



LA DYNAMIQUE ÉROSIVE ET SES FACTEURS SUR LE LONG DE LA SECTION DJAMBALA-NGOULONKILA (AU CENTRE DE LA RÉPUBLIQUE DU CONGO)

Destin Gemard LOUBA¹ et Léonard SITOU²

¹-Doctorant Université Marien Nguabi (UMNG), Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH), Laboratoire de Géographie, Environnement et Aménagement (LAGEA), Brazzaville, République du Congo

²-Enseignant-Chercheur, Université Marien Nguabi (UMNG), Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH), Laboratoire de Géographie, Environnement et Aménagement (LAGEA), Brazzaville, République du Congo

Résumé: Reliant deux districts (Djambala et Lékana), la route Djambala-Ngoulonkila est menacée de coupure par l'érosion hydrique. La présente étude quantifie le phénomène et analyse ses principales causes. Elle est basée sur le cubage de trois ravins proches de la route et sur l'analyse au laboratoire de certaines variables du milieu. Les résultats montrent que le ravinement a atteint une longueur moyenne d'environ 210 mètres, avec un volume moyen de vide de 287407,79 m³ et une superficie de 264,76 m². Avec une densité apparente de 1,47 g/cm³, les pertes en terres sont évaluées à 422489.45333 tonnes. La texture est marquée par 89% de sables surtout grossier, plus de 5% de limons, 1,5% d'argiles et 0,33% de matière organique. L'absence ou presque des liants se traduit par des indices de battance inférieurs à 1,4, donc des sols non battants. Le milieu est cependant l'objet d'abondants ruissellements aggravés par des pentes dont les valeurs dépassent 30 %. La solution à ce problème est de maîtriser ces ruissellements par la mise en place d'un système de canalisation des eaux de pluie et des moyens antiérosifs.

Mots clés : Congo ; Djambala-Ngoulonkila ; érosion hydrique ; facteurs ; site fragile

Abstract: Linking two districts (Djambala and Lékana), the Djambala-Ngoulonkila road is threatened by water erosion. This study quantifies the phenomenon and analyses its main causes. It is based on the cubing of three gullies close to the road and on laboratory analysis of certain environmental variables. The results show that the gully reached an average length of around 210 metres, with an average void volume of 287407.79 m³ and a surface area of 264.76 m². With an apparent density of 1.47 g/cm³, soil losses are estimated at 422489.45333 tonnes. Texture is marked by 89% mainly coarse sand, over 5% silt, 1.5% clay and 0.33% organic matter. The absence or near-absence of binders is reflected in capping indices of less than 1.4, i.e. soils that are not capping. However, the environment is subject to abundant runoff, aggravated by slopes in excess of 30%. The solution to this

problem is to control runoff by installing a rainwater channelling system and anti-erosion measures.

Keywords : Congo ; Djambala-Ngoulonkila ; water erosion ; factors ; fragile site

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.12738300>

1. Introduction

Le développement socio-économique d'un espace ou d'une localité donné dépend en partie de la route. Elle constitue un levier qui participe activement dans l'essor de plusieurs activités dans tous les milieux qu'elle traverse, surtout ruraux. Mais, sa dégradation représente l'une des grandes préoccupations surtout dans les pays en développement où, la situation évolue dangereusement année après année. C'est dans ce sens qu'un intérêt particulier a été accordé sur son étude par plusieurs chercheurs pour en desceller les problèmes et attirer l'attention des autorités compétentes pour arrêter le problème. Les quelques travaux menés récemment par S. ASSOUNGA OBELANDO & L. SITOU (2022) ; B. A. MAYIMA, P. M. J. NGAZZI & L. SITOU (2021) et I. A. W. M'BOUKA MILANDOU, 2019 au Congo, incriminent l'érosion hydrique comme problème majeur de la dégradation des routes rurales depuis un certain temps. C'est le cas des sous-préfectures de Djambala et Lékana qui, depuis plusieurs années, leurs routes sont devenues le théâtre des activités érosives. Prenant origine à quelques mètres des routes, de part et d'autre, le long de leur tracé, l'érosion hydrique qui évolue parfois sous-forme régressive ou longitudinale se développe à un moment donné brutalement pour atteindre les routes en un temps record, faisant d'elle le phénomène naturel de la zone qui a le plus de responsabilité non seulement dans la dégradation des routes, mais aussi de l'environnement. C'est à ce titre que nous nous sommes intéressés sur l'étude de la route nationale numéro 8 (RN8) qui relie le district de Djambala à celui de Lékana, qui est actuellement en proie aux crises érosives, à l'origine de sa dégradation. Notre travail qui s'articule après cette introduction, autour de la présentation du cadre général de la zone d'étude, de la description de la méthodologie d'approche, de la présentation et discussion des résultats, vise principalement l'évaluation de la dynamique érosive et des facteurs jouant en sa faveur.

2. Le cadre general de la zone d'étude

La section Djambala-Ngoulonkila est une partie de la RN8 (153 km, Djambala-Mont Ntali) qui relie le district de Djambala au village Ngoulonkila (fig. 1). Cette section est longue de 30 km et est partagée entre le district de Djambala et de Lékana. La zone d'étude couvre une superficie de 3000 hectares et la route qui la traverse représente un enjeu auquel une attention particulière est portée à cause des menaces d'érosion qui se manifestent autour d'elle.

