



HAL
open science

**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**

Muya Lubilanji, Ntombi Muen Kabeya, Mangenda Holenu

► **To cite this version:**

Muya Lubilanji, Ntombi Muen Kabeya, Mangenda Holenu. 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. 2022. hal-03761261v2

HAL Id: hal-03761261

<https://hal.science/hal-03761261v2>

Preprint submitted on 4 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

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

4
5 **Muya Lubilanj*, Ntombi Muen Kabeya* et Holenu Mangenda Holy***

6
7 *Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et Technologies, Mention Geosciences. BP 190
8 Kinshasa XI

9 **Résumé**

10 L'étude porte sur l'érosion hydrique ravinante et se focalise dans la partie basse de la Commune de
11 N'sele, entité de 1017,61 Km² de superficie, située à l'Est de la ville de Kinshasa entre 15° 19' 30'' et
12 15° 42' 0'' Est ainsi que 4° 10' 0'' et 4° 40' 0'' Sud. L'espace concerné par l'étude dans cette entité
13 est une bande de 233,38 Km² non encore explorée dans ce domaine précis de la géomorphologie
14 appliquée à l'aménagement de Territoire. La problématique étant de prouver l'existence ou non de
15 l'érosion hydrique ravinante dans l'espace étudié, la méthodologie employée relève de l'approche
16 prospective à laquelle ont été associées les analyses statistiques. Cette démarche exploratrice a été
17 facilitée par l'utilisation de la télédétection satellitaire et du S.I.G. Les résultats de la détection sont
18 ainsi traduits sous forme des cartes : la carte des linéaments hydrographiques ; la carte des linéaments
19 d'origine anthropique majeurs (LIAMA) ; la carte des indicateurs autres que les linéaments et la carte
20 des ravins détectés. Sur le terrain, il est inventorié vingt-neuf (29) ravins des dimensions variables
21 différentes présentant un dessin spécifique et caractéristique en U. Les ravins ainsi répertoriés se sont
22 développés dans des quartiers non lotis mais habités et se focalisent principalement le long des axes
23 nus de circulation, inclinés, suivant la ligne de la pente (ici de 1%), perpendiculairement au sens
24 d'écoulement des eaux drainant les bassins versants. Dans le site étudié, les actions de lutte antiérosive
25 y sont encore timides et rudimentaires. Elles exigent les actions, la structuration rationnelle et
26 l'aménagement sectoriel de l'espace.

27
28 **Mots clés :** Détection, télédétection satellitaire, d'érosion hydrique, sols

29
30 **Detection, by satellite remote sensing and G.I.S., of gullying water erosion of soils in the**
31 **lower part of Nsele Commune, east of Kinshasa in the Democratic Republic of Congo**

32
33 **Abstract**

34 The present study is concerned with the gullying hydric erosion and focussed in the low part
35 in the Commune of Nsele, an entity of 1017,61 Km² of area, situated in the eastern part of Kinshasa
36 between 15°19'30'' and 15°42'0'' East as well as 4°10'0'' and 4°40'0'' south. This entity or space
37 concerned with the study is a 233,38 Km² belt not yet explored in this definite geomorphological
38 domain applicable to the regional development. The problematic is being to prove the existence of the
39 gullying hydric erosion in the studied space, the used methodology is a matter for the prospective
40 approach to which have been associated statistical analysis. This explorer procedure has been made
41 easier by the use of the satellite teledetection and of the S.I.G. Thus, the detection results are expressed
42 in maps forms: the hydrographic lineaments maps, the lineament map of major anthropic origin
43 (LIAMA); the map of indicators other than the lineaments and the map of the detected gullies. On the
44 groused, twenty-nine (29) gullies of variable dimensions and different presenting a specific and
45 characteristic drawing in U. the solicited gullies have developed in the nondivided into plats areas in
46 habited and chiefly localize along nude trunk roads, sloping, following the slope line (here of 1%),
47 perpendicularly to the water flow direction draining the sloping basins. In the studied setting, the anti-
48 erosive fight actions are still timid and rudimentary. They require, these actions, rational structuring
49 and sector based planning space.

