

Détection, par télédétection satellitaire et S.I.G, d'érosion hydrique ravinante des sols, dans la partie basse de la Commune de Nsele, à l'Est de Kinshasa en République Démocratique du Congo

Detection, by satellite remote sensing and G.I.S., of gullying water erosion of soils in the lower part of Nsele Commune, east of Kinshasa in the Democratic Republic of Congo

Muya Lubilanj

Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et Technologies, Mention Geosciences. Unité de Recherche en Gestion Urbaine et Environnement, BP 190 Kinshasa XI

Ntombi Muen Kabeya

Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et Technologies, Mention Geosciences. Unité de Recherche en Gestion Urbaine et Environnement, BP 190 Kinshasa XI

Holenu Mangenda Holy*

Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et Technologies, Mention Geosciences. Unité de Recherche en Gestion Urbaine et Environnement, BP 190 Kinshasa XI

Date de soumission : 19/10/2022

Date d'acceptation : 05/12/2022

Pour citer cet article :

Muya L. & al. (2022) « Détection, par télédétection satellitaire et S.I.G, d'érosion hydrique ravinante des sols, dans la partie basse de la Commune de Nsele, à l'Est de Kinshasa en République Démocratique du Congo », Revue Internationale du chercheur « Volume 3 : Numéro 4 » pp : 347-372

Résumé

L'étude porte sur l'érosion hydrique ravinante et se focalise dans la partie basse de la Commune de N'sele, située à l'Est de la ville de Kinshasa. L'espace concerné par l'étude dans cette entité est une bande de 233,38 Km² non encore explorée dans ce domaine précis de la géomorphologie appliquée à l'aménagement de Territoire. La problématique étant de prouver l'existence ou non de l'érosion hydrique ravinante dans l'espace étudié, la méthodologie employée relève de l'approche prospective à laquelle ont été associées les analyses statistiques. Cette démarche exploratrice a été facilitée par l'utilisation de la télédétection satellitaire et du S.I.G. Les résultats de la détection sont ainsi traduits sous forme des cartes. Sur le terrain, il est inventorié vingt-neuf ravins des dimensions variables différentes présentant un dessin spécifique et caractéristique en U. Les ravins ainsi répertoriés se sont développés dans des quartiers non lotis mais habités et se focalisent principalement le long des axes nus de circulation, inclinés, suivant la ligne de la pente, perpendiculairement au sens d'écoulement des eaux drainant les bassins versants. Dans le site étudié, les actions de lutte antiérosive y sont encore timides et rudimentaires. Elles exigent les actions, la structuration rationnelle et l'aménagement sectoriel de l'espace.

Mots clés : Détection ; télédétection satellitaire ; d'érosion hydrique ; ravinante ; sols

Abstract

The study concerns gullying water erosion and focuses on the lower part of the N'sele Commune, located to the east of the city of Kinshasa. The area concerned by the study in this entity is a band of 233.38 km² not yet explored in this precise field of geomorphology applied to land use planning. The problematic being to prove the existence or not of the gullying hydric erosion in the studied space, the employed methodology raises the prospective approach to which were associated the statistical analyses. This exploratory approach was facilitated by the use of satellite remote sensing and GIS. The results of the detection are thus translated into maps. In the field, twenty-nine gullies of different dimensions with a specific and characteristic U-shaped design were inventoried. The gullies thus inventoried have developed in undeveloped but inhabited areas and are mainly focused along the bare traffic axes, inclined, following the line of the slope, perpendicularly to the direction of the water flow draining the catchment areas. In the studied site, the actions of anti-erosion are still timid and rudimentary. They require actions, rational structuring and sectoral planning of the space.

Keywords : Detection ; satellite remote sensing ; water erosion ; gullying ; soil

Introduction

Les phénomènes d'érosion constituent, selon Jean Pouquet (1961), des éléments énergiques qui concourent à l'élaboration du terrain. Ils causent la dégradation environnementale et prennent parfois des proportions alarmantes pouvant entraîner notamment la destruction des ouvrages humains ainsi que l'ensablement des cours d'eau.

Le problème de l'érosion est donc mondial. Et, au vu des valeurs diverses que cette question soulève, nous avons d'abord dans cette partie introductive, par souci scientifique et pédagogique, procédé par donner les définitions des termes utilisés dans cette étude et ce, avant de parler de la problématique, des hypothèses, de l'intérêt et choix du sujet, des objectifs et de la division du travail.

A Kinshasa, il est constaté que l'accroissement de la population a provoqué des problèmes de logement si bien que les habitants ont même construit sur des versants convexes des sites collinaires ; situation qui s'est accompagné des nuisances telles notamment des ravinements dus aux érosions hydriques [VAN CAILLIE, x., 1983]. Ces érosions ont pris de plus en plus de l'ampleur et minent dangereusement le tissu urbain [MITI, t., Cité par MAKANZU, f., 2013] ; si bien que des scientifiques ont conseillé l'étalement de la ville dans l'espace dit " PARTIE BASSE", site de notre étude, qualifié de Stable [LADMIRANT, h., 1974] et de Calme [LELO NZUZI, 2010], entendez non susceptible aux érosions et donc "aedificandi".

Les études des érosions dans la ville de Kinshasa sont donc focalisées uniquement dans la "partie dite Haute" et aussi elles ne concernent qu'une seule forme de l'érosion hydrique à savoir l'érosion ravinante WONTERST, WOLFF E. [2010]. La forme diffuse dont l'action est intimement liée à la forme ravinante est ainsi mise de côté ! et pourtant étudier un aspect et en négliger un autre devra donc être considéré comme une erreur scientifique préjudiciable. Dans ce travail, nous avons abordé les deux formes. L'absence ainsi constatée d'études d'érosion hydrique ravinante et/ou diffuse dans la zone dite basse de la ville indique-t-il l'inexistence de ces phénomènes sur ce site ? c'est donc cela qui constitue le problème dans cette étude.

Hormis l'introduction et la conclusion, le présent travail va se pencher à présenter les matériels et méthodes, les résultats et discussion.

1. Matériels et Méthodes

En vue d'atteindre les objectifs assignés, il est utilisé dans ce travail des matériaux adéquats, et on a employé des méthodes géographiques usuelles dont les références ci-dessous indiquées :

1.1. Matériels

1.1.1. Documents cartographiques

En l'absence quasi-totale des documents cartographiques propres au site étudié. On a consulté la planche topographique éditée à l'échelle de 1/200000e en 2008, par l'Institut Géographique du Zaïre (IGZ) ; et, la carte géologique à la même échelle, intitulée « Notice explicative de la feuille de Léopoldville » éditée par Ladmirant, h. ; en 1964 et, complétée par Lepersonne en 1974. Certaines informations sur les caractéristiques physiques de la Commune ont été puisées dans ces documents.