Ce tronçon routier traverse deux plateaux, celui de Djambala et de Koukouya dont le point le plus élevé se situe à 860 mètres d'altitude. Les deux plateaux sont disséqués par une vallée humide, drainée par la plus puissante des rivières de la zone d'étude, la Mpama. C'est cette vallée aux versants redressés que la plus grande partie de la route étudiée traverse. Les formations géologiques qui affleurent sur cette zone appartiennent à la série des Plateaux Batéké, série qui date du Tertiaire et composée de deux couches superposées. La couche de base (Ba₁) est constituée de grès polymorphes qui sont des grès tendres avec des grains fins et réguliers dont la puissance varie entre 50 et 300 mètres environ (Schwartz D., 1988, p 15). Cette dernière est surmontée par un niveau supérieur (Ba₂), qui est une couche sommitale de

la série, constituée de limons, de sables et d'argiles peu cohérents et de couleur ocre (CERAPE-Sofreco, 2012, p 20). Son épaisseur variable ne dépasse pas 40 mètres sur les plateaux de Djambala et Koukouya. Ces formations géologiques sont matelassées, sur leur majeure partie, par les sols ferrallitiques. La nature sableuse, ou sablo-argileuse de ces formations géologiques, en fait des sols légers, à bonne porosité, et perméables, mais très sensibles à l'érosion.

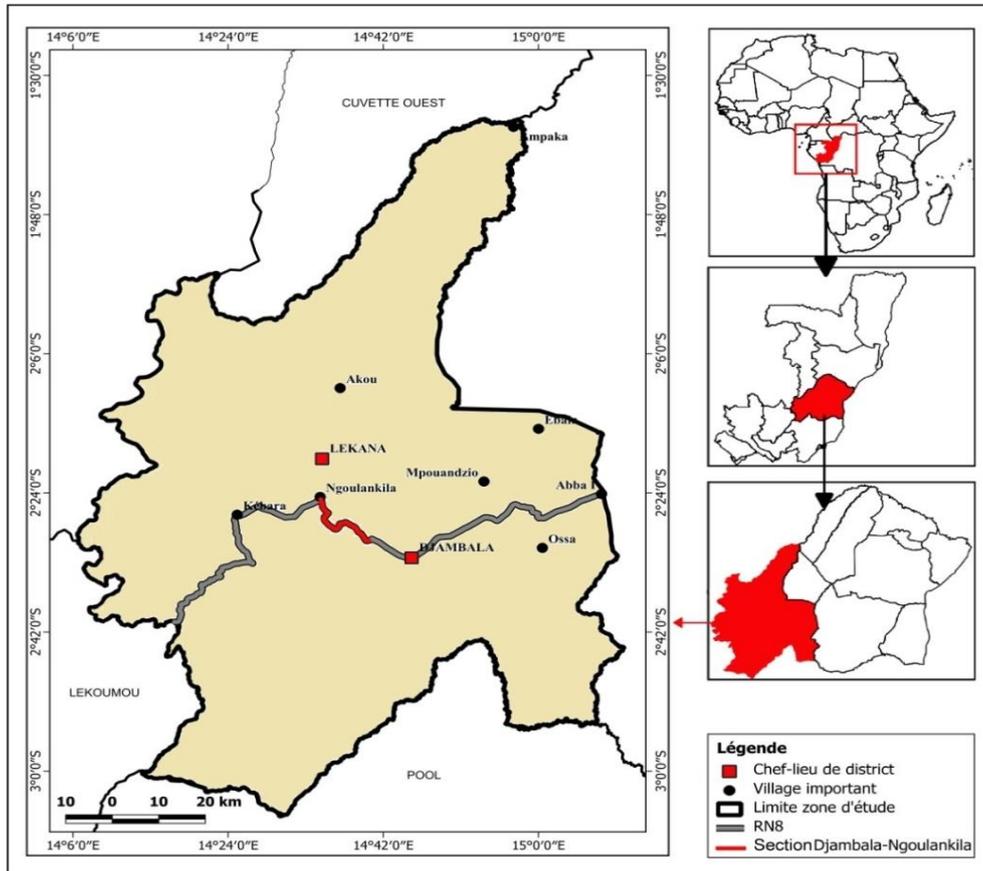


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Source : Réalisée par les auteurs

Le climat est du domaine subéquatorial, caractérisé par une saison des pluies qui dure neuf (9) mois, de septembre à mai, contre trois (3) mois de saison sèche qui couvre Juin-juillet-août (Figure 2). Cette saison sèche est relativement courte et de plus, n'est pas absolue par le fait qu'on enregistre durant ces trois mois quelques averses. En effet, les trois mois (JJA) qui la représentent, ont enregistré en moyenne plus de 70 mm d'eau par an soit près de 4% des pluies annuelles entre 2005 et 2022 (Figure 2). La saison des pluies est caractérisée par un régime pluviométrique de type bimodal (Figure 2) et le volume annuel oscille entre 1400 et 2500 mm d'eau par an (Atlas, 2001, p 18). La pluviométrie est aussi marquée par une succession remarquable de pluies dépassant souvent six jours successifs et des intensités qui avoisinent ou atteignent souvent 0,4 mm / mn qui est considérée comme l'intensité des pluies agressives. Une période de fléchissement des pluies est observée entre janvier et février, qualifié à tort de petite saison sèche (J. M. Samba-Kimbata, 1978). La température moyenne de la zone est de 23 °C avec une amplitude thermique annuelle ne dépassant pas 2 °C.

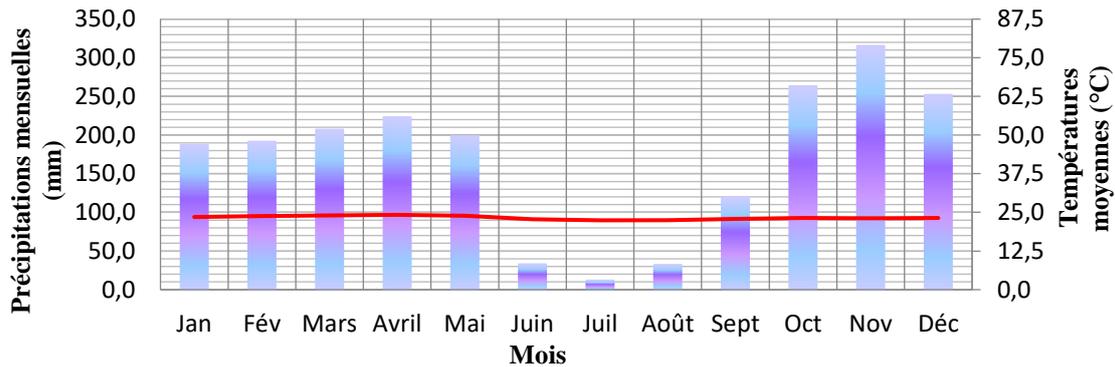


Figure 2 : Diagramme Ombrothermique de la station de Djambala (2005-2022)

Source: Réalisé par les auteurs avec les données récoltées à l'ANAC

La prédominance d'une savane essentiellement arbustive et herbacée et la pauvreté en formations forestières (Descoings, 1975, p 109) rendent particulier le paysage végétal de la zone d'étude. Ces formations végétales subissent très souvent les effets des actions humaines. La rivière Mpama est le cours d'eau le plus important qui draine cette zone.

