

Apport de la Télédétection et du S.I.G dans la Détection de l'Erosion Ravinante dans la Partie Basse de la Commune de la N'sele à l'Est de Kinshasa

MUYA LUBILANJI Gustave-Charles

Paper History

Received : November 05, 2020
 Revised : October 15, 2021
 Accepted : October 20, 2021
 Published : November 27, 2021

Keywords

Teledetection, S.I.G, Lineaments, gullying erosion, satellite image.

ABSTRACT

The present study is about the use of teledetection and the S.I.G, in detection of gullying erosion in the N'sele Commune.

Results obtained are expressed on four maps : the hydrographic lineaments , the major anthropic lineaments (LIAMA), the indicators other than lineaments, as well as the gullies map. The first one holds forty-eight (48) lineaments representing sections of water streams, water drains from rainy waters ; the second includes one thousand seven hundred eighty nine Liama (1789) showing streets, avenues and roads of which three hundred and four (304) units are perpendicular to the direction of water flowing from the site and constitute possible development areas of erosion ; the third map shows ruined building bits, probable real signs of erosion existence ; the fourth which is the result of the additive combination of the first three in the S.I.G shows the gullying erosion authenticated on the ground.

Département de Géosciences (Géologie et Géomatique), Faculté des Sciences ;
 Corresponding author, e-mail: lubilanjimuyakal@gmail.com

INTRODUCTION

L'érosion hydrique ravinante s'observe dans le monde entier sur des terres sablonneuses en pente [POUQUET, 1961]. En République Démocratique du Congo, ce phénomène existe et est beaucoup étudié dans certaines villes et cités du pays [MBUYU et SOYER, 1981 ; VAN CAILLIE, 1983 ; MITI *et al.*, 2004 ; MAKANZU, 2014].

Dans la ville de Kinshasa plus particulièrement, ces études se focalisent sur la partie dite "haute ville" caractérisée par des collines sableuses et pentues [VRIELING, 2006 ; LELO, 2008 ; WONTERS et WOLFF, 2010 ; MUKANU et MITI, 2021]. L'absence d'études systématiques dans la partie dite "ville basse" a motivé la présente étude.

A cet effet, l'objectif principal de ce travail est de détecter l'érosion ravinante dans la Commune de la Nsele. Il s'agit de cartographier des linéaments hydrographiques, des linéaments

d'origine anthropique [THEODORE *et al.*, 2012 ; SCANVIK, 1986] majeurs dits LIAMA (rues, avenues et routes) et d'autres indicateurs (blocs des bâtiments détruits), lesquels constituent en fait des véritables identifiants d'érosion ravinante. Il est donc question de détecter ces identifiants éventuels et de voir si ces derniers constituent des indices sérieux dans toute recherche des sites érosifs.

Actuellement, avec l'évolution de la technologie, les scientifiques s'accordent à déclarer que la télédétection est un outil important pour les recherches prospectives en géosciences (géologie, géomorphologie, hydrologie, ...) et dans le domaine du pétrole. C'est la raison pour laquelle nous l'avons utilisée comme méthode d'investigation à adapter à la détection de l'érosion ravinante. Cette approche a été en plus facilitée par la qualité de l'image satellitaire Ikonos de juillet 2014 dont le traitement a permis de constater que la détection de l'érosion ravinante sur l'image satellitaire est vraiment une approche méthodologique fiable.

MATERIEL ET METHODES

Présentation du milieu d'étude

La Commune de Nsele (parfois orthographiée N'sele) [FUMUNZANZA, 2008] est située à l'Est de la ville de Kinshasa, au-delà de l'Aéroport International de Ndjili sur l'axe Kinshasa-Bandundu entre les latitudes 4° 10' 0'' et 4° 40' 0'' Sud et les longitudes 15° 19' 30'' et 15° 42' 0'' Est. Elle s'étend sur une superficie totale de 1017, 61 km² dont 784,23 km² pour la plage étudiée.

Cette commune tire son nom de la principale rivière "Nsele" et comprend, du point de vue de la structure, la plage basse au nord et le plateau de Bateke au sud (Figure 1).