1.1.2. Images satellitaires

Aux maigres documents cartographiques, on a ajouté l'outil de traitement et de décision à savoir l'image Ikonos de juillet 2014 à laquelle on a associé les images S.R.T.M mission 2000 et 2014 et Landsat 8.

1.1.3. Logiciels

Plusieurs logiciels ont été utilisés dans le cadre de cette étude, il s'agit de :

- Des logiciels Arc Gis 9, Arc Gis 10.0, Arc Gis 10.2 et Excel 2007

Ces logiciels de traitement et de visualisation des données ont permis de réaliser la mise en page cartographique et ont aidé à mieux présenter les résultats sous forme des cartes.

- Du logiciel SPO 2003

Il a permis un énorme gain de temps lors de la recherche de la quantité et des longueurs des linéaments. Leur calcul a été automatique.

- Du logiciel Rose.Net

Cette application Windows interactive a permis d'obtenir la représentation graphique et le calcul statistique des éléments de l'orientation des linéaments anthropiques majeurs (LIAMA).

➤ Du GPS

Nom acronyme pour indiquer le système de positionnement à échelle mondiale (Global Positioning System). Cet instrument a servi à la détermination des différentes positions géographiques.

1.2. Méthodes

On a employé dans le cadre de ce travail, la méthode documentaire, des méthodes qualitatives d'analyse des données spécialisées (ou traitement de l'image satellitaire), des méthodes quantitatives (statistiques ou inférentielles) en vue de la détection de l'érosion ravinante et de sa cartographie.

1.2.1 Méthodes qualitatives ou traitement de l'image satellitaire.

En vue de répondre à la question fondamentale de ce travail consistant à savoir, s'il existe dans la partie étudiée de la Commune de Nsele, l'érosion hydrique ravinante, une démarche exploratrice procédant des approches prospectives s'était avérée impérieuse :

Elle a consisté au traitement de l'image Ikonos en notre possession.



Dans le cadre de cette études, les informations demandées sont les linéaments hydrographiques, les linéaments anthropiques majeurs (LIAMA) et d'autres indicateurs.

Les linéaments hydrographiques, jadis utilisés en géologie dans les études tectoniques, mais actuellement abandonnés au profit des études géophysiques douteuses, retrouvent ici une place de choix. Ainsi ils nous ont permis, en l'absence des études tectoniques du site, et devant

l'inexistence des lignes de fracture visibles dans le site étudié, d'affirmer ou d'infirmier si l'espace étudié est vraiment stable comme l'avait signifié LADMIRANT, h. (1974).

En ce qui concerne les linéaments d'origine anthropique majeurs (LIAMA), toujours écartés dans les études tectoniques, ils sont, pour la première fois, utilisés dans les études en Géosciences à travers ce travail. Dans cette étude en géomorphologie appliquée, ils sont ainsi utilisés du fait qu'ils caractérisent le site étudié du point de vue de l'organisation de l'espace. Leurs linéarités rendent l'espace étudié en forme de damier et orthogonale.

Leur extraction qui a précédé leur validation a été effectuée d'une manière automatique. Seule la distribution géométrique de ces LIAMA a été prise en considération.

1.2.2. Méthodes quantitatives ou statistiques

Il s'agit des analyses statistiques et géostatistiques de tous les linéaments extraits. Ces analyses ont permis d'appuyer, de contrôler et de valider des informations issues du traitement de l'image satellitaire. Ces analyses quantitatives ont donc permis la comparaison des distributions expérimentales [RAZACK, m. ; 1984]. On a aussi analysé les sémi-variogrammes expérimentaux.

1.2.3. Détection des indicateurs autres que les Linéaments

L'opération a consisté à chercher d'une manière visuelle, sur l'image satellitaire, d'autres éléments pouvant indiquer l'existence de l'érosion hydrique ravinante sur le site. Dans ce travail, les éléments indicateurs sont soit des parties des infrastructures coupées soit encore des blocs des édifices détruits.

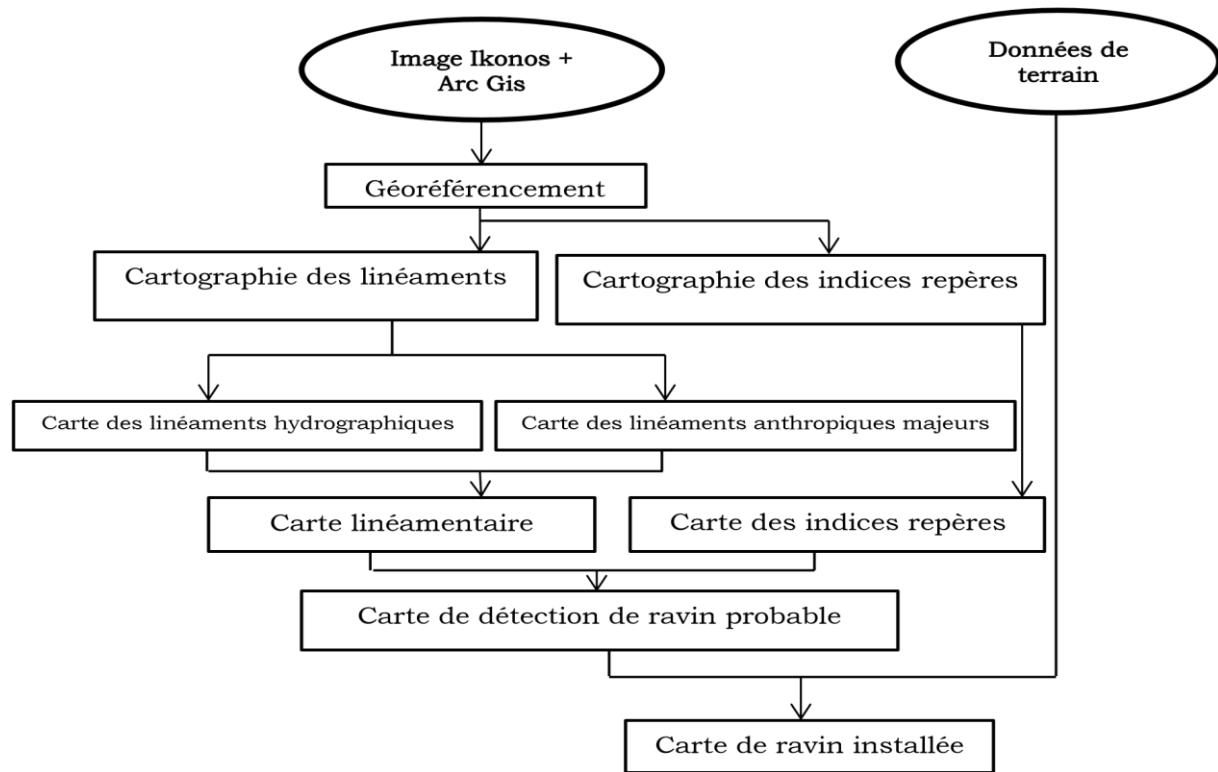
1.2.4. Cartographie de la détection de l'érosion ravinante probable

La carte de la détection de l'érosion ravinante probable est obtenue par la superposition dans le S.I.G de trois cartes à savoir la carte des linéaments hydrographiques, la carte des linéaments d'origine anthropique majeurs (LIAMA) et celle des blocs des bâtiments détruits.