50
51 **Keywords:** Detection, satellite remote sensing, water erosion, soil

52
53
54

55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106

1. 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. 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 indiquet-il l'inexistence de ces phénomènes sur ce site ? c'est donc cela qui constitue le problème dans cette étude.

2. 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 :

2.1. Matériels

2.1.1. 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 1/200000° 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 L'admirant, h. ; en 1964 et, complétée par Lepersonne en 1974. Certaines informations sur les caractéristiques physiques de la Commune ont été puisées dans ces documents.

2.1.2. 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.

2.1.3. Logiciels

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

1. 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.

2. 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.

3. 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).

107 **4. Du GPS**

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

111 **II.3. Méthodes**

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

116 **II.3.2. Méthodes qualitatives ou traitement de l'image satellitaire.**

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

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



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

123
124
125 Les linéaments hydrographiques, jadis utilisés en géologie dans les études tectoniques, mais
126 actuellement abandonnés au profit des études géophysiques douteuses, retrouvent ici une place de
127 choix. Ainsi ils nous ont permis, en l'absence des études tectoniques du site, et devant l'inexistence
128 des lignes de fracture visibles dans le site étudié, d'affirmer ou d'infirmer si l'espace étudié est
129 vraiment stable comme l'avait signifié LADMIRANT, h. (1974).

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

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

137 **2.3.3. Méthodes quantitatives ou statistiques**

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

142 **2.3.4. Détection des indicateurs autres que les Linéaments**

143 L'opération a consisté à chercher d'une manière visuelle, sur l'image satellitaire, d'autres
144 éléments pouvant indiquer l'existence de l'érosion hydrique ravinante sur le site. Dans ce travail, les

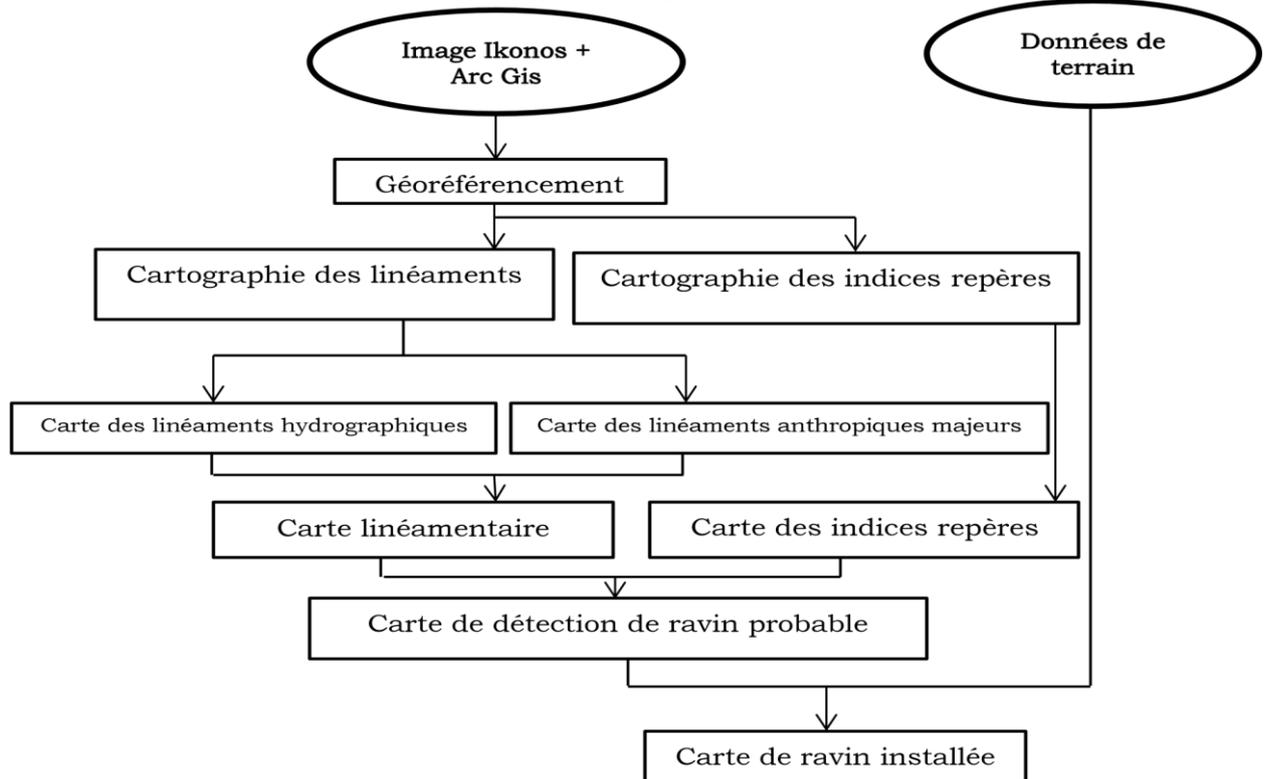
145 éléments indicateurs sont soit des parties des infrastructures coupées soit encore des blocs des édifices
 146 détruits.