Le site étudié est donc une bande comprenant les plaines et les vallées drainées par des cours d'eau (Figure 2). Ce site est un

ensemble dit "couverture des terrains superficiels" constituée des sables qui appartiennent à la série néogène [VAN CAILLIE ; 1983]. Le climat de la région est tropical humide du type AW4 de la classification Koppen [NTOMBI et al., 2009; MAKANZU, 2014].

Matériel

L'étude porte sur l'érosion de sol. L'image panchromatique Ikonos de juillet 2014 (Figure 3) obtenue à l'adresse www.sigmarketing.com de l'ONG "SIG GEOMARKETING" a été utilisée à cette fin. Cette image à haute résolution (3 m) choisie pour ses caractéristiques spectrales et spatiales a été traitée à l'aide des logiciels Arc Gis, SPO 2003 et Rose Net. Le G.P.S a été également utilisé pour la collecte des données et la validation des ravins sur le terrain.

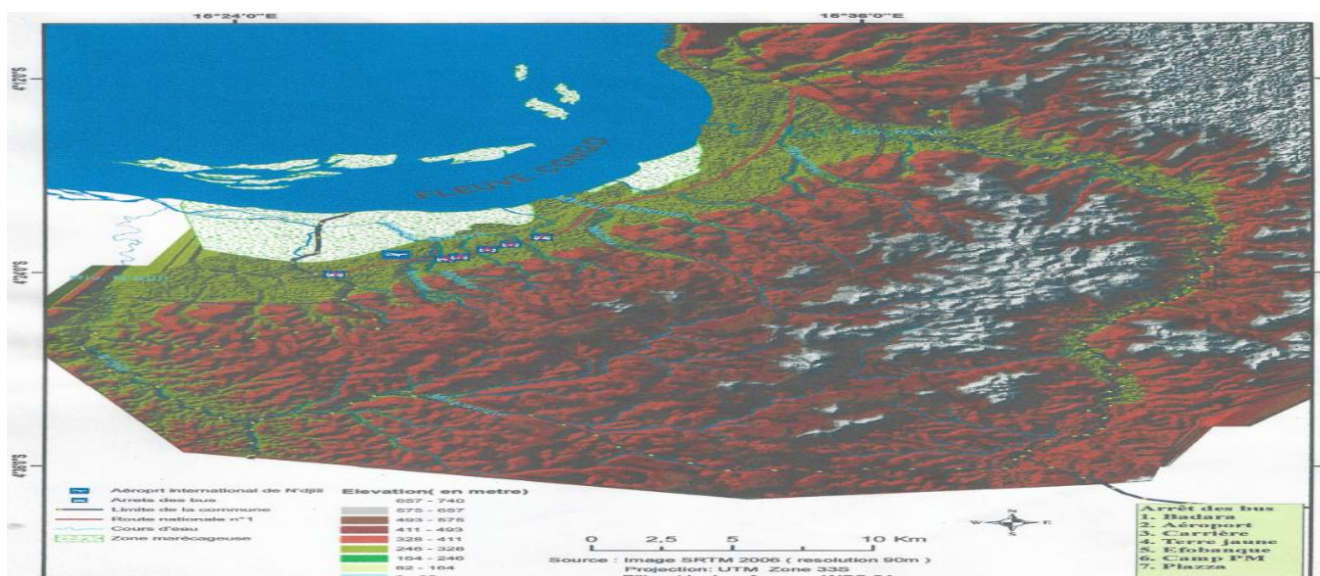


Figure 1 : Présentation et structure morphologique de la Commune de Nsele.