1.2.5. Observation sur le terrain

Il est un fait réel que les données de terrain sont toujours d'une importance capitale dans tout travail scientifique. Dans le cadre de cette étude, les données de terrain ont permis de justifier les informations obtenues lors du traitement de l'image satellitaire. Elles ont ainsi conduit à l'obtention de la carte de l'érosion installée confirmant l'existence du phénomène érosif dans le site d'étude.

Fig. 1 : Cheminement méthodologique d'étapes d'élaboration de la carte de ravin installé.



Source : auteurs

Tableau 1 : Les linéaments hydrographiques : Ordre des tronçons, nombre des tronçons U et Coefficient de Confluence Rb.

N°	BV/Cours d'eau	U	NU	Rb
1	Konde-Mutshole	1	12	-
		2	5	2,4
		3	2	2,5
		4	1	2
			20	
2	Mumfu	1	2	-
		2	1	2
		3	-	-
			3	
3	5	1	4	-
		2	2	2
		3	2	1
		4	1	3

			9	
4	Mpemwe	1	3	-
		2	2	1,5
		3	-	-
			5	
	Mfusu	1	2	-
		2	1	2
		3	-	-
			3	
6	Mpieme	1	2	-
		2	1	2
		3	-	-
			3	
7	Kingunu	1	3	-
		2	2	2
		3	-	-
			5	

Source : auteurs

Noter que :

BV= Bassin Versant

U= Nombre d'ordres des tronçons

NU= Nombre de tronçons pour chaque ordre

Rb= Coefficient de confluence

$$= NU$$

$$NU+1$$

NU+1= Nombre de tronçons U+1

= Le NU précédant divisé par le NU suivant dont l'ordre U varie de 1 à 4 et le Coefficient de Confluence Rb différent d'un cours d'eau à un autre. Ce Rb est de 2,5.

Le sens d'écoulement de tous les cours d'eau est Nord-Sud.

Les tronçons de ces cours d'eau ont l'ordre U variant de 1 à 4 et le Coefficient de Confluence Rb allant de 1,5 à 2,5.

Ce Rb inférieur à 3 est faible et montre la nature lithologique du site étudié. L'écart-type calculé (Tableau 2)

Tableau 2 : Statistiques des linéaments hydrographiques

Ordre	Nombre de linéaments
1	22
2	14
3	4
4	2
Ecart type	10,29563
Moyenne	12
Coefficient d'Asymétrie	1, 028434

Source : auteurs

La lecture de ce tableau nous montre un écart type de 10, 29563 et le Coefficient d'Asymétrie est de 1,028434.

Ce dernier paramètre indique également la nature lithologique du site d'étude.

2. Résultats et discussion

2.1. Vérification et Confirmation sur le terrain des données détectées

Il est livré dans ce chapitre les informations obtenues sur le terrain. Concernant la nature, la localisation, la morphologie et la structure de l'érosion hydrique ravinante ; à savoir l'érosion à ravinement élémentaire (Diffuse) et l'érosion à Ravins (Linéaire).

L'objectif est de valider les informations précédemment reçues lors de l'opération de détection.

2.2. L'érosion à ravinement élémentaire (Diffuse)

Forme imperceptible dans son occurrence et précurseuse de l'érosion à ravins (linéaire), l'érosion diffuse existe sur le site étudié. Elle a été observée sur tous les axes de circulation du site et, est caractérisée soit par un sol nu et dur (Photo 1), soit encore par des accumulations (photo 2), soit enfin par l'existence des racines rendues nues (photo 3).



Photo n°3 : Racines mises à nu par le ruissellement diffus (Av. Mokoko)



Photo 1 : sol nu et dur

Les débris fins qui garnissent la surface topographique sont peu épais et ne modifient pas beaucoup la topographie des axes de circulation où ils se développent. L'ensemble des accumulations dénudent parfois des grandes superficies et vont grossir la charge solide des cours d'eau du site. À l'avènement de l'averse, des dépôts des sables sont visibles sur quelques axes des voies de communication asphaltées ou non.

2.3. L'érosion hydrique à Ravins (Linéaire)

Dans la partie basse de la Commune de Nsele étudiée, l'érosion à ravins s'y développe aussi. Succédant à l'érosion diffuse, elle s'exprime par des creusements linéaires qui entaillent la surface du sol suivant différentes formes et diverses dimensions.

Sur le terrain, deux ravins détectés précédemment sur l'image ont été observés. Il s'agit des ravins Kabila et Mokoko (Photo 4,5 et 6).



Lors de la campagne de terrain, vingt-sept (27) autres ravins ont été découverts. Au total, vingt-neuf (29) ravins ont été inventoriés pendant dix ans (soit 3 ravins par an) et se caractérisent de la manière indiquée dans le tableau 3.

Tableau 3 : Localisation et caractérisation des ravins

Localisation		Érosion dite	Longueur en m	Largeur du chenal en m	Largeur de surface en m	Profondeur en m	Fond	Forme	Coordonnées géographiques
Référence	Quartier								
Camp militaire		Sefu	30	3	9	7	Plat	U	4°26'15,0''S 15°27'21''E
Carrière	Ngina	Carrière	62	2	6	7		V	4°23'14,0''S 15°28'47,6E
Terre jaune	Ngampama	Bukavu	59	7	10	6,7		V	4°24'18,1''S 15°28'02,2''E
		Bongongo1	25	2,9	8	7		V	4°20'49,0''S 15°30'19,6''E
		Bongongo2	10	8	6	7		V	4°23'46,6'' S 15°27'55 ?4''E
		Mokoboli	15	3	6	6		V	4°23'11,0''S 15°28'51,9E
	Munke/ Mpasa1	Kabila	115	16	17	3	Plat	U	4°24'16,7''S 15°28'20''E
		Bosembo	33	5,3	7	8,5		V	4°24'19,3''S 15°28'32,0''E
		Palmier	37	4,7	6	8		V	4°23'06,9''S