147 **2.3.5. Cartographie de la détection de l'érosion ravinante probable**

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

151 **2.3.6. Observation sur le terrain**

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



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

157 **Tableau 1 :** Les linéaments hydrographiques : Ordre des tronçons, nombre des tronçons U et
 158 Coefficient de Confluence Rb.
 159
 160

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	

161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178

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 II)

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

179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190

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.

3. Résultats et discussion

3.1. 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).

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

193 3.2. L'érosion à ravinement élémentaire (Diffuse)

194 Forme imperceptible dans son occurrence et précurseuse de l'érosion à ravins (linéaire),
195 l'érosion diffuse existe sur le site étudié. Elle a été observée sur tous les axes de circulation du site et,
196 est caractérisée soit par un sol nu et dur (Photo 1),

197
198
199 Soit encore par des accumulations (photo 2)

200
201 Soit enfin par l'existence des racines rendues nues (photo 3).



202
203
204 Les débris fins qui garnissent la surface topographique sont peu épais et ne modifient pas
205 beaucoup la topographie des axes de circulation où ils se développent. L'ensemble des accumulations
206 dénudent parfois des grandes superficies et vont grossir la charge solide des cours d'eau du site. À
207 l'avènement de l'averse, des dépôts des sables sont visibles sur quelques axes des voies de
208 communication asphaltées ou non.

209 210 3.3. L'érosion hydrique à Ravins (Linéaire)

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

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



216
217
218
219
220
221
222

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/ Mpasal	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 montée 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/ Mpsa 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/ Mpsa 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 Mpsa 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

223

224 **3.4. Localisation des ravins**

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

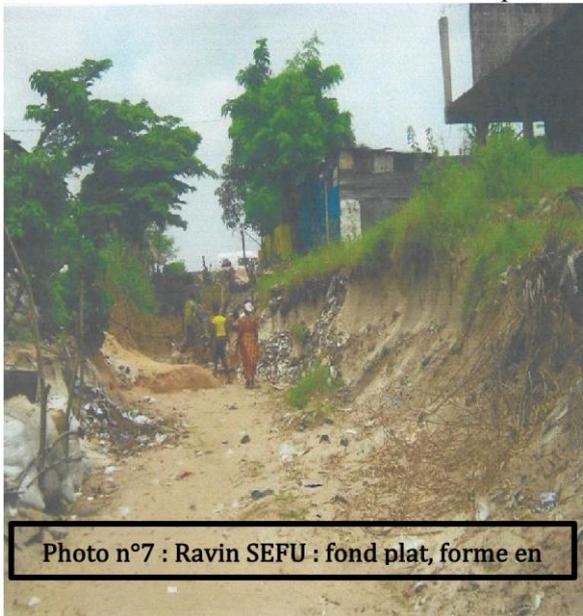


Photo n°7 : Ravin SEFU : fond plat, forme en



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

226

227 • Le ravin dit Carrière, sur l'axe de circulation du même nom, dans le quartier Ngina, au niveau
228 de l'arrêt de bus Carrière ;