3. Les instruments d'étude et la démarche méthodologique

L'approche méthodologique adoptée dans cette étude s'articule autour de quatre principales étapes : l'analyse documentaire ; les travaux de terrain, et les analyses de laboratoire et le traitement des données.

3.1. L'analyse documentaire

L'analyse documentaire a porté sur la consultation des travaux de recherche traitant de l'érosion hydrique en général et de la dégradation des routes par l'érosion hydrique en particulier. Ce qui nous a permis de rassembler des informations aussi bien qualitatives que quantitatives sur cette problématique de l'érosion hydrique et sur les caractéristiques de la zone d'étude. Elle nous a aussi permis de collecter les données sur le climat à l'Agence Nationale de l'Aviation Civile de Brazzaville (ANAC) ; données d'une grande importance car, grâce à elles, nous avons apprécié l'agressivité du climat vis-à-vis du sol de la zone d'étude. Les données qui ont été utilisées sont les données pluviométriques et thermiques de la période allant de 2005 à 2022.

3.2. Les travaux de terrain

Le travail de terrain a porté sur l'analyse des unités géomorphologiques traversées par la route, l'échantillonnage des formations géologiques pour leur étude au laboratoire, la quantification de l'érosion et l'enregistrement des coordonnées à l'aide d'un GPS. Grâce au géoréférencement nous avons pu situer les points des différents ravins cubés et délimiter la zone de la section concernée par l'étude.

La quantification de l'érosion a consisté à cuber quelques formes majeures. La méthode utilisée est celle de la FAO, (2007, p 13) qui consiste à découper les ravinements en section en tenant compte des formes géométriques qu'ils présentent dans l'espace afin de faciliter les mesures. Deux formes géométriques ont été identifiées sur le terrain. Il s'agit des formes en triangle et en trapèze (figures 3 et 4). L'objectif du cubage était de déterminer les volumes des vides et les pertes en terres engendrées. Pour se faire, plusieurs variables ont été mesurées sur le terrain pour chaque ravin. Il s'agit de la largeur moyenne (w), de la profondeur moyenne (d) et de la longueur (L).

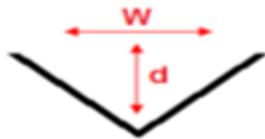
3.3. Les analyses de laboratoire

Elles ont été effectuées dans laboratoire de Chimie analytique d'IRSEN de Pointe-Noire. Elles ont porté sur la granulométrie réalisée par la méthode de tamisage. Dans le même laboratoire, a aussi été réalisé le dosage de la matière organique (MO) par la méthode de perte au feu (PAF).

3.4. Le traitement et analyse des données

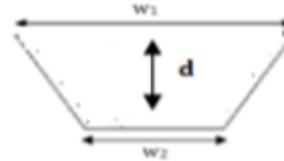
3.4.1. La quantification de l'érosion

Pour déterminer les volumes des vides engendrés par les ravins et les pertes en terres y relatives, les données des variables suivantes mesurées sur le terrain ont été utilisées : la largeur moyenne (w), la longueur (L) et la profondeur moyenne (d). Les formules utilisées pour les différentes formes se présentent comme suit :



Aire d'une section : $A = \frac{w \times d}{2}$
 Calcul du volume du vide : $V = \sum A \times L$ ou $V = (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n) \times L$
 Où W : largeur moyenne supérieure (m) ; d : profondeur (m) ; A : aire (m²).

Figure 3 : Coupe d'un ravinement triangulaire



Aire d'une section : $A = \frac{(w_1 + w_2) \times d}{2}$
 W_1 : largeur moyenne supérieure (m) ; W_2 : largeur moyenne de la base (m) ;
 d : profondeur (m) ; A : aire (m²).
 Avec : $V = (A_1 + A_2 + \dots + A_n) \times L$

Figure 4 : Coupe d'un ravinement trapézoïdal

3.4.2. L'évaluation de la sensibilité des sols

La sensibilité des sols a été évaluée à travers l'érodibilité des sols, l'indice de battance, et l'inclinaison des versants.

- **L'érodibilité des sols**

La sensibilité des sols évaluée sur la section de la route étudiée a porté d'abord sur l'indice d'érodibilité des sols qui a été déterminé grâce à l'application de l'équation de régression de W.H. WISCHMEIER et al., (1971) :

$$100K = 2,1 \cdot 10^{-4} \times M^{1,4} (12 - MO) + 3,25(b - 2) + 2,5(c - 3)$$

M est le facteur granulométrique qui est déterminé par la formule suivante :

$$M = [Sable\ fin(\%) + Limon(\%)] \times [100 - Argile(\%)]$$

Avec MO : matière organique (%) ; b : code de structure de sol ;

c : code de perméabilité de sol

Par ailleurs, le calcul de cet indice n'a été qu'une étape, car il a fallu au préalable procéder aux analyses de la structure et de la texture des sols de la zone d'étude, afin de déterminer les classes et les codes structuraux et texturaux qui correspondent, sans lesquels, l'application de l'équation de régression de W.H. WISCHMEIER et al., (1971) serait impossible pour le calcul de l'érodibilité des sols.