									15°28'48,1''E
		Copela	26	4	7,5	7,9		V	4°23'13,6''S 15°28'46,6E
Éfobanque (à gauche de la monté Kin- Kikwit)	Mikonga I	Malebo	27	3,8	5	8		V	4°21'56,6''S 15°28'29,0''E
		Mokoko	272	8	13	12	Plat	U	4°21'57,8''S 15°28'26,6''E
		Colonel 1	18	4	7	9,3		V	4°21'58,0''S 15°28'31,8''E
		Colonel 2	20	6	8	9,3		V	15°28'31,8''S 4°21'46,8 S
		Kinkole	21	5	8,3	9,5		V	4°21'46,8''E 15°28'42,4''S
		Mibu	12	5	7	6		V	4°25'43,2''S 15°29'35,5''E
Camp PM (à droite de la monté kinKikwit)	Mikonga II/ Mpasa 2	Bana Mayumbe 1	8	4	7	5,4		V	4°22'03,6''S 15°29'36,5E
		Bana Mayumbe 2	8,3	5	6,7	6,5		V	4°22'04,1''S 15°29'35,5''S
Bibwa	Talangai/ Mpasa II/ Bibwa 1	Shabair	13	5	8	6,3		V	4°22'03,9''S 15°29'26,3''E
		Mayi ya ba chinois	12,5	4,6	8	7		V	4°22'04,4''S 15°29'36,1''E
		Bureau du quartier Mpasa II/ Bibwa 1	16,2	5,3	7,3	6,5		V	4°21'48,4''S 15°29'52,0''E
		Idem	13,2	5	8	7,2		V	4°22'01,8''S 15°29'26,3E
		Idem	12	4,8	7,2	6,3		V	4°22'01'8''S 15°29'39''E
		Croisement salongo- Biko	16	4,6	7	6,8		V	4°23'19,1S 15°29'39,7E
		Idem	12	4	6,5	5,4		V	4°23'19,8''S 15°29'39,5 ^E

Plazza	Mikala 1 à côté du bureau de la Commune	Ndakala	14	3	6	5,6	V	4°19'46,5''S 15°31'28,3''E
--------	---	---------	----	---	---	-----	---	-------------------------------

2.4. Localisation des ravins

- Le ravin Sefu au niveau de l'arrêt dit Camp militaire (Photos 7 et 8);

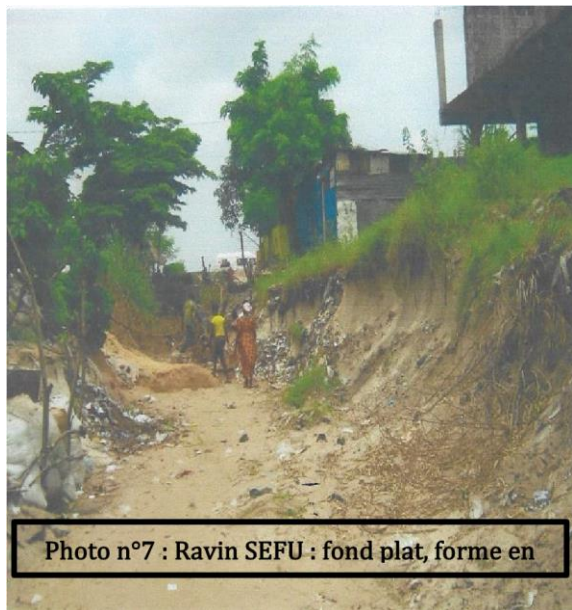


Photo n°7 : Ravin SEFU : fond plat, forme en



Photo n°8 : Ravin SEFU : l'aspect d'un versant

- Le ravin dit Carrière, sur l'axe de circulation du même nom, dans le quartier Ngina, au niveau de l'arrêt de bus Carrière ;
- Quatre (4) ravins sur les axes de circulation Bukavu, Bongongo1, Bongongo 2 et Mokoboli, dans le quartier Ngapama ;
- Quatre (4) ravins sur les axes Kabila, Bosembo, Palmier et Copela, dans le quartier Munke/Mpasa 1 ;
- Six (6) ravins dans le quartier Mikonga I. il s'agit de Malebo, Mokoko, Bolikango, Victoire, Kinkole et Mibu ;
- Deux (2) ravins dans le quartier Mikonga II/Mpasa II. Ce sont les ravins Bana Mayumbe I et II ;
- Sept (7) ravins au niveau de l'arrêt Bibwa, dans le quartier dit Talangai/Mpasa II/Bibwa I. il s'agit de Shabair, Mati ya ba Chinois, Bureau du quartier Mpasa III (3), Salongo contre Biko(2) ;

- Deux (2) ravins au niveau de l'Hôpital de Référence de Kinkole ;
- Un (1) ravin, non loin des bureaux de la Commune sur l'axe Ndakala dans le quartier Mikala I.

2.5. Caractéristiques morphologiques et dimensionnelles des ravins

Dans le site étudié, l'érosion linéaire succède à l'érosion diffuse par concentration du ruissellement. Parfois, elle s'est même installée d'un coup.

Du point de vue de la forme, tous les ravins visités ont d'abord présenté la forme classique en V obtenue par recul des versants (Photo 4). Avant d'épouser le dessin caractéristique en U (en Auge) du fait de l'usure des versants par tranches entières et du creusement du lit (Photo 6 et 7).

Les ravins en V sont actifs et leurs talus sont partiellement couverts de la végétation. Leur chenal est étroit car l'écoulement par sapement à la base n'y agit pas efficacement. La forme en U identifiable dans ce site caractérise le stade final du ravinement et présente le fond plat. La végétation abondante colonise presque totalement son chenal (photo 6). Leur fond est plat. Tous ces ravins installés suivent la ligne de la plus grande pente perpendiculairement au sens de l'écoulement des cours d'eau. Seize (16) d'entre eux sont orientés Nord-Sud et treize (13) sont Est-Ouest. Les dimensions des ravins présentent une variabilité importante entre les valeurs minimales et les valeurs maximales obtenues. Les longueurs, les largeurs et les profondeurs sont de l'ordre métrique. Le ravin le plus long mesure 272 mètres (Mokoko) et le plus court 10 mètres (Bongongo 2).

La largeur minimale du fond est de 2 mètres (Carrière) et la largeur maximale est de 8 mètres (Mokoko). La longueur minimale en surface est de 6 mètres et celle maximale est de 13 mètres. En ce qui concerne la profondeur, la valeur minimale absolue mesurée est de 3 mètres (Kabila) et la maximale absolue de 12 mètres (Mokoko).

2.6. Des pertes en terres

On signale qu'il est toujours difficile d'apprécier la valeur de l'érosion par un seul aspect des terres affectées. Seul le phénomène d'accumulation facilement observable et plus parlant peut traduire directement la puissance érosive.

Néanmoins, puisqu'il faut éveiller l'attention des autorités et de la population sur l'évolution des phénomènes d'érosion hydrique dans ce site, et parce qu'il faut prévenir les autorités et cette population sur les conséquences des phénomènes d'érosion ; il a été tenté, sans prétendre à la rigueur mathématique, une approximation relative.

En rapport avec les pertes des terres, rappelons que W.H. Wischmeier et D.D Smith (1965) ont été les premiers à rechercher une équation pouvant permettre de calculer la perte de sol que le ruissellement entraîne dans toutes les conditions. Ils avaient réussi à mettre sur pied l'équation qui ne concernait que l'érosion diffuse [Roose, 2004 ; A. Bolline, 1982].