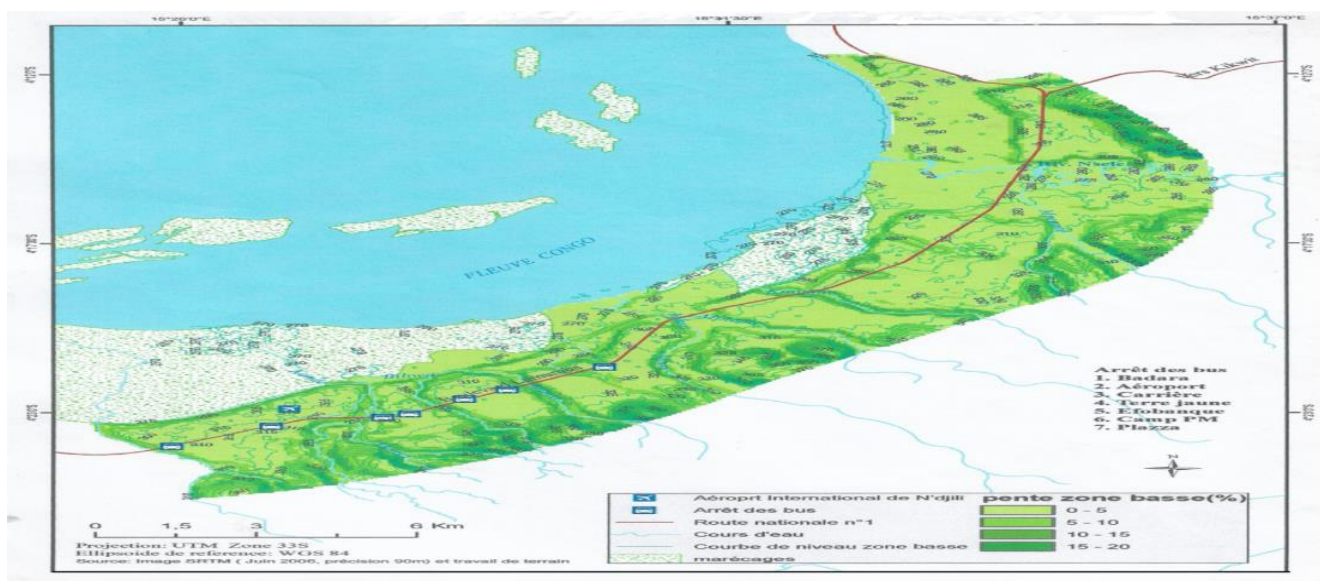


Figure 2 : Site sous étude.

Méthodes

Des méthodes qualitatives d'analyse des données spatialisées ont d'abord été employées, et ensuite celles quantitatives qui ont consisté à dénombrer les sites potentiels d'érosion. Et enfin, les deux approches ont été combinées pour la détection de l'érosion ravinante.

Approche qualitative ou traitement de l'image satellitaire

Le choix de l'image a été fondé sur quatre critères à savoir la couverture, la résolution spatiale, l'année et la saison de prise de vue. Cette image à haute résolution (3 mètres) a servi à visualiser d'une manière directe les linéaments étudiés. Ensuite, les coordonnées géographiques des points de contrôle ont été fixées

avant d'importer l'image vers l'application Arcmap du logiciel Arcgis 10.2, de la géoréférencer et de numériser les linéaments.

Méthodes quantitatives ou statistiques

Il s'agit des analyses statistiques et géostatistiques des linéaments. Ces analyses ont permis la comparaison des distributions spatiales des ravins [RAZACK, 1984].

Détection de l'érosion ravinante et cartographie des ravins

La détection de l'érosion ravinante a consisté à aller chercher sur l'image satellitaire des indicateurs de l'existence des ravins. Dans ce cadre, on a cherché, d'une manière visuelle sur les LIAMA perpendiculaires à l'écoulement des cours d'eau, des indices repères, tels des blocs des bâtiments détruits.