A cet effet, les échantillons prélevés sur les parois des ravins ont subi un test dans l'eau pour apprécier leur résistance. Le principe de ce test consiste à déposer les agrégats dans un verre rempli d'eau, puis laisser reposer. Si après 2 minutes l'agrégat ne s'est pas effondré, remuer

doucement le verre en un mouvement circulaire à l'aide du poignet. A l'issue de l'exercice, les résultats et les conclusions peuvent se présenter comme suit :

- si les agrégats demeurent en place, c'est qu'il y a une forte cohésion et l'édifice est stable. La structure est alors dite forte, compacte ou massive (particules prises en masse, d'un seul bloc) ;
- si les agrégats présentent des fissurations, on parle plutôt de structure modérée, grumeleuse ou fragmentaire (le sol s'organise en une hiérarchie d'agrégats) ;
- si les agrégats s'effondrent ou n'existent plus, il y a peu ou aucune cohésion entre les particules. La structure est donc faible, particulaire ou sans structure.

A la fin de l'opération, les résultats obtenus ont été analysés en tenant compte de la classification de L. BELLON, 2009, p 14, (tableau 1) qui attribue un code selon la structure des sols.

Tableau 1 : Classification des codes par structures de sols

Code (b)	Structure du sol
1	Très fine
2	Fine
3	Moyenne ou grossière
4	Massive

Source : L. BELLON, 2009

Les résultats issus de l'application de l'équation de régression de W.H. WISCHMEIER et al., équation indiquée plus haut, ont par la suite été analysés à partir du tableau de A. BOLLINNE & P. ROUSSEAU, 1978, (tableau 2), qui est le tableau de classification des valeurs de K face à l'érosion.

Tableau 2: Classe d'indice d'érodibilité et sensibilité des sols à l'érosion hydrique (K)

Perméabilité		Typologie du sol	Nature du sol	Aptitude à l'infiltration
m/s	mm/h			
$K < 10^{-5}$	$K < 4$	Sol très peu perméable	Argile	Nul
$10^{-5} < K < 3 \cdot 10^{-5}$	$4 < K < 11$	Sol peu perméable	Sol argileux	Mauvais
$3 \cdot 10^{-5} < K < 10^{-4}$	$11 < K < 36$	Sol de perméabilité médiocre	Sol limoneux	Faible
$10^{-4} < K < 2 \cdot 10^{-4}$	$36 < K < 72$	Sol assez perméable	Sable très fin	Bonne
$2 \cdot 10^{-4} < K < 5 \cdot 10^{-4}$	$72 < K < 180$	Sol perméable	Sable fin	
$K > 5 \cdot 10^{-4}$	$K > 180$	Sol très perméable	Sable moyen	Très bonne

Source: A. BOLLINNE & ROUSSEAU, (1978), p 7.

• **Le calcul de l'indice de battance (IB)**

L'indice de Battance (IB) permet d'apprécier la capacité des sols à favoriser la formation de la croûte de battance qui favorise les ruissellements au détriment des infiltrations. L'indice de Battance a été calculé à partir des données granulométriques obtenues au laboratoire et avec la formule suivante utilisée par O. ANCELIN et al., 2008, p. 10 :

$$IB = \frac{1,5 \times (\% \text{Limon fins}) + 0,75 \times (\% \text{Limon grossiers})}{\% \text{Argiles} + (10 \times \% \text{Matière organique})}$$

Cet indice a été obtenu sur deux échantillons prélevés à 50 cm sur les parois des ravins RAV 2 et RAV 3 et les résultats ont été analysés en tenant compte de la classification utilisée par O. ANCELIN & al., (2008, p. 10) :

Tableau 3 : Classe des indices de battance

Description	Risque de battance (IB)
IB > 2	sol très battant
1,8 < IB < 2	sol battant
1,6 < IB < 1,8	sol assez battant
1,4 < IB < 1,6	sol peu battant
IB < 1,4	sol non battant

Source : O. ANCELIN & al., 2008

- **Le facteur LS**

Les pentes ont été dérivées des courbes de niveau puis regroupées en classes. La détermination de leur valeur dans la zone d'étude à travers une cartographie a été réalisée à partir du Modèle Numérique du Terrain (MNT). Le principe a consisté à télécharger dans le logiciel Google Earthpro Explore, la scène SRTM 2020 géoréférencée, avec une résolution de 30 m. Cette dernière était ensuite générée en MNT, dont le traitement numérique à base du logiciel QGIS 3.20 avait permis d'obtenir des classes de pentes.

4. La présentation des résultats

4.1. La dynamique érosive

Les observations de terrain nous ont permis de noter une forte activité morphodynamique matérialisée par plusieurs grands ravins actifs. De tous ces ravins, trois ont été cubés. Les deux premiers se rapprochent de la route étudiée et le troisième est déjà en train de la détruire (tableau 3, photos 1, 2, 3, 5 et 6). Les trois représentent un danger majeur pour cet axe routier.

Tableau 4 : Formes des ravins et leurs distances de la route

Ravins	Distance à la route	Forme	Coord. géographiques
RAV1	18 mètres	Triangle	Long. : 14,671840 ; Lat.: -2,502341
RAV2	70 mètres	Trapèze	Long. : 14,658738 ; Lat.: -2,488650
RAV3	Sur la route	Triangle	Long. : 14°40'24,68''E ; Lat.: 2°29'50,55''S

Selon quelques témoignages recueillis sur le terrain, les débuts des deux premiers ravins ne sont pas connus alors que le troisième (RAV3) remonte aux années 2020-2021. Les deux premiers étaient des formes déjà figées qui ont été redynamisées pendant la période de la municipalisation accélérée dans les plateaux. En effet, la municipalisation accélérée a favorisé la reprise des activités érosives sur cette partie de la RN8, redynamisant les formes figées et déclenchant de nouvelles formes parmi lesquelles notre troisième forme (Rav 3). La municipalisation accélérée est une politique initiée par le gouvernement congolais. Elle consistait à célébrer la fête de l'indépendance, de façon tournante dans tous les départements. A cette occasion, le département abritant l'événement était doté d'infrastructures et services de base (édifices publics, hôpitaux, écoles, voiries urbaines modernes et routes départementales et nationales, etc.). Les routes existantes ont ipso facto été réaménagées et ce sont les travaux de réhabilitation entrepris sur cette route qui ont été l'élément déclencheur de l'activité érosive dans cette zone.

