



**METHODOLOGIE D'ACQUISITION DES OUTILS  
D'EVALUATION DES RISQUES DES PERTES EN TERRE DU BASSIN  
VERSANT FUNA EN KINSHASA SE FONDANT SUR LE SYSTEME  
D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) ET LE MODELE RUSLE<sup>i</sup>**

**Lopanza Mpiayoleke Joseph<sup>1,2</sup>,  
Habaieb Hamadi<sup>3ii</sup>**

<sup>1</sup>Enseignant à l'Institut National du Bâtiment  
et des Travaux Publics/INBTP,  
Kinshasa, Ngaliema,  
R. D. Congo

<sup>2</sup>Doctorant à l'Université de Carthage/ INAT,  
Tunisie

<sup>3</sup>Professeur à l'Université de Carthage/INAT,  
Tunisie

**Résumé :**

L'émergence de la géomatique, permet d'aborder cette problématique avec des nouveaux outils d'analyse spatiale. L'étude a utilisé la méthodologie d'inventaire et de cartographie des risques se fondant sur l'utilisation de la cartographie numérique et des outils informatiques spécialisés dans le traitement d'images (SIG). Elle a exploité les données environnementales de la Funa, un district de la ville de Kinshasa en RDC. L'étude a présenté les zones à risques du bassin versant de la rivière Funa par rapport à leur substratum lithologique. Ce bassin appartient à la zone de colline dans la partie sud de Kinshasa. Les risques des pertes sont catégorisés en trois : zones à risque moyen, zones à risque minimal et zones à risque maximal. Les perspectives et les recommandations ont été proposées.

**Mots clés :** méthodologie, acquisition, outil d'évaluation, perte en terre, risque, SIG, bassin versant, rivière Funa

**Abstract:**

The emergence of geomatics makes it possible to tackle this problem with new spatial analysis tools. The study used the inventory and risk mapping methodology based on

---

<sup>i</sup> METHODOLOGY OF ACQUIRING EVALUATION TOOLS OF THE RISKS OF LAND LOSSES FROM THE WATERSHED FUNA IN KINSHASA BASED ON THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) AND THE RUSLE MODEL

<sup>ii</sup> Correspondence: [josephlopanza146@gmail.com](mailto:josephlopanza146@gmail.com)

the use of digital mapping and computer tools specialized in image processing (GIS). It used environmental data from Funa, a district of the city of Kinshasa in the DRC. The study presented the risk areas of the Funa River watershed in relation to their lithological substratum. This basin belongs to the hill area in the southern part of Kinshasa. The risks of loss are categorized into three: medium risk zones, minimum risk zones and maximum risk zones. Perspectives and recommendations have been proposed.

**Keywords:** methodology, acquisition, evaluation tools, loss of land, Risk, GIS, watershed, Funa river

## 1. Introduction

Pour résoudre le problème de la dégradation des sols notamment de l'érosion, et pour mieux protéger les versants, la RD Congo a résolument opter pour deux stratégies de gestion de protection des versants et conservation des sols. Elle a plus particulièrement utilisé le développement des aménagements anti érosifs tels que les gabions, les vétivers, les bambous de Chine, les puisards, les bassins versant d'infiltrations... et construisent des collecteurs devant Evacués les eaux ruissellement. Cependant très peu d'études ont été menées sur l'efficacité des aménagements à l'échelle du bassin versant, ceci est dû à une carence d'outils méthodologiques performants, peu coûteux et rapides susceptibles des fournir des informations fiables sur les territoires. Cette situation constitue pour plusieurs territoires un frein dans le choix et la planification des projets de développement urbain.

L'étude tente d'utiliser la méthodologie de cartographie des risques érosifs pour la protection des versants et la conservation des sols sera développée. Cette méthodologie est fondée sur l'utilisation des cartes topographique et du système d'information géographique. La cartographie des risques érosifs a été réalisée sur le bassin versant de la rivière Funa, à Kinshasa/République Démocratique du Congo. L'étude se propose de répondre à la question suivantes : Quelles sont les causes directes et /ou indirectes qui font du bassin versant de la rivière Funa site à formes d'érosion multiple ?

L'objectif de l'étude est double. Il s'agit d'une part de montrer comment nous pouvons, à partir de la cartographie et dans un temps relativement court, extraire une quantité énorme d'information concernant les érosions dans un bassin versant et d'autre part d'évaluer l'efficacité des aménagements en relation avec leurs supports lithologiques.

## 2. Fondement théorique

Deux modèles sont exploités dans cette étude, notamment le modèle RUSLE et le SIG.

## 2.1 Modèle RUSLE

C'est l'équation révisée de l'USLE, et développée par (Renard et al. 1991) comme une mise à jour de l'USLE. Dans ce modèle RUSLE, les utilisateurs demandent plus de souplesse en la complétant par un module prenant en compte le dépôt dans le modèle RUSLE (Renard et al. 1997).

