant de la Lukaya et discuter des paramètres explicatifs et des incidences

pratiques des processus en cours pour élaborer un plan d'aménagement durable.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'études

La rivière Lukaya est l'un des affluents de la rivière N'djili et ainsi, son bassin versant est un sous bassin de la N'djili. Le bassin versant de Lukaya est situé au Sud du grand bassin de la N'djili, à l'extrême Sud-Ouest de la ville province de Kinshasa et dans la partie Est du Kongo-central, et s'étend sur une superficie d'environ 350 Km² entre 4°25' et 4°46' de latitude Sud et 15°7' et 15°16' de longitude Est. Il appartient administrativement à la commune de Mont-Ngafula dans la ville-province de Kinshasa et dans le territoire de Kasangulu dans la province Kongo-central (figure.1).

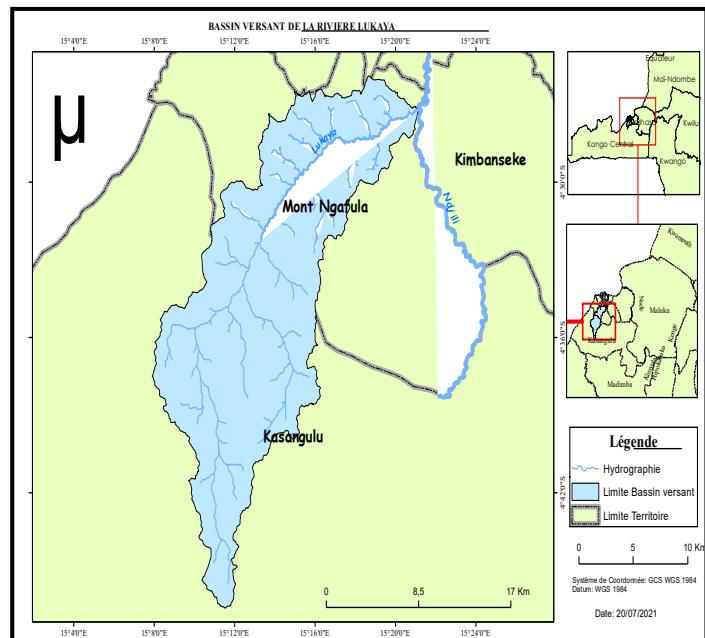


Figure 1. Situation géographique du bassin versant Lukaya

Source : KAMOSI ZOLA

Le climat dans le bassin de la Lukaya est du type tropical humide appartenant au type climatique Aw4 dans la classification de Köppen avec quatre mois de saison sèche et huit mois de saison des pluies. La température moyenne annuelle, assez uniforme, oscille autour de 25°C. La première et la dernière pluie sont approximativement observées le 15 septembre et le 25 mai, avec une brève saison sèche entre janvier et février. Ces dates qui s'avèrent de plus en plus perturbées dans la région de Kinshasa au cours de cette dernière décennie (Makanzu et al., 2023). Le sol du bassin de Lukaya au niveau de la vallée de Kimwenza et Kasangulu sont

acides avec un pH inférieur à 5, un sol sableux et moins riche en matière organique. Pour les autres éléments l'azote, le calcium, le magnésium, le potassium et le phosphore, les teneurs sont très faibles (PNUE, 2016).

2.2. Approche méthodologique

2.2.1. Quantification des pertes en sol dans le bassin versant

Pour étudier l'érosion pluviale au niveau du bassin versant de Lukaya, la démarche méthodologique choisie repose sur l'utilisation des données de la télédétection qui permet la mise en place d'une connaissance spatialisée des facteurs de l'érosion (Erosivité des précipitations, occupation du sol, importance du couvert végétal, la pente du terrain etc...) ; et sur l'usage du SIG par des opérations d'analyse et de modélisation des processus d'érosion des terres dans la zone de recherche. La quantification des pertes en sol au niveau du bassin versant de la Lukaya est réalisée en adoptant l'équation universelle de perte en sol (USLE) établie par [Wischmeier \(1978\)](#) puis modifiée (RUSLE) par [Renard et al. \(1996\)](#) et [Forster et al. \(2002\)](#) dont l'expression est donnée par :

$$A = R \times K \times LS \times C \times P. \quad (\text{Equation 1})$$

Avec :

A = Taux annuel moyen de perte en sol en t/ha/an,

R = Facteur de l'érosivité des pluies en MJ.mm/ha.h.an,

K = Facteur de l'érodibilité des sols en t.ha.H/ha.MJ.mm,

LS = Facteur topographique sans dimension combinant la pente (S en %) et la longueur de pente (L en m),

C = Facteur du couvert végétal sans dimension,

P = Rapport qui tient compte des techniques culturales antiérosives

Un résumé des traitements intermédiaires qui interviendront dans la réalisation des cartes factorielles (facteurs R, K, LS, C, P) ainsi que de la carte synthèse des pertes en sol de bassin versant de la Lukaya est faite à travers le schéma méthodologique de l'intégration du modèle USLE dans un SIG ([figure 2](#)).

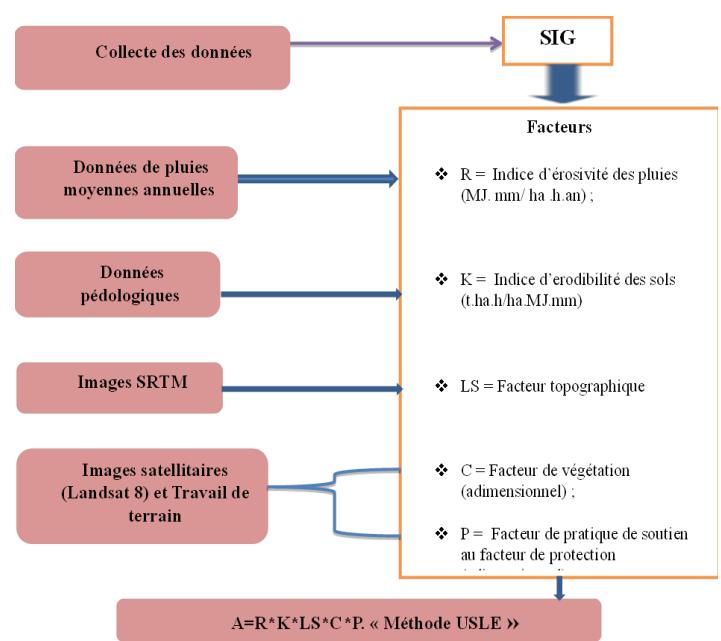


Figure 2. Schéma méthodologique adopté pour évaluer la perte des sols avec le SIG

L'organigramme repris à la [figure 2](#) présente la méthodologie adoptée pour estimer et cartographier l'érosion potentielle. Elle vise à élaborer, à l'échelle du bassin versant de Lukaya, une carte des pertes en sol. Cette carte prend en considération la plupart des facteurs figurant dans l'équation de [Wischmeier & Smith \(1978\)](#), eux même exprimés sous forme de cartes thématiques. Le croisement de ces cartes numériques à l'aide du SIG nous a permis d'estimer le taux des pertes en sol à l'échelle du bassin versant de la Lukaya.