Comme on peut le constater sur les photos de la planche 1, ces ravins ont déjà atteint des niveaux fort inquiétants et demeurent très dynamiques. La longueur moyenne de ces trois ravins fait environ 210 mètres, avec un volume moyen de vide de 287407,79 m³ et une superficie moyenne de 264,76 m². Avec une densité apparente de 1,47 g/cm³, la quantité des terres perdue est évaluée à 422489.45333 tonnes (tableau 6). Le RAV2 est transversal à la

route qu'il menace de couper. Les deux autres (RAV1 et RAV3) longent la route qu'ils grignotent latéralement en la rétrécissant (Photo 3 planche 1).

Planche 1 : Caractéristiques des trois ravins en étude.



Photo 1 : Ravin 1 à 18 mètres de la chaussée ; **Photo 2 :** Ravin 2 à 70 mètres de la chaussée ;
Photo 3 : Ravin 3 coupant plus de la moitié de la chaussée ;
Photo 4 : Ensablement sur une grande partie de la chaussée

Les dégâts occasionnés par ces ravineurs régressifs sont donc énormes. Au-delà des vides laissés et des volumes énormes des terres emportées, certains ont occasionné la coupure de la section, sur la montée du versant de la Mpama en allant vers Ngoulonkila.

Planche 2 : Images satellitales des ravins au bord de la section Djambala-Ngoulonkila



Photo 5 : Emplacement du ravin 1 par rapport à la route ; **Photo 6 :** Emplacement du ravin 2 par rapport à la route

Tableau 5 : Dimensions et pertes en terres des ravins le long de la section Djambala-Ngoulonkila

Ravins	Longueur (m)	Largeur moy. (m)	Surface (m ²)	Profond. moy. (m)	Volume (m ³)	Densité Apparente (g/cm ³)	Pertes en terres (t)
RAV1	121,62	17,38	238,8	8,12	29040,4236	1,47	42689,42269
RAV2	470,04	27,38	513,5	11,4	241371,6505	1,47	354816,3263
RAV3	37	12	42	7	591811,3	1,47	869962,611
Moyenne	209,55	18,92	264,76	8,85	287407,79	1,47	422489.45333

D'autres dégâts sont observés en aval, sur les lieux de sédimentation. En effet, une grande partie des terres arrachées sur les versants, transportées par le ruissellement est déposée sur la

route (photo 4) sur une grande superficie, à quelques mètres du pont de la Mpama. Transportés parfois sous forme de coulées boueuses, ces sédiments ensevelissent et détruisent également les plantations situées dans les bas-fonds. Les phénomènes d'épandage et les coupures de routes impactent négativement sur les activités de la population. Les ensablements immobilisent parfois les échanges pendant des heures. Ce dynamisme érosif s'explique par la combinaison de plusieurs facteurs.

4.2. Les facteurs de cette dynamique

L'évolution des ravins dans la zone d'étude est liée à plusieurs facteurs tant naturels qu'humains. Cette étude a porté essentiellement sur quelques facteurs naturels. Outre l'agressivité pluviométrique dont les principaux paramètres ont été présentés dans le cadre général, les facteurs naturels qui contrôlent cette érosion sont liés à la sensibilité du cadre géomorphologique.

4.2.1. La sensibilité du cadre géomorphologique

La sensibilité du cadre géomorphologique est liée principalement à la texture des sols, des et à la présence des pentes favorables aux ruissellements.

4.2.1.1. La texture des formations superficielles

La sensibilité des sols de la zone d'étude est d'abord liée à leur texture à dominance sableuse (Tableau 7 et figure 6). Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés sur les parois des ravins, indiquent une large domination des sables avec une moyenne d'un peu plus de 89%, soit plus de 70% de sables grossiers et près de 19% de sables fins. Les limons représentent un peu plus de 5%. Les argiles et la matière organique sont presque inexistantes avec respectivement 1,50% et 0,31%. Ce qui indique un manque notoire de liants et donc de cohésion dans les sols.

Tableau 6 : Texture, matière organique et humidité des sols au bord des ravins.

Site	Profondeur	Texture (%)					M.O (%)	H (%)
		Sables (%)		Limons (%)		Arg. (%)		
		SF	SG	LF	LG	A		
RAV2	50 cm	18,36	74,88	0,5	3,87	0,00	0,2	1,5
	100 cm	16,46	73,54	0,5	5,64	0,00	0,53	1,89
	200 cm	15,52	78,26	0,5	2,77	0,00	0,3	0,73
RAV3	50 cm	23,8	58,68	2,5	5,2	4	0,35	4,05
	100 cm	24,5	58,15	2,5	2,89	4,5	0,37	6,17
	200 cm	13,87	79,12	0	4	0,5	0,12	1,64
Moyennes Spécifiques (%)		18,75	70,44	1,08	4,06	1,50	0,31	2,66
Totaux moyens (%)		89,19		5,15		1,50	0,31	2,66

Tableau 7 : Moyenne des textures des sols des deux sites réévalués

Texture	Sables	Limons	Argile	Totaux%
Moyennes des textures obtenues au laboratoire	89,19	5,15	1,50	95,84
Moyennes des textures réévaluées	93,1	5,4	1,5	100

La confirmation de la nature sableuse des formations superficielles à travers le triangle textural (Figure 6), nous a permis de déterminer la perméabilité des sols à partir du tableau 8

de Rwals et al. (1982). Cette texture est un indice d'une grande affouillabilité des formations superficielles. La sensibilité des sols de la zone d'étude se traduit néanmoins par une assez faible érodibilité (tableau 8)