### 2.1.1 Facteur d'érosivité des Pluies R

C'est le même facteur défini dans le modèle USLE. Mais il est représenté par une autre relation en fonction de l'énergie et de l'intensité de la pluie :

$$R = \frac{1}{A} \sum_{a=1}^A (E \times I) \quad (13)$$

avec

$$(E \times I) = \sum_{p=1}^P (E \times I_{30})_p \quad (14)$$

$$(E \times I_{30})_p = \left( \sum_{n=1}^N (0,29 \times (1 - 0,72 \times e^{-(0,05) \times I_n}) \times V_n) \right) \times I_{30} \quad (15)$$

Où R : facteur d'érosivité en Mj.mm/Ha.h ; A : nombre d'années ; (EI) a : Indice d'érosion pluviale pour l'année (a) ; P : évènement pluvieux de l'année (a) ; p = pième évènements pluvieux dans l'année (a) ; I30 = Intensité maximum pour 30 minutes en mm/h ; n : nième segments de l'évènement pluvieux (P) ; N : nombre de segments dans l'évènement pluvieux (P) ; i : intensité des pluies pour le segment (n) en mm/h et Vn : hauteur de pluie pour le segment (n) en mm.

### 2.1.2 Facteur d'érodibilité K

Il représente quelques rectifications par rapport à l'équation d'origine de USLE, en effet l'équation (7) citée dans le paragraphe précédent n'est valide que pour des sols ayant 70% et moins de limon et de sable fins (0,002 à 0,1 mm). Une autre équation (16) a été proposée par Romkens et al. (1997) à travers des mesures d'érodibilité effectuées à travers le monde valable pour des sols ayant un pourcentage de limon et de sable très fins supérieur à 70 % ou pour des sols argileux ( $D_g < 10\mu\text{m}$ ) ou sableux ( $D_g > 100\mu\text{m}$ ).

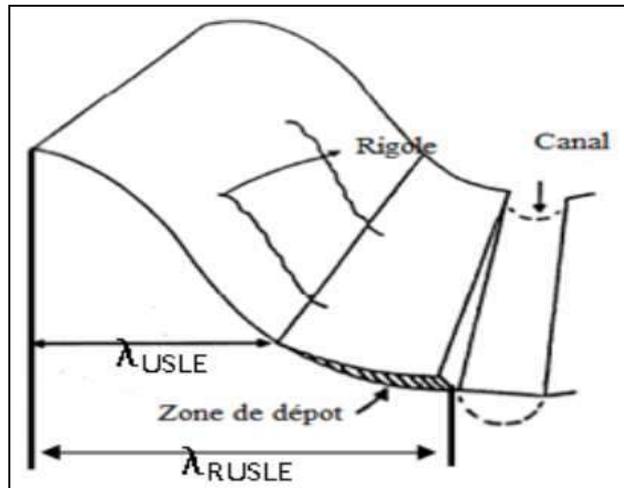
$$K = 0,0034 + 0,0405 \times \exp^{-0,5 \times \left( \frac{\log(D_g) + 1,659}{0,7101} \right)^2} \quad (16)$$

$$D_g = \exp^{(0,01 \times \sum (f_i \times \ln(m_i)))} \quad (17)$$

Avec K : facteur d'érodibilité (t.ha.h / ha .MJ.mm) ;  $D_g$  : diamètre géométrique moyen (mm) ;  $f_i$  : proportion de sable, limon et argile du sol (%) et  $m_i = 1,025$  pour le sable ; 0,026 pour le limon et 0,001 pour l'argile.

### 2.1.3 Facteur de Pente LS

Pour le **RUSLE**, le facteur (LS) diffère de celui dans l'**USLE** par la définition de la longueur de la pente ( $\lambda$ ) (Figure 2.1).



**Figure 2.1:** Différence entre longueur de pente selon le modèle RUSLE et le modèle USLE

En effet, dans le **RUSLE** la longueur de pente  $\lambda$  représente la distance horizontale séparant le point d'origine du ruissellement et l'endroit du versant où la pente est suffisamment faible pour permettre la sédimentation du matériel érodé.

En ce qui concerne l'**USLE**, la longueur de la pente représente le trajet que peut faire l'écoulement depuis le haut de la pente jusqu'à la zone de dépôt. Et

$$\text{pour } \lambda \geq 4 \text{ m et } \tan \theta < 0,09 \quad S = 10,8 \times \sin \theta + 0,03 \quad (22)$$

$$\text{pour } \lambda \geq 4 \text{ m et } \tan \theta \geq 0,09 \quad S = 16,8 \times \sin \theta - 0,5 \quad (23)$$

$$\text{pour } \lambda < 4 \text{ m} \quad S = 3 \times (\sin \theta)^{0,8} + 0,56 \quad (24)$$

Avec LS : facteur pente ; L : facteur longueur de pente (m) ; S : facteur inclinaison de pente (%) ;  $\lambda$  : longueur de la pente (m) ; NN : coefficient qui varie selon la pente ;  $\beta$  : coefficient qui dépend de NN et  $\theta$  : inclinaison de la pente (degré).