2.2.2. Détermination des paramètres du modèle de Wischmeier et Smith

a. Facteur d'agressivité pluviale « R »

L'érosivité pluviométrique (**R**) correspond à la moyenne annuelle des sommes des produits de l'énergie cinétique de la pluie par son intensité en 30 minutes consécutives. Elle est exprimée en MJ.mm/ha.h.an. Faute d'enregistrements pluviographiques réguliers à Lukaya, nous avons recouru aux données pluviométriques téléchargées dans le site de l'Agence spatiale de la NASA (<https://power.larc.nasa.gov>).

Nous avons simulé 16 stations climatiques à travers le bassin de la Lukaya et ses environs et calculé des moyennes mensuelles et annuelles sur une période de 40 ans soit de 1982 à 2022. L'érosivité des pluies dans le bassin de Lukaya est ensuite calculée à partir de l'équation ci-dessous :

$$R = -8.12 + (0.562 \times P) \text{ (Equation 2)}$$

- P étant la précipitation moyenne annuelle et les valeurs -8,12 ; 0,562 sont des variables prédefinies par les auteurs de la formule. Ndolo (2015) a déjà recouru à cette approche dans le bassin versant de la rivière N'djili par absence des données de l'énergie cinétique (Ec) et l'intensité moyenne des précipitations en 30 mm.

b. Facteur d'érodibilité des sols « K »

L'érodibilité (K), qui représente la résistance naturelle d'un sol à l'érosion, est estimée grâce à l'équation (3) ci-dessous :

$$K = f_{csand} * f_{cl-si} * f_{orgc} * f_{hisand} \text{ (Equation 3)}$$

Où f_{csand} : Facteur d'érodibilité pour les sols avec un contenu en sable élevé,

f_{cl-si} : Facteur d'érodibilité pour le sol avec un grand rapport argile/limon,

f_{orgc} : Facteur d'érodibilité pour des sols avec un contenu en carbone organique,

f_{hisand} : Facteur d'érodibilité pour les sols avec des contenus en sable.

$$f_{csand} = [0,2 + 0,3 \exp(-0,256 \times ms \times (1 - \frac{msilt}{100}))] \text{ (Equation 4)}$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{msilt}{mc + msilt} \right)^{0.3} \text{ (Equation 5)}$$

$$f_{orgc} = 1 - \frac{0,036 * orgc}{orgc + \exp[3,72 - (2,35 * orgc)]} \text{ (Equation 6)}$$

$f_{hisand} =$

$$1 - \frac{0,7 * (1 - \frac{msilt}{100})}{(1 - \frac{msilt}{100}) + \exp[-5,51 + 22,9 * (1 - \frac{msilt}{100})]} \text{ (Equation 7)}$$

Où

ms est le pourcentage en sable

mc est le pourcentage en argile

ogrc est le carbone organique

msilt est le pourcentage en limon

c. Facteur des pentes « LS »

LS est un facteur sans dimension qui représente l'inclinaison (S en %) et la longueur de pente (L en m). L'estimation des composantes de l'effet de la topographie dans l'érosion de sol à Lukaya est établie à partir du modèle USLE, qui donne lieu à ces deux facteurs, qui sont tous calculés sous ArcGis 10.8 à partir de la formule suivante :

$$LS = [(AccFlux.Dimpixel/22.1)^{0.5} \cdot (\sin(Pente_{deg} \cdot 3.14/180)/0.09)^{1.3}] \cdot 1.3 \text{ (Equation 8)}$$

Avec :

Acc. Flux : Carte d'accumulation des flux

Dimpixel : Dimension des pixels de la carte des flux (Résolution)

Pente_{deg} : Carte des pentes exprimées en degré

(3.14/180) : Facteur de conversion de degrés en radians

Enfin, C et P sont des facteurs adimensionnels qui représentent respectivement l'effet de la couverture végétale, puis un rapport qui tient compte des techniques culturales antiérosives.

Tableau I. Sources des données utilisées et Traitements appliqués

Facteur USLE	Type de données	Format	Échelle / Résolution	Source des données	Traitements appliqués
R (érosivité des pluies)	Climat	CSV (séries temporelles)	25 km	NASA POWER (TRMM) - https://power.larc.nasa.gov	Calcul du facteur R à partir des pluies moyennes annuelles en appliquant l'équation de Ndolo (2015), dérivée de Renard & Freimund (1994)
K (érodibilité du sol)	Carte pédologique	Vecteur (Shapefile)	1:2 000 000	SOTERCAF 1.0 (ISRIC) - https://www.isric.org	Estimation du facteur K à l'aide de l'équation (3), basée sur la texture, la matière organique et la classification FAO
LS (longueur et pente de versant)	MNT (SRTM)	Raster (GeoTIFF)	30 m	USGS EarthExplorer - http://earthexplorer.usgs.gov	Calcul du facteur LS par ArcGIS 10.8 à partir des cartes de pente (%) et d'accumulation de flux, selon la méthode de Desmet & Govers (1996)
C (couverture) / P (pratiques culturales)	Imagerie satellitaire (Landsat 8)	Raster (GeoTIFF)	15 m	USGS EarthExplorer - http://earthexplorer.usgs.gov	Estimation du facteur C à partir des indices NDVI et NDWI ; attribution du facteur P selon les types d'occupation du sol en utilisant des coefficients de la littérature (Wischmeier & Smith, 1978 ; Ndolo, 2015)

2.2.3. Méthode de validation et contrôle terrain

Pour valider le facteur (C, LS) et les zones érodées dans le cadre de cette étude, une analyse de l'occupation du sol a été réalisée à partir de deux images satellites Landsat : Landsat 7 (2001) et Landsat 8 (2020), avec des résolutions spatiales respectives de 30 m et 15 m couvrant la période de mars 2001 et avril 2020, sous format raster.

Afin d'améliorer la précision de l'interprétation, les images satellites de Google Earth ont été mobilisées. Elles ont permis :

- Une identification plus fine des différentes classes de couvertures végétales,
- Une meilleure correspondance entre leur signature spectrale et les données Landsat,
- Ainsi qu'une délimitation plus précise des zones sensibles au risque d'érosion dans le bassin de la Lukaya.