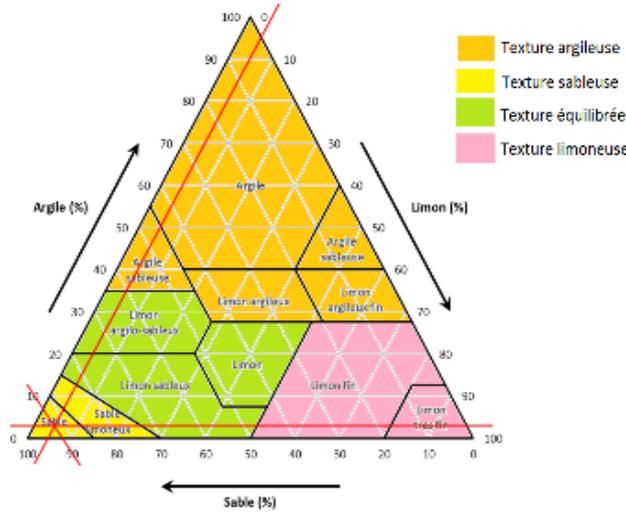


Figure 3 : Triangle des textures des sols des sites de prélèvement

Tableau 8 : Valeur d'indice d'érodibilité des 2 ravins

Sites d'échantillonnage	M ^{1,14} (moyenne)	MO%	b	c	Indice d'érodibilité (K) t.ha.h/ha.Mj.mm
RAV 2	6251,398083	0,34	2	1	K = 0,10
RAV 3	7936,247344	0,28			K = 0,14

En effet, les résultats de l'évaluation de l'indice d'érodibilité sont respectivement de 0,10 t.ha.h/ha.Mj.mm et 0,14 t.ha.h/ha.Mj.mm pour les deux ravins. Ce qui indique des sols assez résistants à l'érosion, selon la classification de A. BOLLINNE & P. ROUSSEAU (1978). Ce résultat contraste avec celui de l'indice de battance. En effet, en dehors de l'échantillon de l'horizon superficiel de la paroi du ravin 2 dont l'indice de battance (IB) est inférieur à 2 et indique des sols battants favorables aux ruissellements, les autres échantillons indiquent des sols non battants (tableau 9), qui influent positivement sur les infiltrations au détriment des ruissellements.

Tableau 9 : Indice de battance des sites à partir de leur texture

Sites d'échantillonnage	Profondeur	LF (%)	LG (%)	A (%)	MO (%)	IB	Observation
RAV. 2	50 cm	0,50	3,87	0,00	0,2	IB = 1.82 < 2	Sol battant
	100 cm	0,5	5,64	0,00	0,53	IB = 0.93 < 1.4	sol non battant
RAV. 3	50 cm	2,5	5,2	4	0,35	IB = 1.02 < 1,4	sol non battant
	100 cm	2,5	2,89	4,5	0,37	IB = 0.72 < 1,4	sol non battant

Notes : LF : limons fins ; LG : limons grossiers ; A : Argiles ; MO : Matières Organiques et IB : Indice de Battance

4.2.1.2. La topographie favorable à l'érosion

La sensibilité du cadre physique est également liée à la présence des pentes favorables aux ruissellements. En effet, la section Djambala-Ngoulonkila traverse une zone vallonnée. Elle

est tantôt une route d'interfluve, traversant les sommets de collines, tantôt en position de terrasses. Comme on peut le noter sur la figure 7 ci-dessous, elle est construite sur les versants inclinés, dont les valeurs des pentes atteignent souvent ou dépassent parfois les 30% à plusieurs endroits le long de la route.

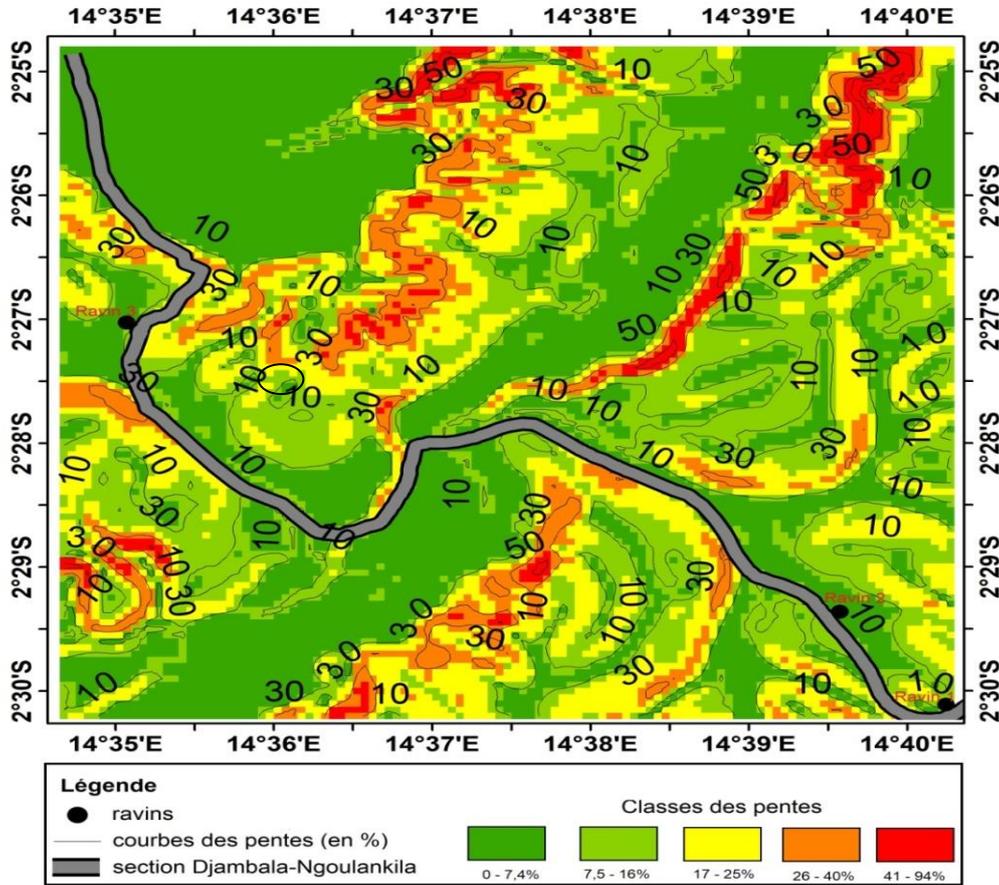


Figure 4 : Classe des pentes de la zone traversée par la section route étudiée.