### 2.1.4. Facteur de Couverture Végétale C

Dans le **RUSLE**, le facteur C s'obtient à partir d'une équation composée de 5 sous facteurs (Yoder et al.1997).

$$C = (PLU) \times (CC) \times (SC) \times (SR) \times (SM) \quad (25)$$

Avec PLU : tenure antérieure des terres ; CC : couverture végétale aérienne ; SC : couverture végétale du sol ; SR : rugosité de surface et SM : humidité du sol.

### **2.1.5 Facteur de Pratique Antiérosive P**

Il est déterminé de la même façon que dans la méthode d'USLE. Il représente l'effet des mesures de conservation sur l'érosion hydrique.

## **2.2 Système d'Information Géographique (SIG)**

Le SIG s'articule d'une part sur une banque de données cartographiques et d'autre part sur une banque de données alphanumériques. Il permet, ainsi, de croiser des cartes aux thèmes différents, de fusionner leurs bases de données et d'appliquer des équations mathématiques sur les valeurs numériques des facteurs de l'érosion qui y sont rangées. Au sein d'un SIG, le monde réel est représenté généralement à partir de l'un des deux grands modèles de données suivants: le modèle vecteur ou le modèle raster.

### **2.2.1 Création des couches d'information**

Cette étape consiste au collecte et à la cartographie des différents facteurs intervenant pour estimer l'érosion en utilisant un SIG qui va permettre de stocker, de structurer et traiter les informations cartographiques de base et d'intégrer les différentes caractéristiques du bassin versant (pédologie, occupation du sol, courbes de niveaux, aménagements de CES...).

En effet, la préparation des couches sur un SIG, pour le modèle RUSLE, correspond à la création d'une couche (carte thématique) pour chaque facteur suivant le même système de projection. Chaque couche va contenir les informations nécessaires pour obtenir par la suite une carte finale qui est la synthèse de toutes les informations contenues dans les différentes couches. Ainsi, on obtient toutes les couches d'information intervenantes dans le modèle de l'érosion, schématisées sous forme vecteur (Shapfile). La plupart des SIG, tel que l'**ArcGis**, ont la capacité de transformer les données d'un format à l'autre. En effet, ces couches sont converties par la suite sous forme raster (Raster) avec l'**ArcGis** pour pouvoir les manipulées et les combinées. En fait, il est plus facile d'écrire des programmes pour traiter les données en mode raster. La figure suivante illustre le passage d'une représentation selon le modèle vecteur, vers le modèle raster (site officiel de le FAO, 1998):

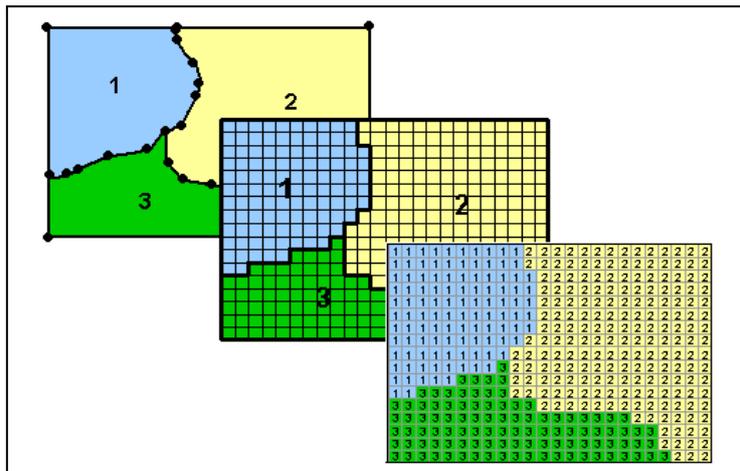


Figure 2.2 : Passage d'une représentation selon le modèle vecteur vers le modèle raster

### 2.2.2 Combinaison des couches sous SIG

Cette étape consiste à la création d'une base de données, qui englobe des données codifiées et structurées des facteurs majeurs intervenant dans le processus érosif, cartographier les zones selon l'importance de l'érosion et évaluer les quantités des pertes en sols à l'hectare par l'intégration du modèle universel de perte en sol RUSLE dans un SIG. L'intégration des cartes thématiques des facteurs du modèle universel de perte en sol RUSLE dans le SIG va permettre d'une manière rapide et efficace de démêler la complexité et l'interdépendance des facteurs, de classer par importance relative les zones d'érosion, et de quantifier les pertes en sol.