Pour valider le modèle, deux matrices de confusion ont été établies (validation spatiale), respectivement pour les images de 2001 et 2020. Ces matrices ont permis de calculer :

- Le coefficient de Kappa,
- Ainsi que la précision globale.

Un échantillon de 300 points de contrôle a été utilisé pour vérifier la concordance entre la

classification des images et les réalités observées sur le terrain (zonés érodées par exemple). Les résultats obtenus montrent des coefficients de Kappa de 86,2 % (2001) et 82,3 % (2020) (voir [tableaux I et II](#)). Ces valeurs indiquent que les modèles produits sont scientifiquement satisfaisants et présentent un niveau de fiabilité élevé pour l'analyse spatio-temporelle de l'occupation du sol.

Tableau II. Matrice de confusion de la classification de l'image de 2001

Classes d'occupation	Végétation Arborée	Végétation Herbeuse	Habitat	Sol nu	Eau	Total	Précision Utilisateur
Végétation Arborée	57	3	0	0	0	60	95
Végétation Herbeuse	8	50	2	0	0	60	83
Habitat	1	0	56	2	1	60	93
Sol nu	0	8	3	49	0	60	82
Eau	2	0	4	0	54	60	90
Total	68	61	65	51	55	300	
Précision Producteur	84	82	86	96	98		
Précision Globale						88,6	
Coefficient de Kappa						86,2	

Tableau III. Matrice de confusion de la classification de l'image de 2020

Classes d'occupation	Végétation Arborée	Végétation Herbeuse	Habitat	Sol nu	Eau	Total	Précision Utilisateur
Végétation Arborée	55	3	2	0	0	60	92
Végétation Herbeuse	6	51	2	0	1	60	85
Habitat	1	1	49	8	1	60	82
Sol nu	0	6	1	53	0	60	88
Eau	0	2	7	3	48	60	80
Total	62	63	61	64	50	300	
Précision Producteur	89	81	80	83	96		
Précision Globale						85,3	
Coefficient de Kappa						82,3	

3. Résultats et Discussion

3.1. Répartition spatiale de l'érosivité des pluies dans le bassin de la Lukaya

L'érosivité des pluies dans le bassin de la Lukaya fait référence à leur potentiel d'érosion. L'analyse des précipitations basée sur 16 stations météorologiques

impliquées dans cette recherche a révélé une variabilité temporelle et spatiale des précipitations. L'incorporation de données sur les précipitations dans le Système d'Information Géographique (SIG) nous a donné la possibilité d'observer la distribution spatiale de l'érosivité dans le bassin de la Lukaya.

La carte d'érosivité des pluies ci-dessous obtenue à partir de l'analyse spatiale des valeurs du facteur R calculées dans les différentes stations climatiques montre un important gradient de l'amont vers l'aval, avec des valeurs R allant de 799,21 à plus de 962,9 MJ.mm/ha.h.an avec une moyenne établie à 870,31 MJ.mm/ha.h.an. Pour 80 % de la surface du bassin versant de la Lukaya, les valeurs de R sont supérieures à 700 MJ.mm/ha.h.an.

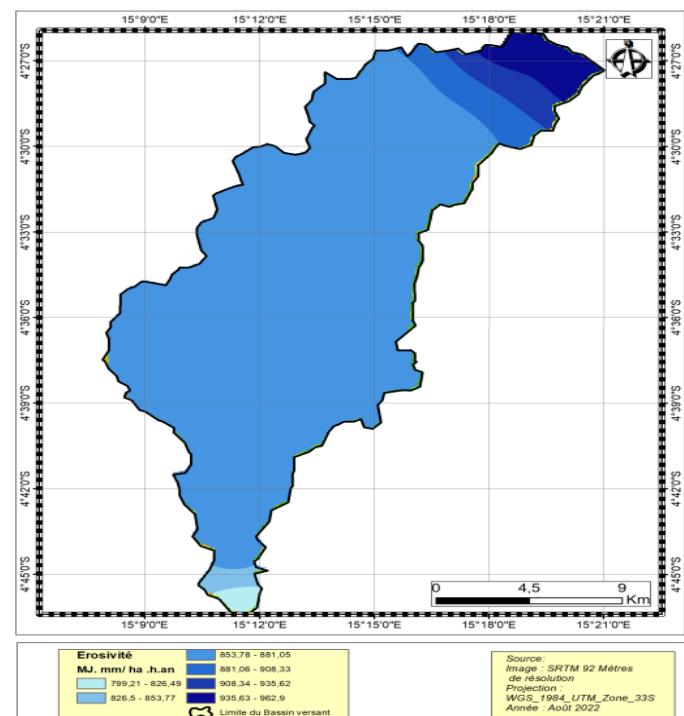


Figure 3. Répartition spatiale d'érosivité des pluies dans le bassin versant de Lukaya.

Le calcul du facteur d'érosivité des pluies « R » a permis d'aboutir à une évaluation globale de l'agressivité des pluies sur la zone d'étude. Les données issues de l'interpolation de base de données climatiques spatiales ont permis d'intégrer le rôle des précipitations dans la modélisation de l'érosion des sols en l'absence de données plus précises de station au sol. Suivant la distribution des précipitations en fonction de l'altitude, la carte de spatialisation du facteur R ([figure 3](#)) nous montre un étagement croissant des valeurs de l'amont vers l'aval.

Quant à la variabilité temporelle d'érosivité des pluies dans le bassin de Lukaya, le résultat est illustré dans la [figure 4](#) ci-dessous.

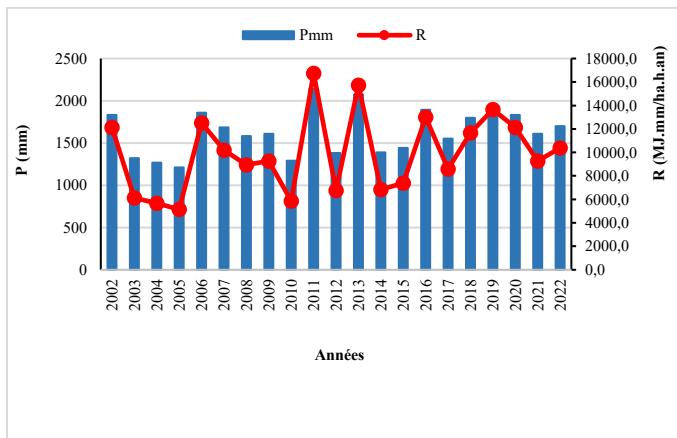


Figure 4. Évolution des précipitations et de l'indice d'érosivité (R) entre 2002 et 2022 à Kinshasa.