Source : Réalisée par les auteurs

La présence de ces surfaces inclinées justifie la force des ruissellements responsables des phénomènes de ravinement observés sur le terrain car, il est admis que la pente est l'un des paramètres topographiques essentiel dans la dynamique érosive. En effet, sur les versants inclinés, les agents de transport que sont les ruissellements acquièrent une énergie suffisante pour détacher les sédiments de la surface du sol.

5. La discussion des résultats

La section Djambala-Ngoulankila qui a fait l'objet de cette étude est aujourd'hui affectée par une intense érosion hydrique qui menace son existence.

Cette dynamique érosive qui se traduit par d'énormes volumes de vides créés, de pertes en terres et d'autres conséquences, est observée dans plusieurs départements du pays. R. NGATSE, L. SITOU et I.W.A. M'BOUKA MILANDOU, 2017, p 108, l'ont mise en évidence dans le bassin versant de la Djiri dans la périphérie nord de Brazzaville où le volume de vide créé a été évalué à environ 10.000 m³. C'est le cas aussi de I.W.A. M'BOUKA MILANDOU, (2019, p. 156 à 163) qui a abordé la même thématique dans le district de Goma Tsé-Tsé, dans le Département du Pool. Outre les mêmes conséquences évoquées ici, il décrit

des phénomènes de sédimentation qui sont à l'origine de la pollution des rivières par l'augmentation de la turbidité et le rétrécissement de leur lit mineur.

Cette dynamique érosive doit son explication à une conjugaison de nombreux paramètres. La sensibilité du cadre physique matérialisée par la texture globalement sableuse des formations superficielles, avec un manque de cohésion lié à l'absence ou presque de liants, et par la présence quasi généralisée des pentes favorables aux ruissellements sont les principaux paramètres mis en évidence dans cette étude. S. OBELANDO ASSOUNGA et L. SITOU (2022, p. 167 et 168) qui ont mené la même étude sur le tronçon Kouya - Alleme dans le district d'Ewo, dans le département de la cuvette, ont de même évoqué la texture des formations géologiques à dominance sableuse, avec des taux moyens de sables qui dépassent les 85% et les pentes pouvant atteindre et dépasser 25%. Ils ont aussi indiqué que ces propriétés physiques confèrent aux formations géologiques de cette zone une érodibilité moyenne avec un indice K qui varie entre 0,26 et 0,33 t.ha/h/ha.MJ., alors que l'indice calculé avec les données de la zone d'étude qui varie entre 0,10 et 0,14 t.ha/h/ha.MJ. et qui indiquent des sols assez résistants à l'érosion est proche de ceux trouvés par A. YAMÉOGO et al., 2021, p 304, dans le bassin versant supérieur de la Sissili, au Burkina Faso qui varient entre 0,13 et 0,21 t.ha/ha/ha.MJ.mm). La pente fait partie des paramètres naturels dont le rôle dans l'accélération de l'érosion est très étudié. R. P. C. MORGAN (2005, p. 435) a indiqué que l'inclinaison accentue la vitesse et la force des ruissellements et les transports des solides croissent de façon exponentielle avec le pourcentage de la pente. L. SITOU, R. NGATSE et M. BAVEDILA (2022, p 294) sont arrivés à des résultats similaires à Pointe-Noire, dans le quartier Tchali. F. LAUBIER et al. (2001), cité par D. G. LOUBA (2018, p 43) ont établi les rapports suivants entre la pente et l'érosion : 0-1 % : pas de ruissellement et pas d'érosion ; 1 – 3 % : ruissellement diffus avec une érosion diffuse et formation des rigoles ; 3 – 5 % ruissellement concentré et érosion avec ravinement et plus de 5 % ruissellement concentré avec de très forte érosion par ravinement profond.

6. Conclusion

Long d'environ 30 km, la route Djambala-Ngoulonkila est aujourd'hui l'objet d'une intense activité érosive matérialisée par un ravinement qui la menace de coupure. Les trois ravins qui ont été quantifiés ici et qui illustrent bien ce phénomène atteignent aujourd'hui une longueur moyenne de près de 210 mètres et 287407,79 m³ de volume de vide créé, ainsi que 422489,45 tonnes de terres perdues. Cette dynamique est d'autant préoccupante que le RAV 3 a déjà atteint la route qui est presque à moitié découpée. La structure particulière des sols liée à la texture essentiellement sableuse dont le taux est de 89% avec un peu plus de 5% de limons, l'absence ou presque des liants, notamment des argiles et de la matière organique qui ont respectivement 1,5 et 0,35% ainsi que la topographie vallonnée présentant des versants dont l'inclinaison est supérieure à 30% à certains endroits sont autant de variables qui confèrent au milieu une sensibilité notoire qui justifient cette dynamique érosive. Cette texture se traduit par des sols non battants avec des indices de battance inférieurs à 1,4 favorables aux infiltrations. Et pourtant la zone d'étude est l'objet d'abondants ruissellements comme en témoigne l'existence des ravinements étudiés dans ce travail... Ces ruissellements sont sans doute l'œuvre de l'intensité des pluies et de l'absence du système de drainage des eaux de pluies. La route imperméabilisée par les passages obligés et répétés des véhicules permet la formation des ruissellements qui, faute de système de drainage se déversent sur les surfaces inclinées qui bordent la route. La solution à cet épineux problème réside non seulement dans la maîtrise des ruissellements qui se forment sur la route mais aussi à la mise en place des aménagements antiérosifs devant protéger la route. Ainsi, analyser la résilience des

populations afin de réfléchir sur les stratégies de leur sensibilisation et formation, constitue la principale perspective de cette étude.