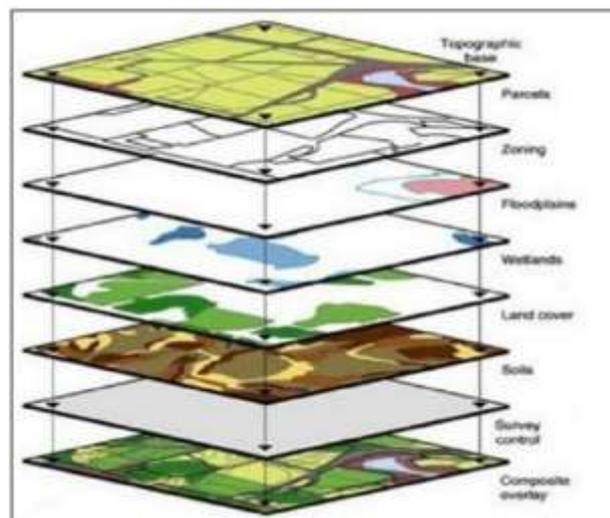


Figure 2.3 : Combinaison des couches sous SIG selon USLE (RUSLE, MUSLE)

## 3. Matériel et méthode

### 3.1 Présentation de la zone d'étude

Le site d'étude est situé dans la zone des collines, à l'extrême sud de Kinshasa. Localisée géographiquement par 4°42' de latitude sud et 15°30' de longitude, prenant sa source



converties en un nombre de pixels contenant la même valeur (modèle raster), qui correspond à l'information sur un facteur de l'équation universelle.

Le croisement des couches raster par le module « *Raster Calculator* » de l' *ArcGis* et l'application des équations mathématiques des modèles de prédiction de perte en sol a permis d'évaluer le taux d'érosion sur tous les points des deux bassins versants et l'élaboration de la carte synthétique des pertes en sol selon l'organigramme méthodologique.

### 3.4 Techniques

#### 3.4.1 Modèle numérique de terrain

Un MNT, comme son nom l'indique, est une représentation numérique du terrain en termes d'altitude. Il fournit des renseignements non seulement sur les formes du relief, mais également sur leur position et peut être relié à un ou plusieurs systèmes de coordonnées (Riazanoff, 1989). Le MNT permet ainsi de: (i) reconstituer une vue en images de synthèse du terrain, (ii) déterminer une trajectoire de survol du terrain, (iii) calculer des surfaces ou des volumes et (iv) tracer des profils topographiques.

D'une manière générale, il permet de manipuler de façon quantitative le terrain étudié.

#### 3.4.2 Carte des pentes

Le document de base qui a servi à réaliser la carte des pentes est la carte topographique de Kinshasa au 1/20.000 de l'Institut Géographique du Zaïre (1972). La précision du tracé des courbes de niveau est de l'ordre de l'épaisseur du trait, soit 0,1 mm. Dans une méthode classique, on détermine les limites des plages de pente entre les courbes de niveau au moyen d'une abaque calibrée pour laquelle l'écart entre deux traits correspond à une pente donnée. On trace alors une limite perpendiculaire aux courbes de niveau déterminant ainsi des plages quadrangulaires imbriquées dans lesquelles la pente est comprise entre deux valeurs limites.

La carte des pentes ainsi dessinée se présente comme un ensemble de languettes juxtaposées. Les formes qui caractérisent le relief de la région ont souvent des limites qui correspondent à des seuils de pente. Des plages différenciées de pentes plus ou moins régulières correspondent à des modelés d'origine différente ou sont parfois composites. Les raccords entre plages sont peu étendus. Ils ne représentent que le passage nécessaire d'un système érosif à l'autre, par exemple une ancienne terrasse à un versant raide sapé à la base. Les formes des versants sont bien marquées avec leurs séquences convexes, rectilignes et concaves et leurs replats intermédiaires témoignant des cycles d'érosion anciens.

## 4. Résultats et discussion

### 4.1 Présentation des résultats

#### 4.1.1 A propos de la carte d'occupation du sol

La carte d'occupation du sol montre le degré de l'occupation anarchique de sol, la végétation arbuste déboisée laissant place à la végétation herbeuse et le sol nu. Ce qui prouve à suffisance que le terrain est prédisposé à l'érodabilité.