Le diagramme de la [figure 4](#) montre en premier lieu que les volumes annuels sont relativement abondants et variables. Toutes les années prises comme échantillons ont une pluviométrie supérieure à 1000 mm. Mais la pluviométrie est ici marquée par une variation interannuelle qui se répercute aussi sur l'érosivité des pluies. L'analyse des résultats se fait sur base de la classification des indices d'érosivité des pluies repris au [tableau II](#).

Tableau III. Classes des indices d'érosivité (R) des pluies

Classes	Erosivité (R) (MJ.mm/ha.h.an)	Vulnérabilité des sols aux précipitations
4	> 5000	Très élevée
3	4000 à 5000	Élevée
2	3000 à 4000	Modérée
1	2000 à 3000	Faible
0	0 à 2000	Très faible

Source : [Douay & Lardieg, 2010](#).

Il est important de relever plus l'année est pluvieuse, plus l'érosivité augmente. L'indice d'érosivité des pluies (R), calculé à partir de la formule de [Renard & Freimund \(1994\)](#), cité par [Douay & Lardieg \(2010\)](#), indique des valeurs largement supérieures à 5000 MJ.mm/ha.h.an pour toutes les années étudiées dans ce travail. Ce qui témoigne d'une forte érosivité dans la zone étude.

Toutefois de nombreuses équations utilisées dans le calcul de R en fonction des précipitations annuelles dans cette étude, est juste pour contourner la difficulté de manque des intensités des pluies ([Ndolo, 2015](#) ;

[Douay et al, 2010 ; Renard & Freimund, 1994](#)). Ces équations de substitution ont été appliquées dans différents travaux impliquant une modélisation USLE ([Akdim et al, 2018; Sadiki et al., 2004 ; El Gouraran et al., 2007](#)) et ont montré des résultats satisfaisants.

Cette analyse de pluies dans le bassin de Lukaya nous amène à une réflexion sur l'érosivité due aux précipitations. Comme on le voit dans la [figure 5](#), l'érosivité est forte voire très forte dès le retour et l'installation des pluies, en octobre, novembre et décembre où elle atteint son maximum. Ceci est tout à fait normal en région tropicale de savanes ou de forêt claire. En effet, durant la période précédant de juin à septembre le feu de brousse dans le bassin de Lukaya a brûlé la savane, laissant le sol quasiment dénudé et en début des pluies la végétation herbeuse en début de croissance recouvre mal le sol. La violence de gouttes des pluies frappent directement sur le sol nu. Celles-ci creusent et éjectent des particules du sol par splash. Le ruissellement qui s'organise aussitôt, entraîne ces particules qui le rendent encore plus abrasif du fait de la pente ([Alexandre, 1967](#)). Après le pic de novembre et décembre l'érosivité reste assez constante jusqu'à la fin de la saison des pluies.

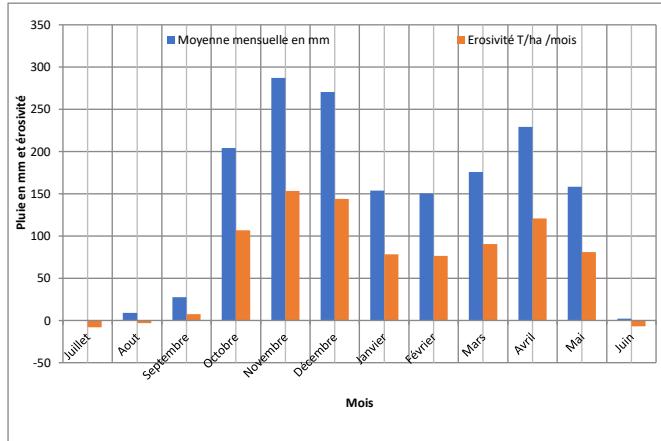


Figure 5. Analyse l'érosivité des précipitations mensuelles de 1982 à 2022 dans le bassin versant de Lukaya.

L'analyse comparée des résultats de la [figure 5](#) montre qu'il y a une variabilité mensuelle de l'érosivité des pluies dans le bassin de Lukaya ; il faut noter cependant que cette variabilité est associée à la variation naturelle des précipitations mensuelles. Il est évident que l'érosivité soit nulle pendant les mois secs (Juin, Juillet, Aout) et par contre elle est élevée à la saison des pluies.

3.2. Facteur d'érodibilité des sols « K »

Pour déterminer le facteur d'érodibilité des sols dans le bassin versant de la Lukaya, nous avons analysé

la surface des formations meubles pouvant être mobilisées par l'érosion pluviale, couvrant les différentes formations géologiques qui affleurent dans le bassin versant. Toutes ces données pédologiques sont recueillies après interpolation de notre zone d'étude avec les données des sols téléchargées dans le site de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) qui fournit la base des données pédologiques à l'échelle mondiale. Les résultats sont résumés dans les tableaux 4 et 5.

Tableau IV. Type de sol et valeurs de K dans le bassin versant de la Lukaya

Code (FAO)	Symbol	Classification des sols	% Sable	% Limon	% Argile	% Composé Organique	% M.O.	Erodibilité K
31410	Ach	Appli acrisol	57	25	18	0,38	0,654	0,14
31417	ARo	Ferralic Arenosol	54	25	21	0,6	1,032	0,16

M.O : Matière organique

Pour distinguer l'érodibilité dans notre zone d'étude, une échelle de valeurs est donnée : si $K \geq 0,45$ érodibilité est très élevée, $0,45 > K \geq 0,35$ érodibilité est élevée, $0,35 > K \geq 0,25$ érodibilité est moyenne et lorsque $K < 0,25$ nous avons une faible érodibilité. Au regard de cette fourchette de valeurs, nous pouvons conclure que le sol du bassin de la Lukaya possède une faible capacité de résister contre l'érosion de sol justement à cause de faible érodibilité des acrisols haploiques ($K=0,14$) et de ferralic Aranosol ($K=0,16$) avec leur taux de sable élevé ($fsand=0,20$) et leur rapport Argile-Limon qui est faible ($fcl-si=0,83$).