Dans ce travail, il n'a pas été appliqué ce modèle dont la formule est présentée au chapitre V. ceci du fait que les résultats obtenus avec cette équation ne sont jamais généralisés sur de vastes surfaces dans le cadre de lutte anti-érosive. Il a été plutôt pris en considération dans cette étude les résultats compilés par Excel obtenus par CUTT/FILL qui offrent les données chiffrées ayant le mérite de présenter des résultats sur de vastes superficies.

Ces données évaluées pour une période de 15 ans indiquent des résultats ci-dessous résumés :

Tableau 4 : Résultats de Cut/Fill

Les données concernant	Surfaces affectées en hectares	Surfaces affectées en %	Volume en m3	%
Pertes	10 259,09	43,96	231 744 022,55	58,07
Gains	7 192,09	30,82	167 281 754,88	41,93
Non change	5 886,22	25,22	0	0
Total	23 337,88	100	399 025 777,43	100

Source : auteurs

Il est à signaler que le CUT/FILL est une application qui donne la quantité des matériaux du sol détachés et transportés (Ablation = Pertes), la quantité des matériaux du sol détaché, mais non transportés (Accumulation = Gain) et la quantité de sol resté en place (Non changé). Les pertes sont causées par le ruissellement et les non changés par le Splash.

Le CUT/FILL appliqué dans ce travail donne les pertes accumulées pendant 15 ans, soit de 2000 à 2014. Ces dernières nous ont permis d'avoir une idée relative sur la quantité des matériaux érodés pendant une année.

La surface affectée étant de 10 259 ha sur l'ensemble du site étudié et la quantité érodée en tonnes étant de 231 744,022 T pendant 15 ans. La perte annuelle en tonnes par hectare par an (T/ha/an) est :

- Surface affectée : 10 259 ha
- Pertes pendant 15 ans : 231 744,022 m³ ou 231 744,022 T
- Pertes pendant une année : $231\,744,022\text{ T} / 10\,259\text{ ha} / 15\text{ ans} = 1\,506\text{ T/ha/an}$.

2.7. Les facteurs génétiques des ravins détectés sur l'image et validés sur le terrain

Après avoir confirmé l'existence de l'érosion hydrique ravinante à partir du développement des ravins dans la partie basse de la Commune de Nsele, on va analyser, dans ce chapitre, les facteurs génétiques à savoir, les facteurs anthropiques et les facteurs abiotiques souvent connus à partir de l'équation de Wischmeier (1978), modèle décrit selon l'équation :

A = Quantité de sol perdue ;

R = Facteur climatique ou Agressivité des pluies ;

K = Facteur lithologique ou érodibilité des sols ;

Ls = Facteur topographique indiquant la pente et la longueur de pente

C = Facteur cultural déterminé à partir de l'occupation du sol ; P = Mode d'aménagement pratique.

L'objectif est donc de déceler les facteurs ayant concouru au développement de phénomène d'érosion hydrique ravinante dans le site d'étude.

En procédant à la classification hiérarchique de ces facteurs, on aura l'homme d'abord, le climat ensuite auquel on associe la topographie du site et la nature du sol en présence.

2.7.1. Les facteurs anthropiques

La lecture de la carte de l'occupation des sols montre que le site d'étude comprend les nuages (0,25 %), les marécages (5,67 %), l'eau (8,19 %), la végétation (43,31 %), la zone agricole (2,38), les sols nus (10,35 %), la zone habitée (16,83 %) et les pistes (0,09 %).

Il est à remarquer que les zones où il y a eu intervention humaine comprennent la zone agricole, les sols nus, la zone habitée et les pistes (axes de circulation). L'ensemble constitue 29,65 %.

Le site, bien que loti, est habité et le besoin en habitation a favorisé l'autoconstruction qui s'est généralisée et a fait de la Commune de Nsele, un immense chantier.

Dans ce site humanisé, il y a eu déboisement qui a mis à nu le sol et a brisé l'équilibre originel. Avec cette dénudation du sol, le ruissellement a été actif et l'érosion a pu se manifester. Les

travaux de construction peuvent accroître l'érodibilité du sol et diminuer la stabilité des pentes. L'absence de la végétation expose le sol à l'action directe des gouttes de pluies.

Toutefois, ce n'est pas dans toutes les situations d'intervention de l'homme que l'érosion se manifeste. La responsabilité de l'homme ici est minime et elle est même limitée à certains endroits. On l'a observé à quelques étroits secteurs notamment là où il y a alignement des axes de circulation et surtout l'orientation de ceux-ci perpendiculairement à l'écoulement des cours d'eau.

Environ trois cents quatre (304) axes de circulation sur mille sept cents quatre-vingt-neuf (1789) qui sont des rues, avenues et routes ; sont susceptibles au développement de l'érosion hydrique ravinante dans ce site orthogonal au vu de leur orientation vis-à-vis de l'écoulement des cours d'eau qui sont des exécutoires naturels des eaux de ruissellement.

2.7.2. Les facteurs abiotiques

Il s'agit du Climat, de la Topographie et de la nature du sol. :

- **Facteur climatique**

Il est un fait vrai que dans les études de l'érosion, le climat est souvent cité comme paramètre à étudier en ce qui concerne l'estimation de l'érosion d'un site donné. Et pour ce paramètre, les pluies constituent, à côté de l'évaporation, l'élément déclencheur de l'érosion hydrique ravinante. Le climat joue donc un effet destructif.

A Nsele, il pleut beaucoup qu'ailleurs dans la Ville de Kinshasa. La totalité des pluies moyennes annuelles est de 1473 mm. Ceci serait dû à l'exposition aux vents pluvieux et les reliefs aux vents plus abondamment arrosés. Les scientifiques annoncent que cette notion de valeur au vent et sous-le-vent est particulièrement sensible aux phénomènes d'érosion de sol. La vérité est que la quantité des pluies n'intervient pas dans le processus érosif, elle a souvent valeur plus humaine que morphologique.

L'élément dont il faut tenir compte est l'érosivité des pluies. Elle est grande pour ce site. Cette érosivité est caractérisée essentiellement par les intensités des pluies est plus grande.

Cette intensité pluviométrique est donnée d'un haut coefficient d'agressivité.

Il sied de signaler que l'érosivité des pluies dépend du volume des pluies dans une certaine mesure, mais surtout et essentiellement de l'intensité des pluies. L'intensité d'une pluie est donc le rapport d'une hauteur d'eau à une durée (exprimée en mm/h ou en mm/minute).

Cette intensité est le facteur principal de l'érosion hydrique ravinante car, plus l'intensité est grande comme dans le cas de cette étude, plus l'effet de battage de sol est prononcé. Du fait que les pluies à Kinshasa, malgré une certaine variabilité dans l'espace et le temps, sont presque générales, nous notons que son intensité est aussi grande dans le site étudié.