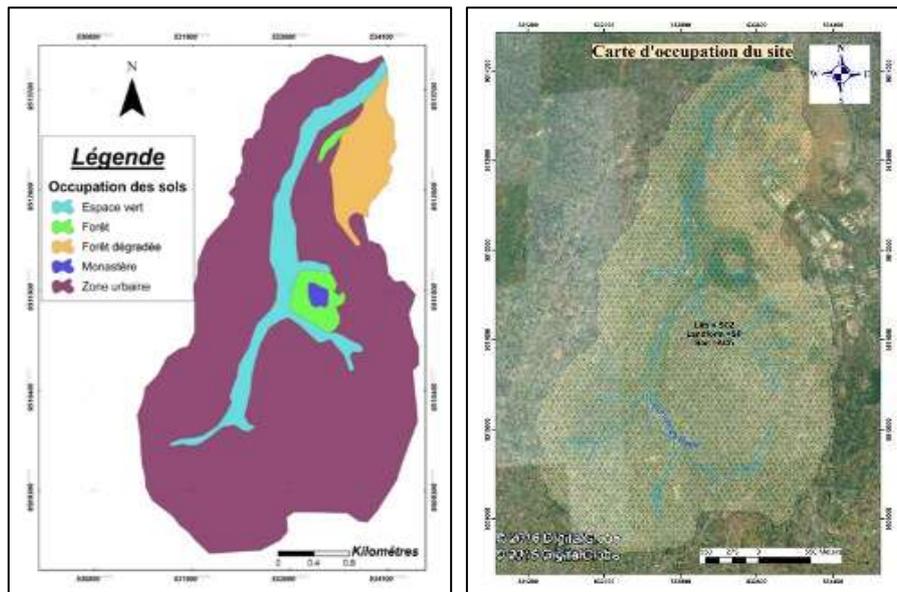


Figure 4.1 : Carte d'occupation du sol

#### 4.1.2 A propos d'estimation

Les résultats apportés dans le cadre de cette étude permettent de mettre en évidence les dynamiques d'érosion sur le bassin versant de la Funa. Le modèle RUSLE apporte une estimation moyenne potentielle des pertes de sols, fournie pour chaque maille de 5 m du bassin versant. Trois scénarii (minimal, moyen et maximal) seront traités dans ce qui suit, nous donnons le résultat pour différentes valeurs d'érosivité de la pluie correspondant à des années de pluviosités très variables. La carte de perte des sols montre que les valeurs de pertes en sols varient d'un scénario à un autre, selon les zones du bassin versant. La moyenne en perte de sol est évaluée à :

- Pour R = 210, A = 6.6 T/ha/an
- Pour R = 154, A = 4.8 T/ha/an
- Pour R = 281, A = 9 T/ha/an

Les figures suivantes donnent les détails des trois scénarii :

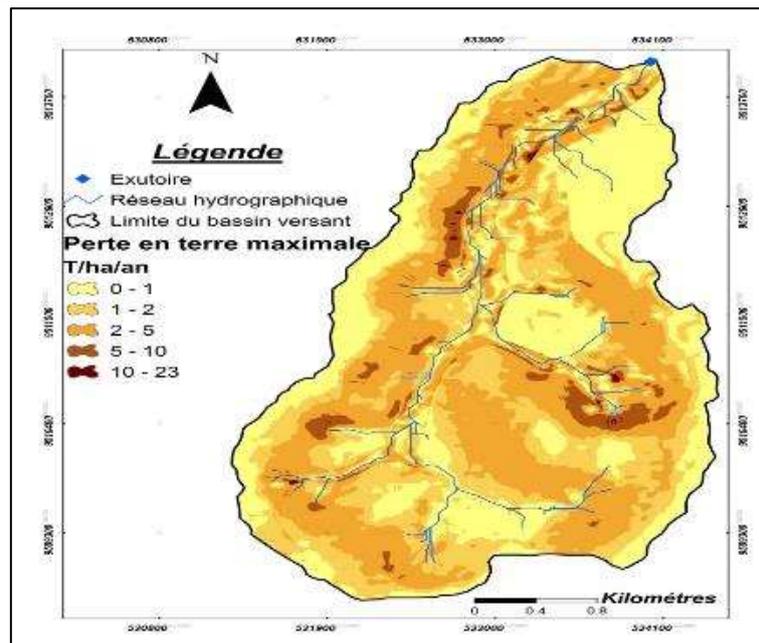


Figure 4.2 : Perte en terre maximale

- zone à très faibles pentes, la perte en terre maximale est de l'ordre de 0 à 1 t/ha/an ;
- zone à faibles pentes, la perte en terre maximale est de l'ordre de 1 à 2 t/ha/an ;
- zone à moyennes pentes, perte en terre maximale est de l'ordre de 2 à 5 t/ha/an ;
- zone à fortes pentes, perte en terre maximale de l'ordre de 5 à 10 t/ha/an ;
- zone à très fortes pentes, perte en terre maximale de l'ordre de 10 à 23 t/ha/an.

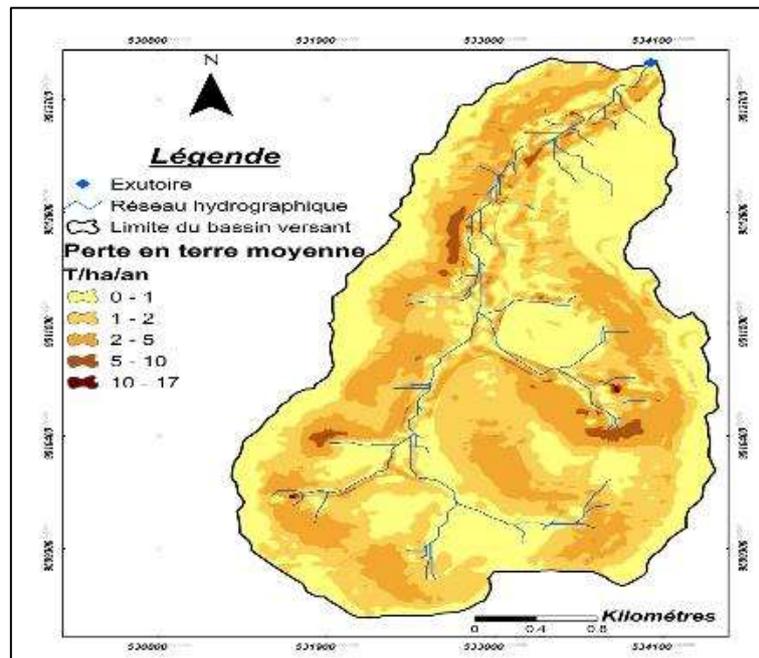


Figure 4.3 : Perte en terre moyenne

- zone à très faibles pentes, la perte en terre moyenne est de l'ordre de 0 à 1 t/ha/an ;

- zone à faibles pentes, la perte en terre moyenne est de l'ordre de 1 à 2 t/ha/an ;
- zone à moyennes pentes, perte en terre moyenne est de l'ordre de 2 à 5 t/ha/an ;
- zone à fortes pentes, perte en terre moyenne de l'ordre de 5 à 10 t/ha/an ;
- zone à très fortes pentes, perte en terre moyenne de l'ordre de 10 à 17 t/ha/an.