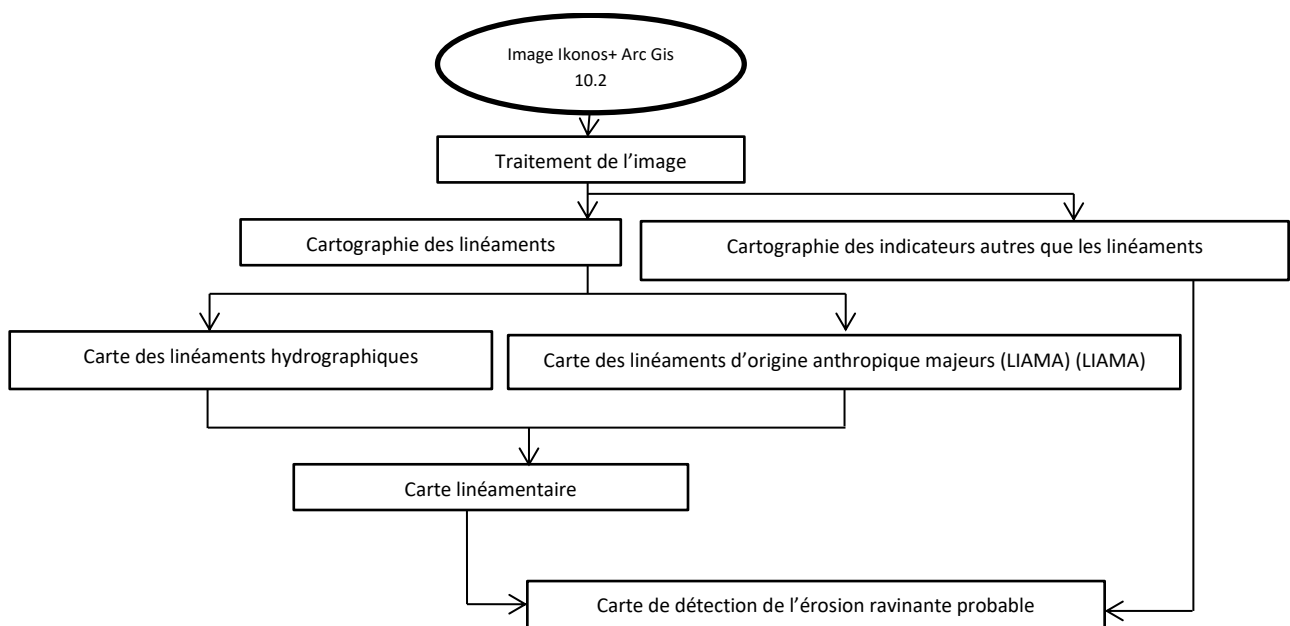


Figure 3 : Organigramme d'élaboration de la carte de détection de l'érosion ravinante probable



Figure 4 : Carte des types de linéaments.

Quant à la cartographie des ravins, elle a été obtenue par la superposition dans le S.I.G de la carte des linéaments hydrographiques, de la carte des LIAMA, et celle de l'érosion ravinante probable (Figure 3). Cette cartographie est validée par des données de terrain.

RÉSULTATS

L'analyse de l'image satellitaire montre l'existence, sur le site étudié, de deux types des linéaments creux à savoir: les linéaments hydrographiques et les linéaments d'origine anthropique majeurs (LIAMA). Les premiers sont des lignes envahies par de la végétation tandis que les seconds sont nus (Figure 4).

Tableau 1 : Les linéaments hydrographiques.

N°	BASSIN VERSANT DE COURS D'EAU	Ordre de tronçon (U)	Nombre de tronçons (NU)	Coefficient de confluence (Rb)
1	Konde-Mutshole	1	12	-
		2	5	2,4
		3	2	2,5
		4	1	-
			20	
2	Mumfu	1	2	-
		2	1	2
		3	-	-
			3	
3	Bibwa	1	4	-
		2	2	2
		3	2	1
		4	1	3
			9	
4	Mpemwe	1	3	-
		2	2	1,5
		3	-	-
			5	
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	

Analyses qualitatives et quantitatives des linéaments hydrographiques

Analyses qualitatives

Les cours d'eau des bassins versants cartographiés présentent des caractéristiques différentes (Tableau 1).

Le nombre de tronçons "U" varie de 3 à 9, et l'ordre "U" de 1 à 4. Ainsi, le rapport de confluence Rb est de 2,5. Le nombre total de tronçons hydrographiques de drainage sur le site est de 48 (Figure 5).

Analyses quantitatives

En rappel, il existe vingt-huit linéaments hydrographiques d'ordre 1, quatorze d'ordre 2, quatre d'ordre 3 et deux d'ordre 4 (Tableau 2). La moyenne de nombre de ces linéaments est de 12, l'écart-type est de 10,29563 et le coefficient d'asymétrie est 1,028434.