Tableau V. Calcul de facteur K du sol du bassin de la Lukaya

classification des sols	Code (FAO)	Fsand	fcl-si	Forgc	Fhisand	Facteur K
Acrisols haploiques	ACh	0,207	0,740	0,964	1,000	0,147
Ferralic Arenosol	ARo	0,200	0,849	0,999	0,996	0,169

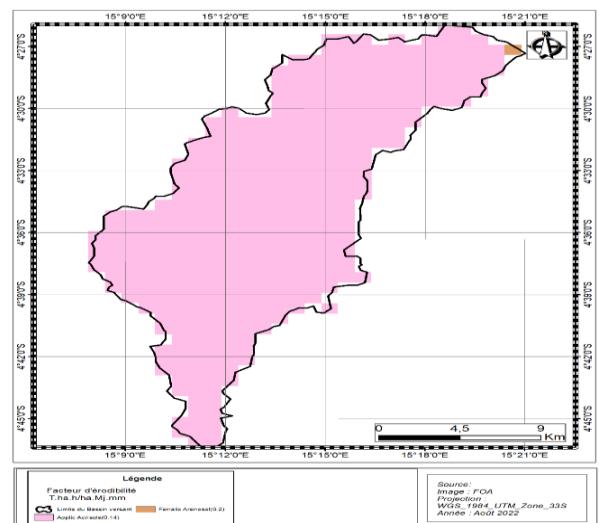


Figure 6. Facteur d'érodibilité de sol dans le bassin versant de Lukaya

3.3. Le facteur topographique « LS »

Selon Bentekhici (2006), la pente d'un bassin versant joue un rôle crucial dans la vitesse d'écoulement des eaux, favorisant soit l'infiltration pour les faibles pentes, soit le ruissellement pour les pentes plus prononcées. Les cartes élaborées et présentées en figures 7a et 7b illustrent les pentes du sol, la direction d'écoulement des eaux ainsi que les gradins d'altitude du bassin versant de la Lukaya.

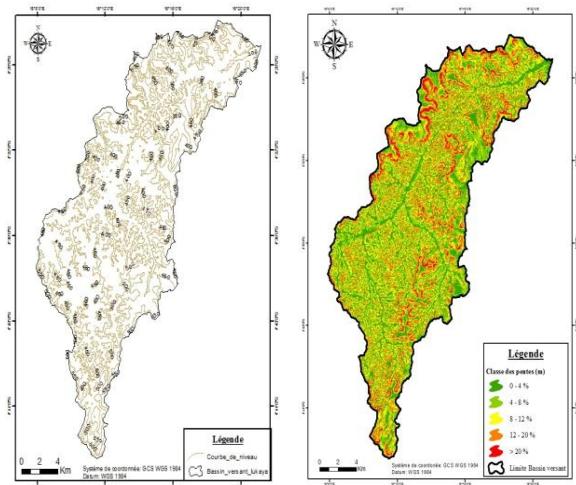


Figure 7. Carte de courbe de niveau (a) et Carte des pentes (b)

Les résultats du Modèle Numérique de Terrain (MNT) de Lukaya donnent les classes de pente suivantes : 0 à 4 pourcent : 4 % étant la limite à partir de laquelle l'érosion commence à s'exercer ; 4 à 8 % : 8 % correspondant à la pente à partir de laquelle des

problèmes d'érosion apparaissent dans la zone d'étude et les sites nécessitant des travaux de construction des murs de soutènement et des ouvrages de drainage des eaux pluviales ; 12 à 20 % le site est difficilement constructible. Selon la classification des types d'aménagement par classes de pentes suggérée par [Emberger et al. \(1983\)](#), le risque d'érosion atteint son maximum à partir d'une pente de 100% ($P \geq 45^\circ$), rendant ainsi la construction impossible. Nous avons donc analysé nos cartes des pentes pour mettre en évidence notre zone d'étude. Il est possible d'affirmer que dès qu'on atteint ce seuil d'inclinaison supérieur à 20% ($P \geq 11^\circ$), le danger devient significatif, pouvant parfois causer des glissements de terrain, des érosions ravinantes et mettant en péril la sécurité des individus ainsi que celle de leurs possessions.

Tableau VI. Classification des types d'aménagement par classe de pentes

Classes de pentes (°)	Catégories de pentes	Types de drainages	Risque de dégradation du sol	Possibilités d'aménagement
0 < $P < 13$	Nulle à moyenne	Nul au moyen	Nul à faible	Culture et habitation
13 < $P \leq 45$	Moyenne à forte	Moyen au rapide	Moyen	Agro-foret
$P \geq 45$	Très forte à abrupte	Très rapide	Élevé à très élevé	Forêt

Source : [Emberger et al. ,1983](#)

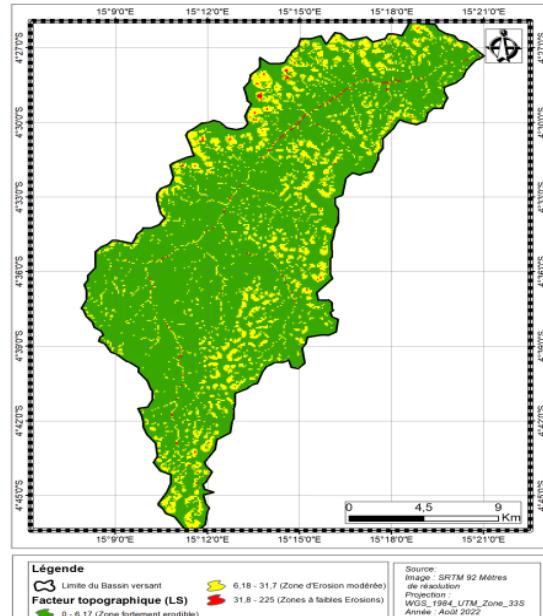


Figure 8. Carte de répartition spatiale des valeurs des facteurs LS au niveau du bassin versant de Lukaya.

La superposition des cartes des longueurs des pentes et les gradients de pentes nous donnent le facteur LS ([figure.8](#)), un indice topographique qui représente la morphologie du terrain. La pente a une influence importante sur le processus de l'érosion

hydrique, elle aggrave l'effet du ruissellement des eaux de pluie ([Bentekhici et al., 2006](#)). Les résultats obtenus pour LS dans cette étude varient entre 0 à 225. Ces valeurs indiquent que le bassin versant de la Lukaya est logé dans un relief à pente relativement varié. Les valeurs les plus fortes se localisent dans la partie aval du bassin de Lukaya et sur les collines avec des pentes élevées $> 20\%$ ([figure.7](#)). Les valeurs qui sont considérées faibles sont attribuées dans la plaine, aux dépressions et dans les lits des cours d'eau.