- 229 ▪ Quatre (4) ravins sur les axes de circulation Bukavu, Bongongo1, Bongongo 2 et Mokoboli, dans le
230 quartier Ngapama ;
231 ▪ Quatre (4) ravins sur les axes Kabila, Bosembo, Palmier et Copela, dans le quartier Munke/Mpasa 1 ;
232 ▪ Six (6) ravins dans le quartier Mikonga I. il s'agit de Malebo, Mokoko, Bolikango, Victoire, Kinkole
233 et Mibu ;
234 ▪ Deux (2) ravins dans le quartier Mikonga II/Mpasa II. Ce sont les ravins Bana Mayumbe I et II ;
235 ▪ Sept (7) ravins au niveau de l'arrêt Bibwa, dans le quartier dit Talangai/Mpasa II/Bibwa I. il s'agit de
236 Shabair, Mati ya ba Chinois, Bureau du quartier Mpasa III (3), Salongo contre Biko(2) ;
237 ▪ Deux (2) ravins au niveau de l'Hôpital de Référence de Kinkole ;
238 ▪ Un (1) ravin, non loin des bureaux de la Commune sur l'axe Ndakala dans le quartier Mikala I.

239

240 3.5. Caractéristiques morphologiques et dimensionnelles des ravins

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

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

246 Les ravins en V sont actifs et leurs talus sont partiellement couverts de la végétation. Leur chenal est
247 étroit car l'écoulement par sapement à la base n'y agit pas efficacement. La forme en U identifiable
248 dans ce site caractérise le stade final du ravinement et présente le fond plat. La végétation abondante
249 colonise presque totalement son chenal (photo 6). Leur fond est plat.

250 Tous ces ravins installés suivent la ligne de la plus grande pente perpendiculairement au sens
251 de l'écoulement des cours d'eau. Seize (16) d'entre eux sont orientés Nord-Sud et treize (13) sont Est-
252 Ouest. Les dimensions des ravins présentent une variabilité importante entre les valeurs minimales et
253 les valeurs maximales obtenues. Les longueurs, les largeurs et les profondeurs sont de l'ordre
254 métrique. Le ravin le plus long mesure 272 mètres (Mokoko) et le plus court 10 mètres (Bongongo 2).

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

259

260 3.6. Des pertes en terres

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

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

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

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

277

278

279

280

281

282

283

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

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 : $231\,744,022\text{ T}/10\,259\text{ ha}/15\text{ ans} = 1\,506\text{ T/ha/an}$.

3.7. 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.

3.7.1. 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 gorettes de pluies.

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

335 Environ trois cents quatre (304) axes de circulation sur mille sept cents quatre-vingt-neuf
336 (1789) qui sont des rues, avenues et routes ; sont susceptibles au développement de l'érosion hydrique
337 ravinante dans ce site orthogonal au vu de leur orientation vis-à-vis de l'écoulement des cours d'eau qui
338 sont des exécutoires naturels des eaux de ruissellement.

340 3.7.2. Les facteurs abiotiques

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

342 ➤ Facteur climatique

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

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

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

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

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

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

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

368
369 Toutefois, il est bon de ne pas se tenir à un seul facteur qu'est le Climat qui dépend du haut coefficient
370 d'agressivité ; il existe d'autres facteurs tels :

372 ➤ La Topographie

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

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

381 1. Les valeurs des pentes

382
383 Les valeurs des pentes, sur le site étudié, sont variables et elles vont de 0 % à 15 % et sont
384 exprimées en trois classes à savoir la classe de 0 à 5 %, celle de 5 à 10 % et celle de 10 à 15 %. La

385 classe de 0 à 5 % domine et s'observe sur les portions plates du site. Les classes supérieures à 5 %
386 s'observent dans les bassins versants entaillées par les cours d'eau. Dans la zone à pentes inférieures à
387 5 % se développe le processus d'érosion diffuse qui accroît pente d'une manière imperceptible et se
388 prolonge par vitesse accélérée en phase ravinante. Dans le site étudié, le ravinement se déclenche donc
389 dès une inclinaison de 1 %.