Tableau 2 : Statistiques des linéaments hydrographiques

Ordre	Nombre de linéaments
1	28
2	14
3	4
4	2
Écart type	10.29563
Moyenne	12
Coefficient d'Asymétrie	1.028434

Analyses qualitatives et quantitatives des linéaments d'origine anthropique majeurs (Liama)

Il a été extrait sur l'image satellitaire, des lignes significatives du paysage traduisant en réalité sur le terrain, les rues, les avenues et les routes.

Analyses qualitatives

L'inventaire des LIAMA, opéré par Excel, donne un total de 1789. Ces LIAMA ont des longueurs variables (Figure 6) et des orientations différentes. La trame linéamentaire est sous forme d'un damier (Figure 7a). Dans l'ensemble, 304 LIAMA, soit 17 % sont orientés perpendiculairement au sens de l'écoulement des cours d'eau (Figure 7b). Ils constituent l'essentiel de drainage. C'est sur ces LIAMA particuliers qu'il faut focaliser la recherche de l'existence des ravins.

On a compté 1789 LIAMA de tailles comprises entre 30,25 mètres et 5038,33 mètres avec une longueur moyenne de 241,506 mètres et une médiane de 122,86 mètres. La longueur cumulée de ces LIAMA est de 280 388,59 mètres. L'écart-type est de 431,60 et l'indice d'asymétrie de 1,558 (Tableau 3).