3.4. Facteur du couvert végétal « C »

L'Analyse de l'occupation de sol montre que les zones en amont du bassin versant de Lukaya (Territoire de Kasangulu) couvertes par les forêts sont encore relativement protégées contre l'érosion du sol bien que menacées par le feu de brousse contrairement aux zones aval (Kinshasa) occupées par l'urbanisation intense qui sont victime du phénomène de ravinement. Le [tableau V](#) montre que 83% de la superficie du bassin représente un taux de couverture végétale faible et que seulement 17% sont bien protégés par des îlots des forêts restantes. Ainsi, l'érosion hydrique au niveau du bassin de la Lukaya est fortement accélérée par la dégradation de la couverture végétale. Dans la même optique [Goor \(2005\)](#) a montré que le risque d'érosion hydrique est plus élevé lorsque le sol est occupé par des cultures de type sarclé peu couvrante ou des plantes dégradées, alors que le risque est minimal quand, il s'agit des forêts denses. La carte reprise à la [figure 9](#) montre la répartition spéciale du facteur C dans le bassin de la Lukaya.

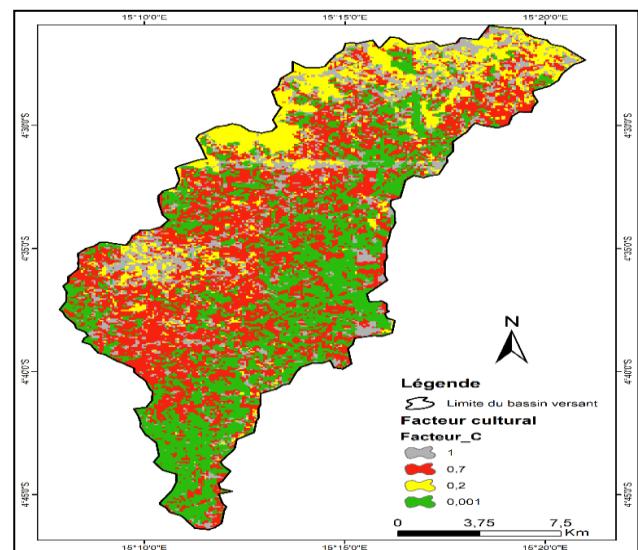


Figure 9. Carte du facteur C au niveau du bassin versant de Lukaya

Les valeurs de C varient entre 1 pour une jachère nue et 0,001 pour un sol complètement couvert

(Wischmeier & Smith 1978). Dans le bassin de Lukaya, nous avons distingué quatre types d'occupation des sols (tableau 7).

Tableau VII. Les valeurs de facteurs C par type sol

Entités	Facteur C	Superficie/ha/2020	%/2020
Habitat	0,2	5581,35	16,0
Sol nu	0,7	11251,45	32,2
Végétation dense	0,001	6063,99	17,4
Végétation dégradée	1	12015,07	34,4

3.5. Facteur des pratiques antiérosives « P »

Dans le bassin versant de la Lukaya, on ne tient pas compte de l'aménagement antiérosif, et les agriculteurs n'utilisent pas de pratiques culturelles antiérosives d'où l'indisponibilité des données. Les cultures sont surtout labourées parallèlement aux lignes de plus grande pentes par conséquent le degré de ruissellement augmente. Ils n'ont pas l'initiative de reboisement. Pour ces raisons, nous avons attribué la valeur 1 au facteur P.

3.6. Evaluation des pertes en sol « A »

La carte des pertes en sol élaborée par la multiplication sous SIG des cartes correspondantes aux quatre facteurs décrits précédemment montre que le bassin versant de la Lukaya présente une variabilité importante en termes d'érosion des sols, avec des valeurs allant de moins de 2 tonnes à l'hectare à plus de 50 tonnes à l'hectare par an (figure 10). Les zones en aval du bassin versant de la Lukaya (partie Kinshasa avec la perte de sol > 22 t/ha/an) sont les plus sujettes à l'érosion en raison, notamment, du relief collinaire (pente >20%), du manque de couvert végétal, du sol sableux, de l'agressivité des pluies et de la mauvaise occupation de terrain. Les versants des collines sableuses sont particulièrement vulnérables à la dégradation. Ces zones contribueraient le plus à la sédimentation des vallées de la Lukaya.

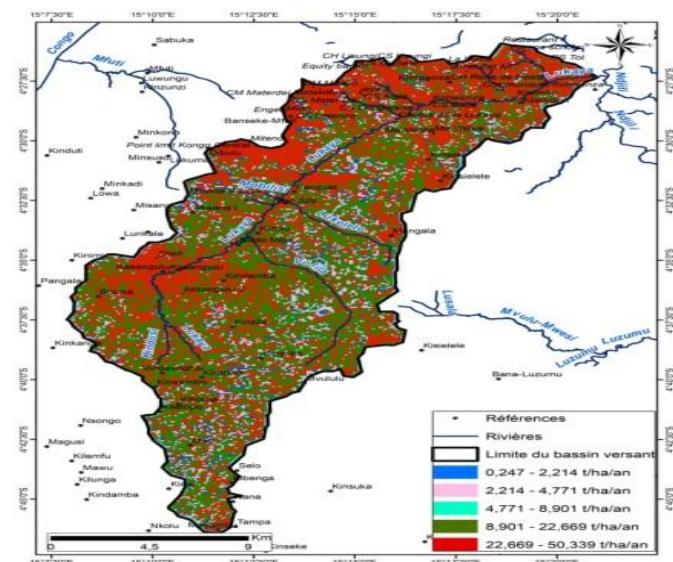


Figure 10. Carte des pertes en sols dans le Bassin de Lukaya

D'après les données présentées à la figure 10, on peut avancer que le bassin versant de la Lukaya subit des pertes totales annuelles de 89,183 t/ha/an, avec une perte moyenne de sol de 14,85 t/ha/an. Les pertes fluctuent entre 0,24 tonnes par hectare par an et 50,32 tonnes par hectare par an. Les figures ci-dessous illustrent quelques impacts dus aux dégradations de sol dans le bassin versant de la rivière Lukaya.



Figure 11. Tête de ravin principal sur la Route Kimwenza Gare en date du 12 juin 2024



Figure 12. Tête de ravin sur la Route Kimwenza au Km 7 en date du 20 Avril 2022



Figure 13. Ensablement de la rivière Lukaya sur la vallée de Kimwenza en date du 08 Avril 2025.



Figure 14. Ensablement de la rivière Lukaya sur la vallée de Matadi Mayo en date du 07 Avril 2025.

L'analyse comparative des résultats des figures 7,9 et 10 ci-dessus montre que les zones à grands risques érosifs dans le bassin versant de la rivière Lukaya se localisent sur les collines et les versants caractérisés par des pentes fortes, des substrats favorables et des habitations sporadiques. Elles

représentent 82,6% de la surface total du bassin de Lukaya (facteur C).