Ainsi, le climat est le facteur causal du développement des ravins dans cette partie basse de la Commune. Les pluies sont abondantes et intenses, ces pluies intenses sont agressives. Lorsqu'il pleut, la couche superficielle s'humecte facilement du fait que les interstices sont remplis d'air. A faible profondeur du sable, l'air est emprisonné, à cause de la faible cohésion de sable ; forme un coussin et s'oppose à la pénétration de l'eau. Il se crée donc un ruissellement brusque qui favorise un ravinement. Le ravinement est fonction de l'imperméabilité de la roche (Derruau, m. ; 1974).

Toutefois, il est bon de ne pas se tenir à un seul facteur qu'est le Climat qui dépend du haut coefficient d'agressivité ; il existe d'autres facteurs tels :

- **La Topographie**

Dans les études des facteurs génétiques de l'érosion hydrique ravinante, il est toujours tenu compte des éléments topographiques tels notamment l'exposition aux vents pluvieux, la longueur des pentes, les valeurs des pentes et les altitudes.

Dans le présent travail, il a été pris en compte seulement les valeurs des pentes et les altitudes et ce, au vu de la morphologie du terrain composée en grande partie des zones plates. De toutes les manières, l'exposition des versants aux rayons solaires n'a qu'une importance secondaire pour qu'elle soit prise en considération car, l'inclinaison des rayons solaires y est faible.

- **Les valeurs des pentes**

Les valeurs des pentes, sur le site étudié, sont variables et elles vont de 0 % à 15 % et sont exprimées en trois classes à savoir la classe de 0 à 5 %, celle de 5 à 10 % et celle de 10 à 15 %. La classe de 0 à 5 % domine et s'observe sur les portions plates du site. Les classes supérieures à 5 % s'observent dans les bassins versants entaillées par les cours d'eau. Dans la zone à pentes inférieures à 5 % se développe le processus d'érosion diffuse qui accroît pente d'une manière imperceptible et se prolonge par vitesse accélérée en phase ravinante. Dans le site étudié, le ravinement se déclenche donc dès une inclinaison de 1 %.

On note l'accroissement des valeurs des pentes depuis les berges du site étudié jusqu'aux pieds de l'abrupt. Cette existence d'une pente topographique prédit le développement du processus

érosif ; car, dès la faible pente (0 à 5 %), s'opère le creusement en direction de la plus grande pente, lequel creusement prend la forme de ravin.

➤ Les altitudes

La carte des courbes des niveaux de l'ensemble de la Commune de Nsele, a permis de déceler les différentes altitudes du site étudié.

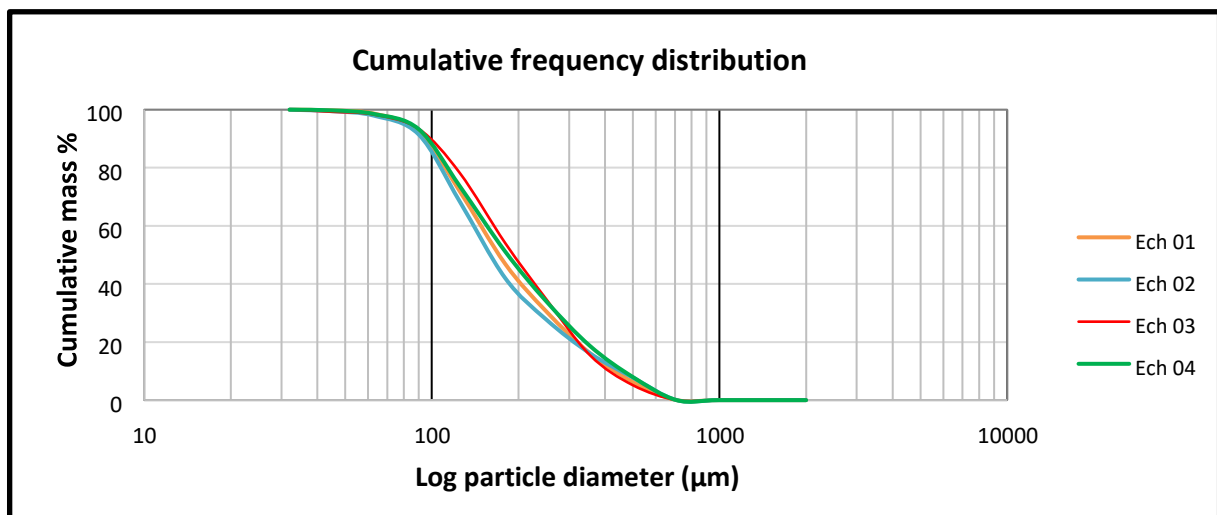
Les altitudes du site étudié s'étalent entre 270 m et 375 m, cette surface topographique présente trois niveaux de base à savoir celle de 270 à 305 m, la deuxième de 305 à 345 m culmine entre 345 m et 375 m. la surface qui constitue le site d'étude est donc de niveau de base.

La carte des pentes et celle des altitudes constituent la carte topographique du site et les grandes lignes de la morphologie que cette carte présente, permet d'entrevoir les orientations et les alignements hydrographiques comme paramètres de détection de l'érosion hydrique ravinante.

➤ La nature des sols

L'analyse des échantillons prélevés par nous ainsi que celle effectuée par Van Caillie, x (1983) indique, par l'allure des courbes granulométriques ; que les matériaux étudiés dans le site sont essentiellement du sable.

Fig. 2 : Courbes granulométriques selon nos recherches de 2018



Source : auteurs

En rapport avec l'étude de l'érosion hydrique ravinante, la perméabilité de ce sable a été calculée à partir de la formule de Castany (1967), faute des résultats mesurés à l'œdomètre. En partant de la formule $K = 100 \times (d_{10})^2$ avec

K : Perméabilité

d : Diamètre en microns

d₁₀ : Diamètre 10 = 92,49 Mn (Voir annexe)

$$K = 100 \times (92,49 \text{ Mn})^2 = 8,6.10^{-2} \text{ Cm/S}$$

La perméabilité de ce sol est donc faible parce que la valeur de K est inférieure à la valeur standard qui est 8.10^{-2} Cm/S .

Le sable analysé est fin. Il est donc composé des petits grains moins poreux. Ces grains ne laissent pas l'eau des pluies s'infiltrer et causent le ruissellement qui est à la base du déclenchement des ravins.

2.8. Les zones sensibles à l'érosion ravinante et la lutte anti-érosive

Dans cette partie du travail, il va être localisé sur la carte les zones sensibles aux phénomènes d'érosion et, décrit les méthodes de prévention et de contrôle des ravins. L'objectif est de sensibiliser les décideurs à prendre conscience sur l'existence de ce fléau dans le site étudié et à leur communiquer quelques techniques de lutte anti-érosive.