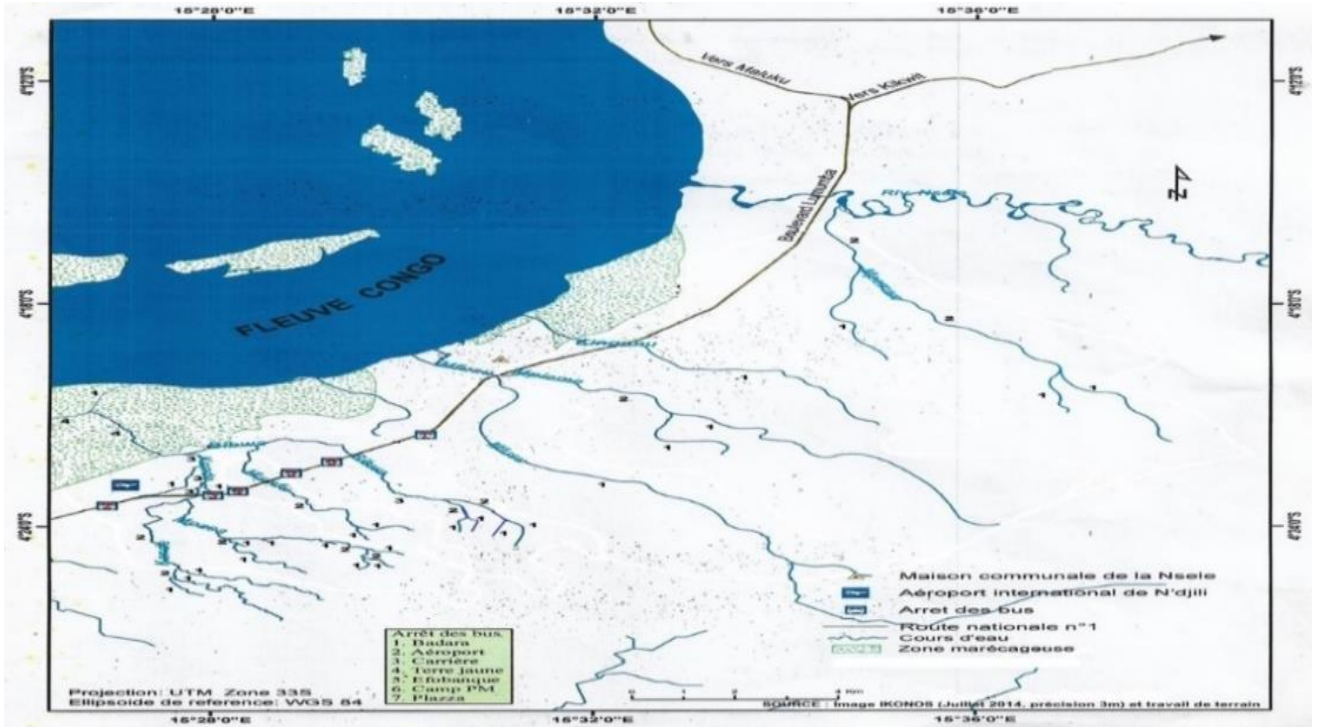


Figure 5 : Carte des linéaments hydrographiques

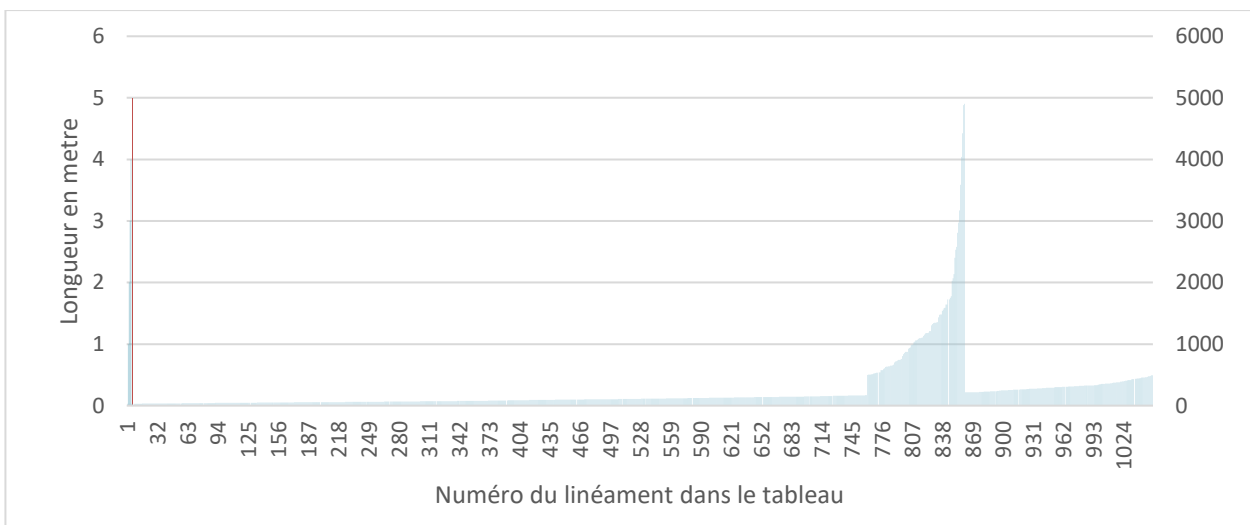


Figure 6 : L'histogramme montrant les longueurs des LIAMA

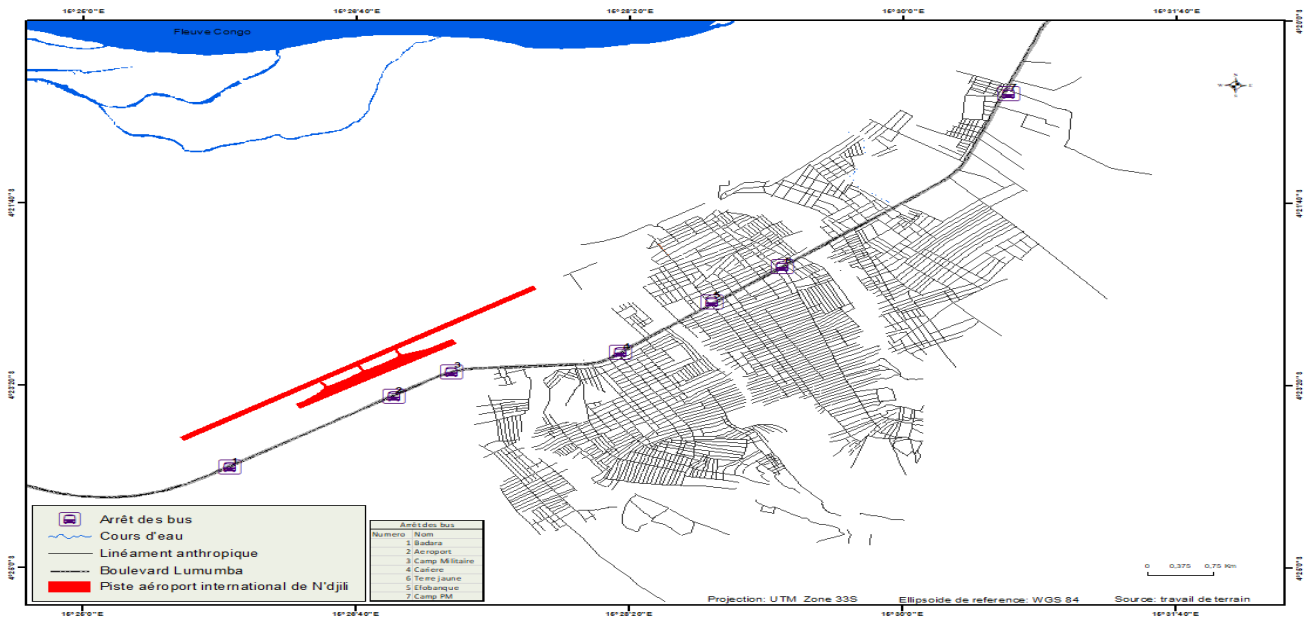


Figure 7a : Carte des linéaments d'origine anthropique majeurs (LIAMA)

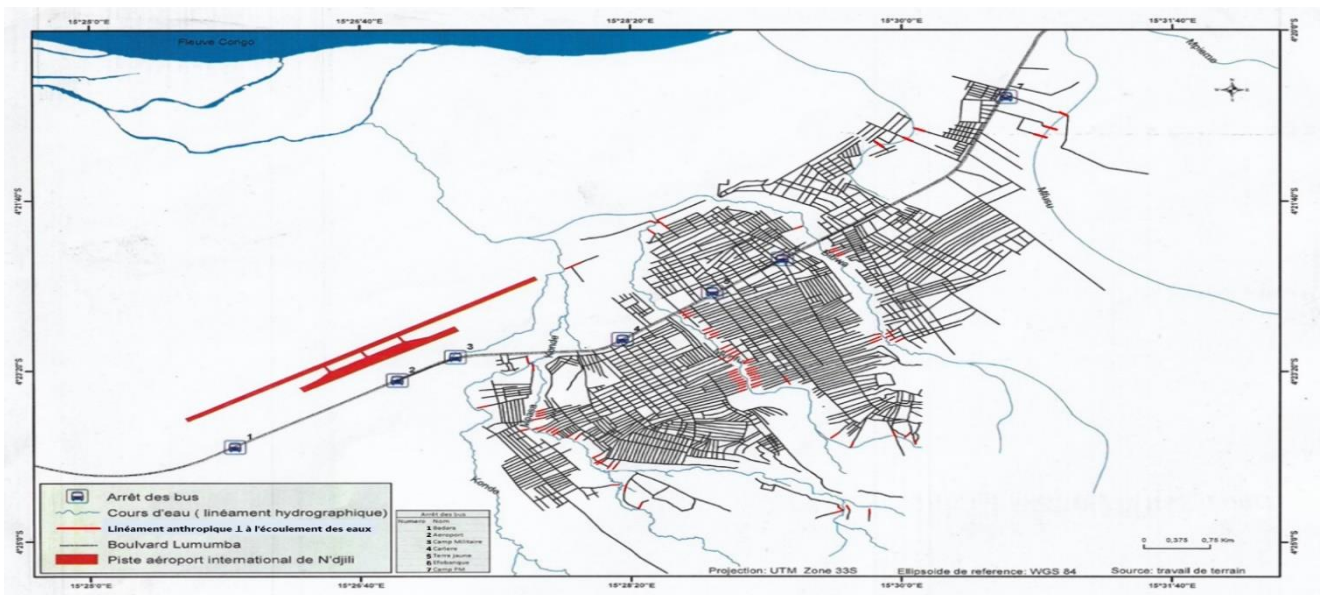


Figure 7b : Carte des linéaments d'origine anthropiques majeurs perpendiculaires à l'écoulement des cours d'eau

Tableau 3 : Statistiques des linéaments d'origine anthropique majeur (LIAMA)

Longueur	
< 500 m	1500
500-1000 m	125
1000-1500 m	84
1500-2000 m	20
2000-2500 m	27
> 2500 m	23
Écart type	431,60
Indice d'Asymétrie	1,558

Le diagramme directionnel des LIAMA (Figure 8) montre que la distribution linéamentaire est presque homogène du fait qu'aucune famille ne dépasse en fréquence 10 %.