390 On note l'accroissement des valeurs des pentes depuis les berges du site étudié jusqu'aux
391 pieds de l'abrupt. Cette existence d'une pente topographique prédit le développement du processus
392 érosif ; car, dès la faible pente (0 à 5 %), s'opère le creusement en direction de la plus grande pente,
393 lequel creusement prend la forme de ravin.

394 2. Les altitudes

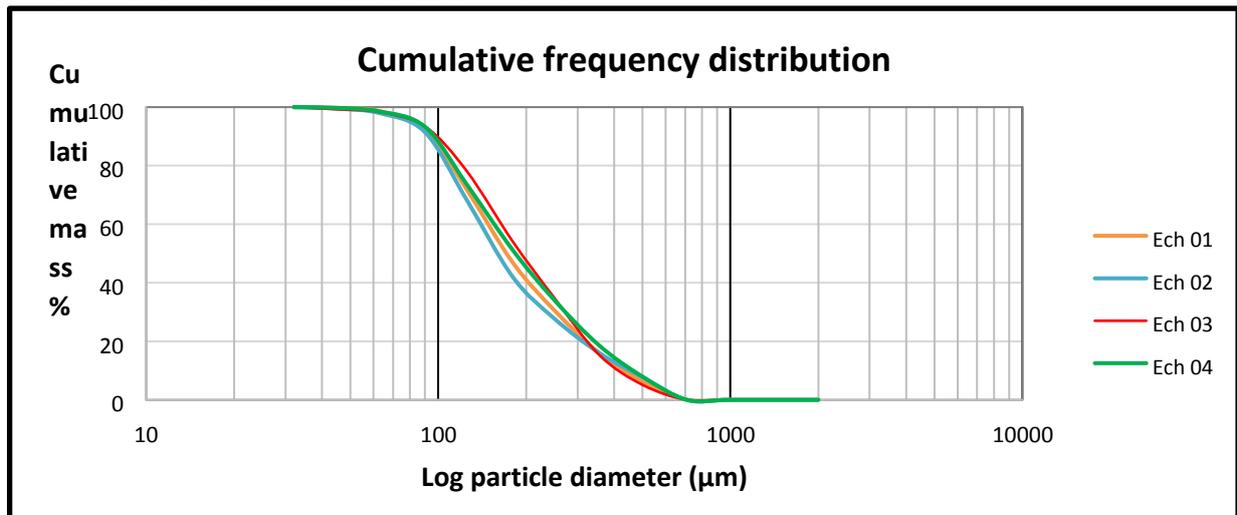
395 La carte des courbes des niveaux de l'ensemble de la Commune de Nsele, a permis de
396 déceler les différentes altitudes du site étudié.

397
398 Les altitudes du site étudié s'étalent entre 270 m et 375 m, cette surface topographique présente trois
399 niveaux de base à savoir celle de 270 à 305 m, la deuxième de 305 à 345 m culmine entre 345 m et
400 375 m. la surface qui constitue le site d'étude est donc de niveau de base.

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

404 3. La nature des sols

405 L'analyse des échantillons prélevés par nous ainsi que celle effectuée par Van Caillie, x
406 (1983) indique, par l'allure des courbes granulométriques (fig. 29 et fig. 30) ; que les matériaux
407 étudiés dans le site sont essentiellement du sable.
408



409
410 **Fig. 13 :** Courbes granulométriques selon nos recherches de 2018

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

414 K : Perméabilité

415 d : Diamètre en microns

416 d_{10} : Diamètre 10 = 92,49 Mn (Voir annexe)

417 $K = 100 \times (92,49 \text{ Mn})^2 = 8,6.10^{-2} \text{ Cm/S}$

418
419 La perméabilité de ce sol est donc faible parce que la valeur de K est inférieure à la valeur standard qui
420 est 8.10^{-2} Cm/S .

421 Le sable analysé est fin. Il est donc composé des petits grains moins poreux. Ces grains ne laissent pas
422 l'eau des pluies s'infiltrer et causent le ruissellement qui est à la base du déclenchement des ravins.
423

3.8. 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.