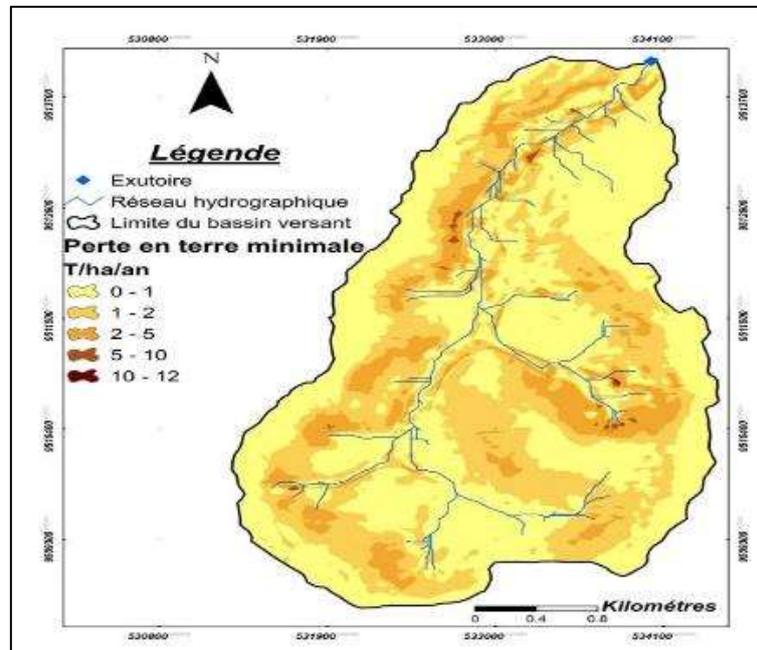


Figure 4.4 : Perte en terre minimale

- zone à très faibles pentes, la perte en terre minimale est de l'ordre de 0 à 1 t/ha/an ;
- zone à faibles pentes, la perte en terre minimale est de l'ordre de 1 à 2 t/ha/an ;
- zone à moyennes pentes, perte en terre minimale est de l'ordre de 2 à 5 t/ha/an ;
- zone à fortes pentes, perte en terre minimale de l'ordre de 5 à 10 t/ha/an ;
- zone à très fortes pentes, perte en terre minimale de l'ordre de 10 à 12 t/ha/an.

#### 4.2 Discussion

**De la perte en terre maximale :** en visualisant le Bassin Versant de la Funu, le Sud - Est présente des pertes de l'ordre de 10 à 23 T/ha/an, ceci s'explique par la topographie accidentée de cette partie et des activités anthropiques, les constructions anarchiques qui envahissent ce versant qui connaît des sollicitations de tout genre en provenance de l'Université de Kinshasa. A la partie Nord-Ouest il se présente aussi une perte en terre allant de 10 à 23 T/ha/an due d'une part par les fortes déclivités et d'autre part la rupture du collecteur inachevé. A sa partie Sud- Ouest, on constate aussi les mêmes pertes aux endroits occupés par certaines activités anthropiques.

**De la perte en terre minimale :** au Nord- Est et dans le contour du Bassin Versant les pertes en terre sont faibles et passent de l'ordre de 0 à 1, 1 à 2 et 2 à 5 T/ha/an. Ceci se justifie aussi par des faibles pentes qui caractérisent ce contour. Tandis qu'en parcourant

les pentes moyennes on remarque que l'érosion est généralisée dans le Bassin Versant. Ce qui emporte 5 à 10 T/ha/an.

**De la perte en terre moyenne :** donne les mêmes résultats que les deux premières érosions, seulement au Sud -Est, au Sud- Ouest et au Nord- Ouest, elle connaît une érosion de 10 à 17 T/ha/an dans les endroits fortement accidentés.

De ces trois érosions nous pouvons tirer les conclusions ci-après :

1. Le versant UNIKIN présente des ravinelements denses et proportionnels aux ouvrages d'évacuation des eaux, des habitations qui envahissent le versant en plus des activités anthropiques et les pluies agressives.
2. Le versant Mont-Ngafula présente des ravinelements moins denses du fait qu'il est moins sollicité par les activités anthropiques. L'exception est faite du ravinement causé par la cassure du collecteur inachevé.