REFERENCES

ANCELIN Olivier, DURANEL Jacques, DUPARQUE Annie, Dessigny Christian et Fleutry Laurent, 2008, *Sols et matières organiques*, Mémento, Agro-Transfert R & T et Chambres d'Agriculture de Picardie-2007, 52 p.

Atlas de l'Afrique (Congo), 2001, Les éditions Jeune Afrique, 2ème édition, Paris-France, 76 p.

BELLON Loic, 2009, *Développement sous logiciel libre ® d'outils générique d'estimation et spatialisé de l'érosion hydrique des sols*. Rapport de stage IRD – Unité ESPACE 140.IRD (Nouméa) – Univ. de la Nouvelle Calédonie – CRISP. 27 p.

BOLLINE Arthure, ROUSSEAU Pierre, 1978, « Erodibilité des sols de moyenne et haute Belgique. Utilisation d'une méthode de calcul du facteur K de l'équation universelle de perte en terre ». Bull.Soc.Géogr. de Liège, 14,4 : 127- 140.

BROWN, Robert B., 2003, *Soil texture. Soil and Water Science Department*, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Fact Sheet SL 29, 8 p.

CERAPE-Sofreco, 2012, *Etude su Secteur Agricole, République du Congo, Plan de développement du Secteur Agricole – PDSA Nationa*, Brazzaville, 135 pages.

DESCOINGS Bernard, 1975, « Les grandes régions naturelles du Congo », Candollea, Genève, 3D, 91-120.

FAO, 2007, *Manuel d'évaluation locale de la dégradation des terres dans les zones sèches* (version traduite), 66 p.

LOUBA Destin Gemard (2018), *Etude de la vulnérabilité du site de Talangai face aux risques naturels d'ordre géomorphologique*, Mémoire de Master, Université Marien NGOUABI, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FASH), Brazzaville, 81 p.

M'BOUKA MILANDOU Idriss Auguste Williams, 2019, *Etude de la dégradation des routes en terre, par l'érosion hydrique, en milieu rural: cas de la sous-préfecture de Goma Tsé-Tsé (sud du Congo)*, Thèse de Doctorat de l'Université MARIEN NGOUABI, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Formation Doctorale de Géographie, Brazzaville, 372 pages.

MAYIMA Brice Anicet, M'BOUKA MILANDOU Idriss Auguste Williams & SITOU Léonard, 2019, « Occupation des sols et dégradation environnementale, par l'érosion hydrique, dans la commune urbaine de Kintélé (République du Congo): Diagnostique et proposition des solutions de lutte », Revue Marocaine de Géomorphologie. N°3, pp. 93- 111.

MAYIMA Brice Anicet, NGAZZI Paul Miki Junior et SITOU Léonard, 2019, «Etude des facteurs de risques de dégradation par l'érosion hydrique du tronçon routier Dolisie/Pointe-Noire au sud du Congo-Brazzaville et évaluation des aménagements antiérosifs», European Scientific Journal, Vol.15, pp. 121 – 138.

MORGAN Royson Philip Charles (2005): « Soil Erosion and Conservation » in: 3rd ed.; Blackwell Publishing Ltd.: Oxford, UK. 57. p. 426–445.

NGATSE René, SITOU Léonard, M'BOUKA MILANDOU Idriss Auguste Williams, 2017, « L'érosion hydrique dans le bassin versant de la Djiri au nord de Brazzaville (République du Congo) : analyse et quantification », Revue Marocaine de Géomorphologie. N°1, pp 95- 112.

OBELANDO ASSOUNGA Schistel et SITOU Léonard, 2022, « Etude de la vulnérabilité aux risques d'érosion hydrique de la route nationale n° 10 (RN10), tronçon Kouya - Alleme dans le district d'Ewo (République du Congo) », DaloGéo, revue scientifique spécialisée en Géographie, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte-d'Ivoire), numéro 007, décembre 2022, pp.158-176.

RWALS W., BRAKENSIEK D., Saxton K.E., 1982, « Estimating Soil Water Retention from Soil Properties » J. Irrig. Drain. Eng. 108 (IR2): 166-171.

SAMBA-KIMBATA Marie Joseph (1978), *Le climat du Bas-Congo. Thèse de 3^{ème} cycle*, Université de Bourgogne, Dijon, 280p. + figures.

SCHWARTZ Dominique, 1988, *Histoire d'un paysage. Le lousséké, paléo-environnement quaternaire et podzolisation sur sables batéké*, Edition de l'ORSTOM, Paris, 265p.

SITOU Léonard, 2008, « Dynamique et cause de l'érosion dans la périphérie nord de Brazzaville », LARDYMES, Faculté de lettres et des Sciences Humaines, Université de Lomé, pp.78-91.

SITOU Léonard, NGATSE René et BAVEDILA Maurice, 2022, « Etude de la dynamique et des facteurs du ravin de Tchiali à Pointe-Noire en République du Congo », Revue Internationale du Chercheur, Volume 3 : Numéro 1, pp. 284 – 304.

WISCHMEIER Walter Henry & SMITH Dwight David (1978), *Predicting Rainfall Erosion losses - a guide to conservation planning*, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, N° 537, 58 p.

YAMÉOGO Augustin, SOMÉ Yélézouomin Stéphane Corentin, PALÉ Sié, SIRIMA Badaye Abdoulaye et DAD APOLA Évariste Constant, 2021 « Application de SIG/RUSLE à l'estimation de l'érosion par ruissellement en nappes dans le bassin versant supérieur de la Sissili (Burkina Faso) », Geo-Eco-Trop., 45, 2: 299-310