3.8.1. Les zones sensibles et la lutte anti-érosive

1. Les zones sensibles à l'érosion hydrique ravinante

La superposition de la carte de l'érosion installée (fig. 24) et celle des pentes (fig.27a) a permis d'élaborer la carte des zones sensibles à l'érosion étudiée (fig.31).

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

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 l a 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.

3.8.2. La lutte anti-érosive

1. 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.

2. 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 ;

471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490



- 491• Stabiliser, faciliter la végétalisation et l'entretien des talus avec :
- 492 ✓ Des éperons drainants ;
 - 493 ✓ Des pentes en marches d'escalier ;
 - 494 ✓ Des banquettes de pied en masques drainants.
- 495• Raidir et conforter les pentes
- 496 ✓ Par remblais en terre renforcée ;
 - 497 ✓ Par soutènements rigides avec des murs-poids en béton.
- 498• Stopper ou dévier les ruissellements
- 499 ✓ Par terrasse d'absorption faible de 0,1 à 1 % ; ✓ Par terrasse de canalisation.
- 500• Évacuer les eaux concentrées
- 501 ✓ Par des collecteurs le long des ouvrages linéaires ;
 - 502 ✓ 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 ;
 - 503 ✓ 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)
- 504
505
506



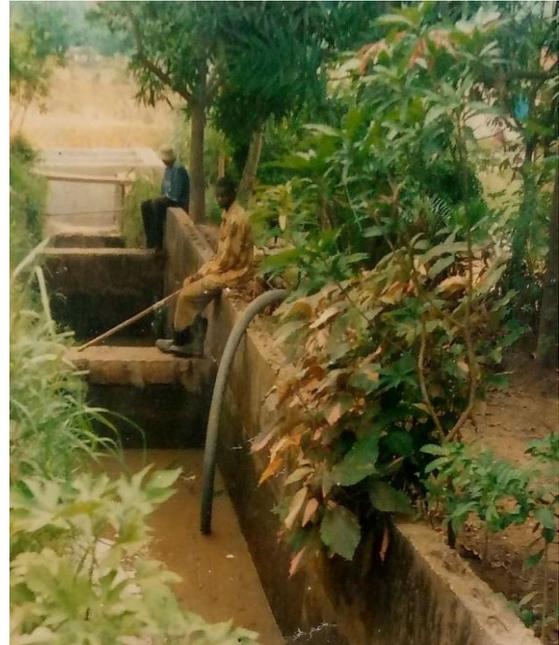
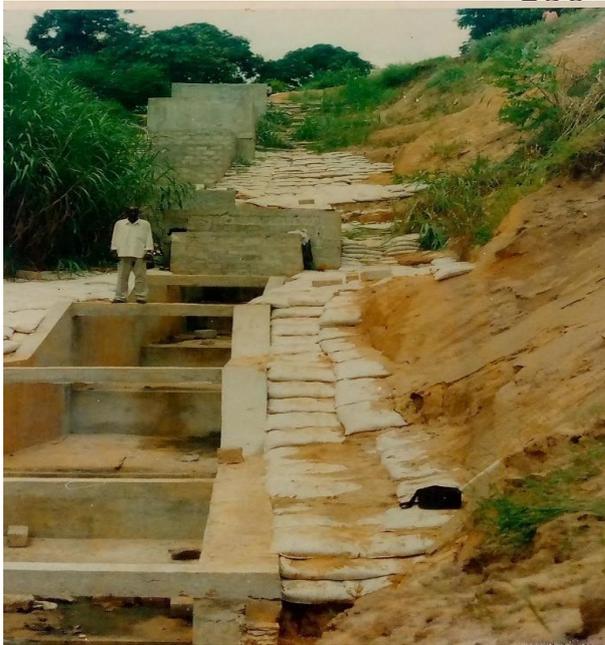
508

509

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

514
515 ➤ **Versant protégé par une végétation.**

516
517 Les collecteurs aussi construits en se basant sur la superficie du bassin versant, sur le coefficient de
518 ruissellement ainsi que sur l'intensité des pluies doivent disposer des avaloirs.
519



539

540
541 **Photo 15 et 16 :** Collecteur d'eau semblable à la photo 2, même système de protection d'ouvrage.
542 Remarquer la colonisation par de l'avaloir. Collecteur plein d'eau, boyau de pompage
543 plongeant dans l'eau.
544

- 545
546
547
548
549
550
551
552
- 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 ravinelements 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.