4. Discussion

Les résultats obtenus montrent que l'érosion pluviale constitue un phénomène majeur dans le bassin versant de la rivière Lukaya, avec des pertes de sol variant de 0,24 à 50,32 t/ha/an. Ces valeurs, bien qu'hétérogènes selon la topographie et l'occupation des terres, confirment la forte vulnérabilité de ce milieu. Elles sont comparables aux estimations faites dans d'autres bassins tropicaux soumis à une pluviométrie abondante, où l'érosion hydrique peut atteindre ou dépasser 40 t/ha/an (Lal, 1995 ; Roose, 1996). Cette convergence suggère que le bassin de la Lukaya présente des dynamiques érosives typiques des zones intertropicales humides.

L'analyse des facteurs (R, K, LS, C, P) montre que les pentes supérieures à 20 %, combinées à la texture sableuse des sols et à une pluviométrie élevée, jouent un rôle déterminant dans l'intensité des pertes. Ces résultats corroborent les travaux de Wischmeier & Smith (1978), qui soulignent l'importance des caractéristiques pédologiques et topographiques dans la sensibilité des sols à l'érosion. L'occupation anarchique des terres accentue également le phénomène, en réduisant la couverture végétale protectrice, ce qui rejoint les conclusions de Roose (1994) sur l'impact de la pression anthropique dans les bassins versants africains.

Par ailleurs, les effets environnementaux observés (ravinement, envasement, diminution de la mouille, turbidité accrue de la rivière Lukaya) traduisent une dégradation avancée, aux conséquences directes sur la disponibilité des terres agricoles, la qualité des eaux et la sécurité alimentaire des populations locales. Ces impacts socio-économiques sont similaires à ceux relevés dans d'autres bassins de la région, où l'érosion constitue un facteur majeur de perte de productivité agricole (FAO, 2015).

Cependant, cette étude présente certaines limites liées principalement à l'utilisation de l'équation USLE, dont l'application en milieu tropical doit être interprétée avec prudence. L'USLE ne prend pas en compte les processus érosifs liés au ruissellement concentré (ravines, glissements de terrain), ce qui pourrait conduire à une sous-estimation des pertes réelles de sol. De plus, l'absence de mesures directes de terrain limite la validation empirique des résultats issus de la modélisation.

Malgré ces limites, les résultats de cette étude constituent une base importante pour la gestion durable du bassin de la Lukaya. Ils mettent en évidence la nécessité de renforcer les pratiques de conservation des sols (agroforesterie, reboisement, aménagement antiérosif) et d'intégrer la dimension érosion dans la planification de l'occupation des terres.

5. Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer les pertes de sol dans le bassin versant de la rivière Lukaya à partir de l'équation universelle des pertes en sols (USLE) intégrée aux outils de la géomatique. Les résultats montrent que l'érosion pluviale y est fortement influencée par l'indice d'érosivité des pluies (R), avec des valeurs comprises entre 799,21 et 962,9 MJ.mm/ha.h.an, entraînant des pertes variant de 0,24 à 50,32 t/ha.an.

Ces pertes résultent de la combinaison de plusieurs facteurs : des pentes dépassant 20 %, la texture sableuse des sols, une forte pluviométrie et une occupation anarchique de l'espace. Elles se traduisent par des dégradations visibles sur le terrain (ravinement, envasement, diminution de la mouille, diminution de la fertilité de sols maraîchères et turbidité accrue de la rivière Lukaya) et par des impacts socio-économiques défavorables.

En raison de l'absence de pratiques d'aménagement antiérosif adaptées, le bassin versant de la rivière Lukaya demeure particulièrement vulnérable à l'érosion pluviale, surtout dans le contexte du changement climatique actuel qui prévoit une augmentation des précipitations dans la région. Cette recherche apporte donc des informations essentielles pour identifier les zones à risque et orienter les actions d'aménagement en vue de réduire le phénomène d'érosion dans le bassin de la Lukaya.

Remerciements

Les auteurs expriment leur profonde reconnaissance à la Faculté des Sciences et Technologies, mention Géosciences, ainsi qu'à l'Unité de Recherche et de Formation en Gestion des Risques Naturels (URF-GRN), pour le cadre institutionnel et scientifique offert dans le cadre de cette étude. Ils adressent également leurs sincères remerciements aux laboratoires de géomatique et de géochimie de l'Université de Kinshasa pour leur précieuse contribution aux travaux de cartographie, de télédétection et de pédologie.

Financement

Hormis leur financement personnel, les auteurs déclarent n'avoir obtenu aucun appui financier externe.

Conflit d'Intérêt

Les auteurs affirment qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts financiers ou personnels susceptibles d'influencer le contenu de cet article. Au nom de tous les coauteurs, l'auteur principal atteste qu'il n'existe aucun conflit d'intérêt.

Considérations d'Ethiques

Les auteurs certifient la précision et la rigueur des résultats exposés, qu'ils soient positifs ou négatifs. Ils s'engagent également à garantir la transparence de leur approche scientifique en rendant les données brutes accessibles à toute personne ou institution qui en exprimerait le besoin, conformément aux normes éthiques existantes.

Contributions des Auteurs

K.B.Z. : Conception et formulation du protocole de recherche

K.B.Z et L.K.M. : Collecte des données sur le terrain.

K.B.Z, L.K.M et S.K.H. : Analyse, cartographie et interprétation des données.

K.B.Z, L.F. et K.M. : rédaction du manuscrit et discussion des résultats.

K.B.Z, M.F. et K.M. : Révision méticuleuse et enrichissement du contenu intellectuel. Tous les auteurs ont lu et donné leur approbation à la version finale du manuscrit.

ORCID des Auteurs

Kamosi B.Z. : <https://orcid.org/0009-0005-7297-9195>

Sansabana K.H.: <https://orcid.org/0009-0004-0756-6258>

Losembe M.K. : <https://orcid.org/0009-0009-0280-3281>

Kisangala M.M. : <https://orcid.org/0000-0001-5925-8880>

Makanzu F. : <https://orcid.org/0000-0002-0793-7969>

Références bibliographiques

Akdim, B., & El Hafid. (2018). Quantification de l'érosion hydrique en utilisant le modèle RUSLE et déposition intégrée dans un SIG. Cas du bassin versant de l'Oued Isly (Maroc oriental). *European Scientific Journal*, 14, 1857-7881.

Alexandre, J. S. (1964). *Action linéaire ou en surface du ruissellement dans une région de savane (Katanga méridionale)*. [Thèse de doctorat, Université d'Elisabethville Paris]

Bala, F. J. (2019). *Modélisation des flux hydro-sédimentaires et cartographie des zones à risques d'érosion hydrique dans certains bassins versants des hauts plateaux constantinois* [Thèse de doctorat, Université de Batna].