2.8.1. Les zones sensibles et la lutte anti-érosive

La superposition de la carte de l'érosion installée et celle des pentes a permis d'élaborer la carte des zones sensibles à l'érosion étudiée.

La distribution des classes des pentes montre trois catégories d'étendues variables (Tableau 5) :

Tableau 5 : Les classes des pentes

Classes de pente	Superficie en ha	Superficie en %
0 – 5%	35349,30	90%
0 – 10%	1176,31	3 %
> 10%	2749,39	7%
	39277	100%

On note la classe de 0 à 5 % de faibles pentes, celle de 5 à 10 % de pentes moyennes et celle des pentes supérieures à 10 % (fortes pentes). La classe de faibles pentes est dominante et occupe une vaste étendue (90 %) et celle des fortes pentes occupe 7 % de surface.

La répartition de ces classes de sensibilité indique qu'il existe trois (3) zones à savoir la zone très sensible à l'érosion ravinante ; la zone moyennement sensible et la zone faiblement sensible.

La zone très sensible est non aedificandi. La zone à faible sensibilité est la plus étendue de toutes et elle s'étend sur 35.349,30 ha. La zone moyennement sensible s'étend sur 1.176,31 ha de la superficie totale moyennement pentue. La zone très sensible occupe 2.749,39 ha, soit sept pourcent (7%) de la superficie totale. Elle comprend la zone très pentue et très sujette aux érosions.

2.8.2. La lutte anti-érosive

- L'érosion diffuse

En rapport avec cette forme d'érosion, on propose les actions ci-après :

- Que soient stockées des eaux de toiture ;
- Que soit planté dans les parcelles le *paspalum notatum*, à entretenir régulièrement.
- L'érosion à Ravins

Élément principal de menace pour l'environnement, l'érosion à ravins doit être freinée et/ou stoppée par des procédés et techniques adaptables à chaque faciès environnemental.

Les actions à mener doivent consister à :

- Empêcher ou freiner son apparition. Pour y parvenir il faut d'abord lotir le site en améliorant la planéité des surfaces de ruissellement, ce qui va permettre d'éviter la concentration des eaux sur des zones non préparées à l'avance et, par conséquent, le danger d'érosion.
- Réduire les risques en agissant sur le couple infiltration ruissellement. Cette action passera par :
 - Régler la pente des surfaces en augmentant des pentes sur la partie subhorizontale ;
 - Assainir le site par les tranchées drainantes, des drains et des fossés à ciel ouvert.
 - Protéger la zone habitée avec des couverts végétaux.

Cela va consister à :

✓ Engazonner le milieu d'une manière classique ; ✓ Planter des vergers avec des jeunes plantes.

- Protéger les surfaces et les lits des ravins avec des matériaux inertes :
 - ☐ Par les revêtements des lits des ravins avec des sacs de sables ou des pneus (voir photos 9, 10 et 11).
 - ☐ Construire les bassins de réception, les murets en maçonnerie, le garnissage en bambous ;



- Stabiliser, faciliter la végétalisation et l'entretien des talus avec :
 - ☐ Des éperons drainants ;
 - ☐ Des pentes en marches d'escalier ;
 - ☐ Des banquettes de pied en masques drainants.
- Raidir et conforter les pentes
 - ☐ Par remblais en terre renforcée ;
 - ☐ Par soutènements rigides avec des murs-poids en béton.
- Stopper ou dévier les ruissellements
 - ✓ Par terrasse d'absorption faible de 0,1 à 1 % ; ✓ Par terrasse de canalisation.
- Évacuer les eaux concentrées
 - ☐ Par des collecteurs le long des ouvrages linéaires ;
 - ☐ Par des collecteurs spéciaux à pente très élevée. Les collecteurs seront capables de dévier les eaux en amont de ravin, de retenir et de canaliser l'écoulement vers un exutoire ;
 - ☐ Ces collecteurs (caniveaux) devront être en maçonnerie en blocs ciments dont le radier (revêtement qui protège une construction contre le travail des eaux) en pente en vue d'acheminer l'eau vers un bassin d'absorption (bassin de réception)

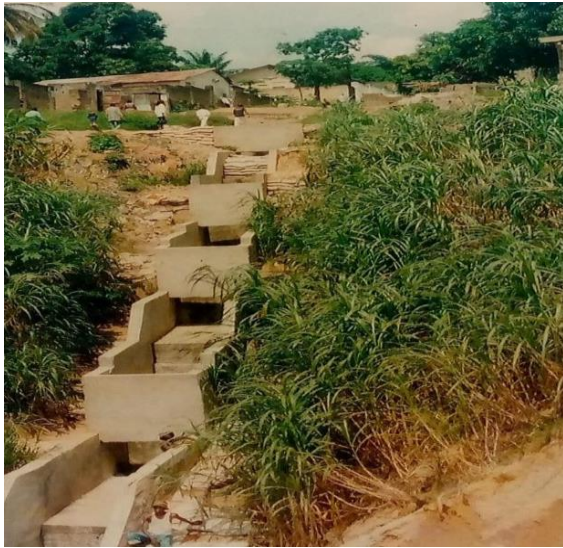


Photo 14 et 15 : Collecteur en maçonnerie, renforcé par une couche de plusieurs sacs de sables superposés. A l'avant plan, nous avons l'excavation devant servir de bassin d'absorption. Collecteur en maçonnerie en bloc, sacs des sables le long de l'ouvrage pour protéger contre l'affouillement des eaux en cas de débordement.

- **Versant protégé par une végétation.**

Les collecteurs aussi construits en se basant sur la superficie du bassin versant, sur le coefficient de ruissellement ainsi que sur l'intensité des pluies doivent disposer des avaloirs.

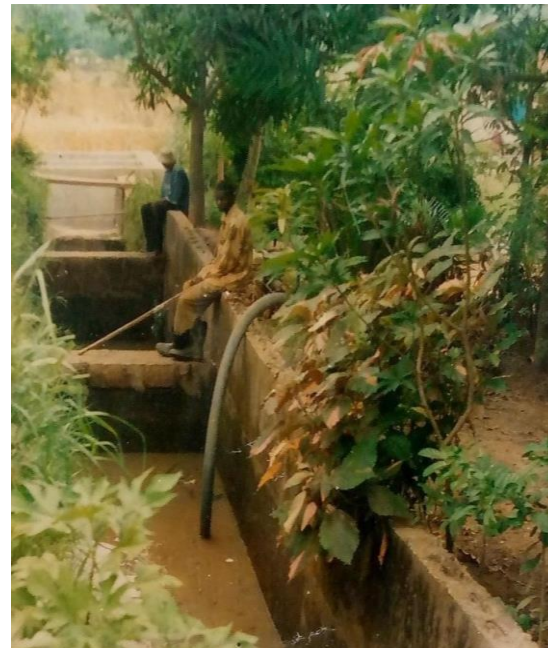


Photo 15 et 16 : Collecteur d'eau semblable à la photo 2, même système de protection d'ouvrage.