553 4. Discussion

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

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

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

562 Il est vrai que les facteurs génétiques qui influencent les phénomènes érosifs font maintenant
563 l'objet d'un consensus. Ils regroupent l'homme, le climat, la topographie et la nature du sol. Le climat
564 est certes le facteur causal et les autres sont des facteurs de conditionnement. Mais tout est accentué

565 par des interventions humaines. C'est donc dire que l'érosion ravinante est impuissante hors la
566 présence de l'homme et cette responsabilité se limite uniquement à des endroits capables de créer une
567 activité érosive. Le problème de la lutte contre l'érosion est loin d'être simple à traiter car, la question
568 soulevée dans ce travail n'est pas d'interdire au phénomène de se manifester mais seulement de le
569 freiner.

570 571 **Conclusion**

572 La détection de l'identifiant (linéaments hydrographiques, linéaments d'origine anthropique
573 majeurs et d'autres indices repères) a permis de prouver l'existence des phénomènes d'érosion
574 ravinante dans l'espace étudié. Cette information a été validée par les données de terrain. Sur le
575 terrain, même l'existence de l'érosion diffuse a également été prouvée ; car, visible par des dépôts des
576 sables dans les parcelles et sur les axes des circulations, et par des racines des arbres mises à nu.
577 L'ablation partielle des racines des arbres oscille entre les valeurs de 0,5 et 0,7 cm.

578 L'érosion ravinante précédemment détectée a été validée sur le terrain. Elle est constituée de
579 ravins aussi spectaculaires et destructeurs. Cette érosion s'opère d'une manière progressive jusqu'à
580 atteindre les surfaces topographiques non inclinées. Vingt-neuf (29) ravins ont été inventoriés
581 pendant dix ans, soit environ trois ravins par an. Ces ravins présentent des dimensions
582 variables.

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

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

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

601 602 603 604 605 **Références bibliographiques**

- 606 ▪ **ALONI K. et MITI, T. [2004]** : Ravinement dans la ville de Kinshasa face au changement
607 climatique et coût de la lutte antiérosive, in mangroves. Département des Sciences de la terre,
608 Fac. Sciences Unikin, p. 36-43.
- 609 ▪ **BONN F. et ROCHON P, [1992]** : Précis de Télédétection : Principes et Méthodes, vol.1,
610 Presse de l'Université du Québec/AUPELF-UREF, pp 301-316.
- 611 ▪ **BONN F., [1998]** : La spatialisation des modèles d'érosion des sols à l'aide de la télédétection
612 des S.I.G. ; possibilité, erreurs et limites. Sécheresse, pp. 185-192.
- 613 ▪ **MITI, F.T., ALONI, J.K., et KISANGALA M. [2004]** : Crise morphogénétique d'origine
614 anthropique dans le modelé du relief de Kinshasa, Bulletin du RGM vol. V. Tome 1, n°
615 spécial 2004, pp 1-12.
- 616 ▪ **MUYA, LUBILANJI [1984]** : Conservation de la nature et écologie du Parc National de
617 l'Upemba (P.N.U), Shaba-Zaire, de Aordrijkunde, pp. 45-55.

- 618
619
620
621
622
623
- **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.
 - **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.

624 **Comité de lecture**

- 625
626
627
628
629
630

631
632
633
634
635
1. **KISANGALA MOKE : Professeur à l'Université de Kinshasa**
modestekis@gmail.com
 2. **YINA NGUNGA : Professeur à l'Université de Kinshasa**
Didieryina20@gmail.com
 3. **TCHUIKOUA LOUIS BERNARD : Professeur à l'Ecole Nationale/Cameroun**
ibtchuikoua@gmail.com
 4. **DIANSAMBU ISAAC : Professeur à l'ERAIFT/Ecole Régionale**
i.diansambu@eraift-rdc.org