Bentekhici, N. (2006). Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques physiques d'un bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux (bassin versant d'Oued El Maleh, Nord-Ouest d'Algérie). In *Conférence francophone ESRI*.

El Garouani, A., Chen Hao, & Lewis, L. (2007). The impacts of land use/land cover changes and climate regime on the spatial patterns of erosion and deposition by sensing and GIS: Case of Tlata river catchment (Morocco). In *2nd International Conference of GIS/RS in Hydrology, Water Resources and Environment*, Guangzhou, China, September 7-13.

Emberge, L., Godron, M., & Daget, P. (1983). *Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu*. Anatole : Éditions du Centre national de la recherche scientifique.

FAO. (2015). *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report*. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils.

Goor, F. (2005). L'érosion hydrique des sols dans la région wallonne. In *Les sols et l'environnement terrestre* (chapitre 11). USAGX, Unité de Sciences du Sol. <http://environnement.wallonie.be>

Kakesa, J. P. (1993). La dégradation du site de Kikwit. *Pistes et Recherches*, 8(1), 89-103.

Kakesa, J. P., & Mubanga, G. (1998). À propos du sinistre érosif à Kikwit : Une nécessité de limitation des mesures administratives pour la protection de l'environnement urbain. *Pistes et Recherches*, 13(1), 1-12.

Kayembe wa Kayembe, M. & Wolff, E. (2015). Contribution de l'approche géographique à l'étude des facteurs humains de l'érosion ravinante intra urbaine à Kinshasa (RD Congo). In *Géo-Eco-Trop*, 39(1), 119-138.

- Kiangala, M. & Yina, D. (2011). *Rapport d'étude d'aménagement et de gestion des eaux des précipitations dans les zones menacées par les érosions à Kikwit*. Belgique : Coopération Technique Belge.
- Kisangala, M., Kamosi, Z., & Kafuti, S. (2019). Évaluation de l'état de la déforestation de la forêt du Mayombe par télédétection 1990 à 2015 (province du Kongo central, RD Congo). *Congo Science, ACASTI, & CEDESURK*, 2410-4299.
- Kisangala, M. M., Ntombi, M. K., Yina, N. D., Losembe, K. M., Kamosi, Z. B., Puela, P. F., Vuni, S. A., Kalumbi, M. D., & Diawakana, M. J. (2025). Gestion des eaux pluviales dans le contexte du changement climatique dans la ville de Kinshasa : cas du district du Mont-Amba. *Journal Africain des Sciences*, 2(1), 29-45.
- Lal, R. (1995). Erosion-crop productivity relationships for soils of Africa. *Soil Science Society of America Journal*, 59, 661-667.
- Lelo, N. F. (2008). *Kinshasa, ville et environnement*. Paris : Éditions Harmattan.
- Makanzu, F., Ozer, P., & Moeyersons, J. (2014). Caractéristiques de pluies et ravinement dans la ville de Kinshasa de 1961 à 2010. In Ozer, P. (Éd.), *La géographie physique et les risques naturels*. Université de Liège, 29-30 juin 2014. Livre des résumés, Belgique, 23 p.
- Makanzu, I. F., Kamosi, Z. B., Mbiya, K. J., & Pangu, S. S. (2025). Gully erosion associated with peri-urbanization: Focus on the catchments around Kimwenza in the south of Kinshasa (RD Congo). In *East African Nature and Science Organization*, 8(2), 136-166.
- Makanzu, F., Kamosi, B., Lele Nyami, B., Munongo, M., Ntombi Muen, M., Phuati, P. G., & Ozer, P. (2023). Évolution récente et détermination de la saison de pluies dans la région de Kinshasa (RDC) de 1961 à 2010. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 6(2), 13-27.
- Makanzu, F., Moeyersons, J., Vandecasteele, I., Trefois, P. H., Ntombi, M., & Ozer, P. (2013). Les villes d'Afrique centrale balafrées par l'érosion ravinante : inventaire cartographique et impact socio-économique à Kinshasa (RDC). *Colloque International-Territoires périurbains : développement, enjeux et perspectives dans le pays du Sud*. Gembloux : Les Presses agronomiques de Gembloux.
- Makanzu, I. F., Vandecasteele, I., Ozer, P., Trefois, P., & Moeyersons, J. (2015). The origin and control of mega-gullies in Kinshasa (DR Congo). *Catena*, 125, 38-49.
- Mbenza, M., Miti, F. T., & Aloni, J. K. (1991). L'érosion ravinante dans la ville de Kolwezi au Shaba (Zaire). *Geo-Eco-Trop*, 15, 97-104.
- Miti, T. S. 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.
- Mubanga, N. G., Aloni, K. J., & Makanzu, I. F. (2024). Dynamique des risques d'érosion ravinante des terres marginales de la commune rurale d'Idiofa (Kwilu/RD Congo). *Journal Africain des Sciences*, 1, 37-47.
- Ndolo, G. P. (2015). *GIS-based soil erosion modeling and sediment yield of the N'djili river basin, Democratic Republic of Congo* [Thèse de master, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, été 2015, 220 p.].
- PNUE. (2016). *Applying Ecosystem Based Disaster Risk Reduction (ECO-DRR) Integrated Water Resource Management (IWRM) in the Lukaya basin, Democratic Republic of Congo*, 96 p.
- PUNE. (2016). Plan d'action pour la gestion intégrée des ressources en eau du bassin versant de la rivière Lukaya. *PAGIREL 2016-2018*, 98.
- Renard, K., & Freimund, J. R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R factor in revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157, 286-306.
- Roose, E. (1994). Méthodes de mesure des états de surface du sol, de la rugosité et des autres caractéristiques qui peuvent aider au diagnostic de terrain des risques de ruissellement et d'érosion, en particulier sur les versants cultivés des montagnes. Montpellier : ORSTOM ; Laboratoire d'étude du Comportement des Sols Cultivés, BP 5045.
- Roose, E. (1996). *Land Husbandry: Components and Strategy* (Bulletin des sols FAO). Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations : ISBN 92-5-103451-6.
- Sadiki, A., Bouhlassa, S., Saïdati, A., Auajjar, J., Faleh, A., & Macaire, J. J. (2004). Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'Équation universelle des pertes en sol dans le Rif oriental (Maroc) : cas du bassin versant de l'Oued Boussouab. *Bulletin de*

-
- l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre, (26), 69-79.
- Wall, G. J., Coote, D. R., Pringle, E. A., & Shelton, I. J. (2002). RUSLE-CAN : Équation universelle révisée des pertes de sol pour application au Canada. *Manuel pour l'évaluation des pertes de sol causées par l'érosion hydrique au Canada*. Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada No de la contribution AAC2244F, 117.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*.