Après avoir obtenu les résultats, les analyses suivantes décrivent la situation telle qu'elle est présentée dans le tableau récapitulatif ci-haut :

- pour les pertes en terre maximale, minimale et moyenne les zones moins accidentées et moyennement accidentées dégagent les mêmes résultats qui pour la première fourchette l'érosion est de l'ordre de zéro à une tonne par hectare par an ;
- pour la deuxième fourchette, elle dégage les mêmes résultats qui varient de une à deux tonnes par hectare et par an ;
- pour la troisième fourchette, elle est mesurée de tonnes par hectare par an.

Au vu de ces figures, nous remarquons que pour tout le Bassin Versant de la Funa les pertes sont les mêmes au niveau de pente allant de 0 à 10%, et que pour les pentes supérieurs atteignant la valeur de 23% l'érosion maximale est plus importante que les deux dernières. Aussi l'érosion moyenne est plus importante que l'érosion minimale.

## 5. Conclusion et recommandations

L'objectif principal étant l'évaluation et la spatialisation de perte en terre sur le bassin versant de la rivière de Funa en s'appuyant sur l'interprétation des facteurs de l'érosion hydrique. Pour ce faire, nous avons choisis des méthodes qui corroborent avec le modèle RUSLE, qui définit la perte en terre comme l'interaction de cinq facteurs (R, K, LS, C, P).

La modélisation hydro sédimentaire se résume par la quantification de perte en sol via le modèle RUSLE et la cartographie en recourant aux SIG plus particulièrement à l'ARCGIS qui constitue des outils indispensables à la détermination des zones prioritaires dans le cadre de conservation des sols et protection des versants (CSPV) qui en est l'équivalent de la conservation des eaux et des sols en Tunisie (CES). L'étude a dégagé le constat, les perspectives et les recommandations.

### 5.1. Constat

L'occupation anarchique des bassins versants en RDC plus particulièrement à Kinshasa, non seulement pose un problème sérieux d'urbanisation mais constitue une perte énorme en production agricole. Dans sa structure, le sol de Kinshasa est sableux ce qui le prédispose déjà à l'érosivité des pluies qui sont intenses et parfois non canalisées ou mal canalisées.

L'évacuation des eaux pluviales du site du campus universitaire de Kinshasa, ont influencé d'une façon ou d'une autre l'érodibilité de sol du Bassin Versant Funa par les différentes techniques et méthodes dont :

- Le système séparatif : qui consiste à l'évacuation des eaux pluviales séparément des eaux usées vers le point bas ;
- Le schéma perpendiculaire souvent adopté à Kinshasa pour la facilité qu'elle offre quant à son implantation ;
- La construction des ouvrages principaux ;
- La construction des ouvrages annexes et toutes les dépendances.

La dégradation des versants dans les sites collinaires à pluies intenses, à couvert végétale faible et à sols meubles constitue un problème majeur dans les zones urbaines du fait qu'elle menace les patrimoines agro-pédologique. Le bassin versant de la rivière Funa est caractérisé par l'agressivité et la diversité des différents processus érosifs en plus des caractéristiques physico-climatiques qui déséquilibrent l'écosystème en place, suite aux activités anthropiques entreprise sur ce site. Le couvert végétal, comme illustré dans ce travail est de nature à ne pas supporter le charriage des matériaux d'un côté, et de l'autre les activités anthropiques qui sont pratiquées le fragilise encore d'avantage.

A l'observation et à l'analyse des différentes cartes produites, on se rend compte : de la topographie trop accidentée du site ; d'une occupation irrationnelle du site, défiant tous les caractères d'urbanisation ; des activités maraichères ; des activités d'ensablement de la rivière, du gerbage des sables et de leur vente ; des quelques constructions en dur et des plusieurs constructions de fortune.

Toutes ces observations et analyses ne font qu'aggraver l'érodabilité du bassin versant de la rivière Funa. L'inadéquation entre les textes en la matière et les pratiques d'occupation de sol constituent la problématique de conservation de sol et de protection des versants en RDC en général et Kinshasa ville province en particulier. Les conséquences de l'érosion hydrique dans cette partie de la ville province de Kinshasa, sont multiples et variées notamment : l'appauvrissement des terres agricoles ; la rupture des ouvrages des évacuations des eaux ; la destruction des équipements ; la destruction des infrastructures ; le colmatage des infrastructures ; l'ensablement du fond de la rivière et l'asphyxie des écosystèmes par la sédimentation des cônes de déjection.

### 5.2. Perspectives et recommandations

De notre descente sur le site, il s'avère important que des études soient orientées aussi vers : le ralentissement ; l'assainissement ; le reprofilage de la rivière ; le recalibrage de la rivière et les aménagements. Ce qui permettra une viabilisation de l'espace.

De toutes les techniques et méthodes utilisées pour la viabilité d'un espace, urbain soit-il, le respect des textes réglementaires est de mise. Ici l'occasion pour nous d'en appeler à la responsabilité de tous les Acteurs et Utilisateurs de biens fonciers. Car plus de ces conséquences dévastatrices, l'érosion hydrique modifie les caractéristiques physiques et chimiques des sols, ainsi les caractéristiques biologiques nécessaires à la production et à la reproduction végétale. A long terme, l'érosion hydrique cause donc une perte à la rentabilité socio-économique du sol.