Remarquer la colonisation par de l'avaloir. Collecteur plein d'eau, boyau de pompage plongeant dans l'eau.

l'herbe, des sacs de sable à côté

- ☐ Dans les collecteurs, il faut prévoir les dissipateurs tels les avaloirs.
- ☐ Prévoir parfois un boyau de refoulement (photo 15)
- ☐ Pour les zones très sensibles il faut protéger d'une manière spécifique.
- ☐ En contrôlant les ravinements et les torrents soit par l'embroussaillage et la plantation des berges de ravins à l'aide des sacs de terre, soit encore par des barrages ;
- ☐ En protégeant les berges de rivière soit par la végétalisation des berges, soit encore par les revêtements lourds, soit enfin par l'étanchéité des digues contre les inondations.

3. Discussion

La campagne de terrain confirme l'existence dans le site étudié, de l'érosion hydrique ravinante. Les deux ravins détectés sur l'image satellitaire Ikonos ont été observés sur le terrain.

Les ravins qui se développent dans cette partie de la Commune de Nsele sont en forme en auge (U). Cette forme n'est pas observable dans le site collinaire de la ville de Kinshasa.

La forme en auge est due au recul rapide des versants des ravins concernés qui s'usent par tranches entières [Pouquet, j. 1961]. C'est cet éloignement des versants associé au creusement du lit qui aboutissent à cette excavation. Cette forme en U ainsi dévastatrice et destructrice est pratiquement impossible à constater.

Il est vrai que les facteurs génétiques qui influencent les phénomènes érosifs font maintenant l'objet d'un consensus. Ils regroupent l'homme, le climat, la topographie et la nature du sol. Le climat est certes le facteur causal et les autres sont des facteurs de conditionnement. Mais tout est accentué par des interventions humaines. C'est donc dire que l'érosion ravinante est impuissante hors la présence de l'homme et cette responsabilité se limite uniquement à des endroits capables de créer une activité érosive. Le problème de la lutte contre l'érosion est loin d'être simple à traiter car, la question soulevée dans ce travail n'est pas d'interdire au phénomène de se manifester mais seulement de le freiner.

Conclusion

La détection de l'identifiant (linéaments hydrographiques, linéaments d'origine anthropique majeurs et d'autres indices repères) a permis de prouver l'existence des phénomènes d'érosion ravinante dans l'espace étudié. Cette information a été validée par les données de terrain. Sur le terrain, même l'existence de l'érosion diffuse a également été prouvée ; car, visible par des dépôts des sables dans les parcelles et sur les axes des circulations, et par des racines des arbres mises à nu. L'ablation partielle des racines des arbres oscille entre les valeurs de 0,5 et 0,7 cm. L'érosion ravinante précédemment détectée a été validée sur le terrain. Elle est constituée de ravins aussi spectaculaires et destructeurs. Cette érosion s'opère d'une manière progressive jusqu'à atteindre les surfaces topographiques non inclinées. Vingt-neuf (29) ravins ont été inventoriés pendant dix ans, soit environ trois ravins par an. Ces ravins présentent des dimensions variables.

Les longueurs vont de 10 mètres (érosion Bongongo) à 272 mètres (érosion Mokoko). Les largeurs de lit vont de 2 mètres (Carrière) à 8 mètres (Mokoko). Ces ravins répertoriés dans cette partie basse de la Commune de Nsele impriment d'abord la forme classique en V, avant d'épouser au stade final ; la forme en auge. Cette forme en U, jamais observée dans le site collinaire, s'est développée par recul des versants s'usant par tranches et par creusement du lit spontanément (Pouquet, j. ; 1971). Les pertes en terre obtenues par Cut/Fill sont de 1506 T/ha/an.

En rapport avec les facteurs génétiques, il est à signaler que les travaux de Ntombi, M.K ; cité par Makanzu, F. ; 2014 ont montré tout l'intérêt qu'il y a à considérer l'importance primordiale du climat. Cependant, ceci n'a pas empêché d'ouvrir la voie de recherche à d'autres facteurs : il s'agit d'abord de l'existence de l'habitat et des axes de circulation, signes du passage de l'homme qui ont dévégétalisé le site et, ont mis à nu le sol. Avec cette mise à nu du sol, l'érosion diffuse a pu se manifester par effet de Splash et, l'érosion ravinante a pu se déclencher par ruissellement actif ; suite à l'existence du sable fin, par ailleurs moins perméable.

Les ravins ont été observés sur les axes de circulation pentues de 5 % et perpendiculaires à l'écoulement des cours d'eau. Ce sont donc des zones des axes de circulation pentus proches des bassins versants qui sont susceptibles au développement de l'érosion hydrique ravinante. La prévention et le contrôle des ravins dans un tel site amènent à son aménagement sectoriel consistant au contrôle de la zone et à la construction des ouvrages d'assainissement.

Références bibliographiques

- ALONI K. et MITI, T. [2004] : Ravinement dans la ville de Kinshasa face au changement climatique et coût de la lutte antiérosive, in mangroves. Département des Sciences de la terre, Fac. Sciences Unikin, p. 36-43.
- BONN F. et ROCHON P, [1992] : Précis de Télédétection : Principes et Méthodes, vol.1, Presse de l'Université du Québec/AUPELF-UREF, pp 301-316.
- BONN F., [1998] : La spatialisation des modèles d'érosion des sols à l'aide de la télédétection des S.I.G. ; possibilité, erreurs et limites. Sécheresse, pp. 185-192.
- MITI, F.T., ALONI, J.K., et KISANGALA M. [2004] : Crise morphogénétique d'origine anthropique dans le modelé du relief de Kinshasa, Bulletin du RGM vol. V. Tome 1, n° spécial 2004, pp 1-12.
- MUYA, LUBILANJI [1984] : Conservation de la nature et écologie du Parc National de l'Upemba (P.N.U), Shaba-Zaïre, de Aordrijkunde, pp. 45-55.
- NTOMBI, M. K., YINA, N., KISANGALA, M., MAKANZU, IM. F., [2004] : Évolution des précipitations supérieures ou égales à 15 mm durant la période 1972-2002 à Kinshasa, Rév. Congolaise des Sc. Nucl. 20, 30-40. Cité par MAKANZU, F., 2014.
- LELO NZUZI, [2010] : « Construire la ville africaine : chroniques du citoyen promoteur », Canadian Journal of African Studies, vol.26, n°3, pp.523-525
- WONTERST, WOLFF E. [2010] : Contribution à l'analyse de l'érosion intra-urbaine à Kinshasa. In Belges <https://doi.org/10.4000/belges.839>, pp 293-314.