### Références bibliographiques

- Jaoued M., Gueddari, M., Saadaoui, M. (2005). Modelisation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued M'khacbbia (Nord-ouest de la Tunisie), *Géo-Eco-Trop*, 29, 15-24.
- Kayembe, M. (2013). Les dimensions socio-spatiales de l'érosion ravinante intra-urbaine dans une ville tropicale. Le cas de Kinshasa (RDC). Thèse de doctorat en sciences, Faculté des Sciences, ULB.
- Lelo, N. Z. F. (2009). Croissance urbaine et recule de la ceinture verte maraichère à Kinshasa. *Congo-Afrique*, 438, 567-591.
- Lelo, N. Z. F. (2008). *Kinshasa : ville et environnement*. Paris : Ed. L'Harmattan.
- Lelo, N. Z. F., Tshimanga, M. B. C. (2004). *Pauvreté urbaine à Kinshasa*. La Haye : Ed. Cordaid.
- Moeyersons. J. (1991a). Ravine formation on steep slopes : forward versus regressive erosion. Some case studies from Rwanda. *Catena*, 18, 309-324.
- Moeyersons. J. (1991b). La recherche géomorphologique au Rwanda. *Bulletin de la société géographique de Liège*, 27, 49-68.
- Moeyersons. J. (1989). La nature de l'érosion des versants au Rwanda. *Annale des sciences économiques*. Musée royal de l'Afrique Centrale (MRAC), Tervuren, Belgique, 19.
- Morgan, R. P. C. Mcintyre, K., Vickers. A. W ; Quinton, J. N., Rickson. R. J. (1997). A rainfall simulation study of soil erosion on rangeland in Swaziland. *Soil technology*, 11(3) 291- 299
- Ntombi, M. K. et Makanzu, I. M. F, (2006). Réponse du bilan hydrométrique à la dégradation spécifique du bassin versant de la Lukunga à Kinshasa. *Ann. Fac. Sc.1*, 67-77
- Pain, M. (1973). Les pentes de Kinshasa. In : Atlas de Kinshasa, planche 5, B. E.A.U./T.P.A.T., IGN-Paris
- Pain, M. (1984). Kinshasa-la ville et la cité, études urbaines. ORSTOM/Paris, Mémoires 105.
- Payet, E., Dumas, P. et Pennober, G. (2011). Modélisation d'érosion hydrique des sols sur un bassin versant du sud-ouest de Madagascar, le Fiherenna. *Vertigo* 11(3), <http://verigo.revues.org/12591>; DOI : 10.4000/vertigo.12591

- Roose, E., Chebbani R., Lakhdar Bourougaa L. (2000). Ravinement en Algérie. Typologie, facteurs de contrôle, quantification et réhabilitation. *Science et changements planétaires/ Sécheresse*, 11(4), 317-26
- Van Caillie, X. (1976-1977). Carte géomorphologique et géotechnique de Kinshasa. Planche IV Géotechnique, B.E.A.U/T.P.A.T, IGNB, Bruxelles.
- 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 Géographie Géologie, KUL., 554p
- Van Caillie, X. (1988). Carte géomorphologique et géotechnique de Kinshasa au 1/20.000. Géotechnique (Planche IV réalisée en 1976/1977). T.P.A.T/ Zaire, IGNB, Bruxelles
- Wischmeier, W. H. et Smith, D. D. (1958). Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 39, 285-291
- Wischmeier, W. H. et Smith, D. D. (1965). Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. U.S Department of Agriculture. Agricultural Research Service, Agriculture handbook 282.
- Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Agriculture handbook 537.
- Wouters, Th et Wolff, E. I. (2010). Contribution à l'analyse de l'érosion intra-urbaine à Kinshasa (RDC), *Belgeo*, 3, 293-313.

Lopanza Mpiayoleke Joseph, Habaieb Hamadi  
METHODOLOGIE D'ACQUISITION DES SUPPORTS DES RISQUES DES PERTES  
EN TERRE DU BASSIN VERSANT FUNA SE FONDANT SUR LE SYSTEME  
D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) ET LE MODELE RUSLE

---

Creative Commons licensing terms

Author(s) will retain the copyright of their published articles agreeing that a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) terms will be applied to their work. Under the terms of this license, no permission is required from the author(s) or publisher for members of the community to copy, distribute, transmit or adapt the article content, providing a proper, prominent and unambiguous attribution to the authors in a manner that makes clear that the materials are being reused under permission of a Creative Commons License. Views, opinions and conclusions expressed in this research article are views, opinions and conclusions of the author(s). Open Access Publishing Group and European Journal of Social Sciences Studies shall not be responsible or answerable for any loss, damage or liability caused in relation to/arising out of conflicts of interest, copyright violations and inappropriate or inaccurate use of any kind content related or integrated into the research work. All the published works are meeting the Open Access Publishing requirements and can be freely accessed, shared, modified, distributed and used in educational, commercial and non-commercial purposes under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).