Les LIAMA dont la direction est perpendiculaire à l'écoulement des cours d'eau du site représentent 17 % de l'ensemble (soit 304 unités).

La probabilité de détecter l'érosion ravinante repose sur ces types des LIAMA. Cette assertion est confirmée par le Semivariogramme d'Azimut N°90 de modèle exponentiel à la Figure 9 qui est un paramètre de régionalisation.

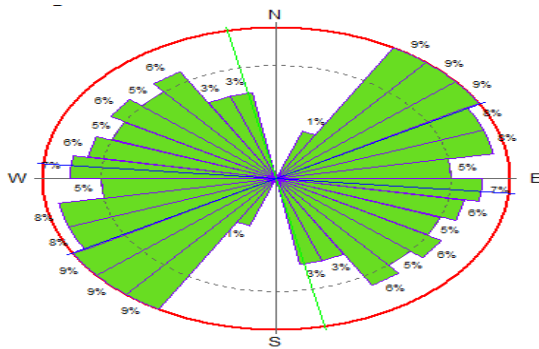


Figure 8 : Diagramme directionnel des LIAMA

Analyse d'autres indicateurs de l'existence de l'érosion ravinante

L'observation visuelle des blocs des bâtiments détruits (Figure 10) témoigne à suffisance la possibilité de détection de l'érosion ravinante. En fait, on peut s'en apercevoir clairement sur la carte inhérente (Figure 11).

En outre, la combinaison additive par superposition dans le S.I.G de différentes cartes, donne la carte de la détection des ravins probables (Figure 12) à valider sur le terrain.

DISCUSSION

La télédétection est un puissant outil notamment pour les recherches prospectives en géosciences. Elle est une méthode d'investigation à adapter à la détection de l'érosion hydrique ravinante dans le site étudié.

L'exploitation de l'image satellitaire à haute résolution à l'aide du logiciel Arc Gis, a permis de mettre en évidence des indicateurs de l'existence de l'érosion ravinante à savoir, les

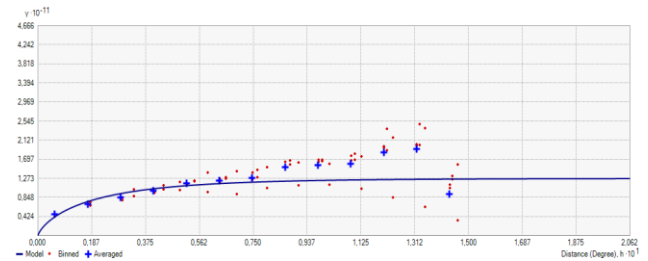


Figure 9 : Semivariogramme d'Azimut N90°

linéaments hydrographiques et les linéaments anthropiques majeurs (LIAMA).

Les premiers linéaments - naturels et creux – ont été jadis étudiés dans les recherches géologiques et/ou pétrolières [HORTON, 1945 ; STRHALER, 1967]. Cependant ils ont été abandonnés au profit des techniques géophysiques.

Les seconds linéaments – anthropiques et creux – n'ont jamais été étudiés en géosciences. Ils sont utilisés dans le cadre de cette étude et ont permis de caractériser la structure spatiale du milieu.

Le recours à ces deux types des linéaments comme paramètres de détection de l'érosion ravinante dans un site étudié, donne comme avantage le faible coût de production du bâti linéamentaire.

La validation de l'orientation des LIAMA perpendiculaires au sens d'écoulement des cours d'eau est établie en fonction des linéaments hydrographiques. En rapport avec les derniers, nous pouvons constater que les drains ne sont pas modélisés par la structure tectonique, car ils n'atteignent pas l'ordre 5.



Figure 10 : Blocs des bâtiments détruits

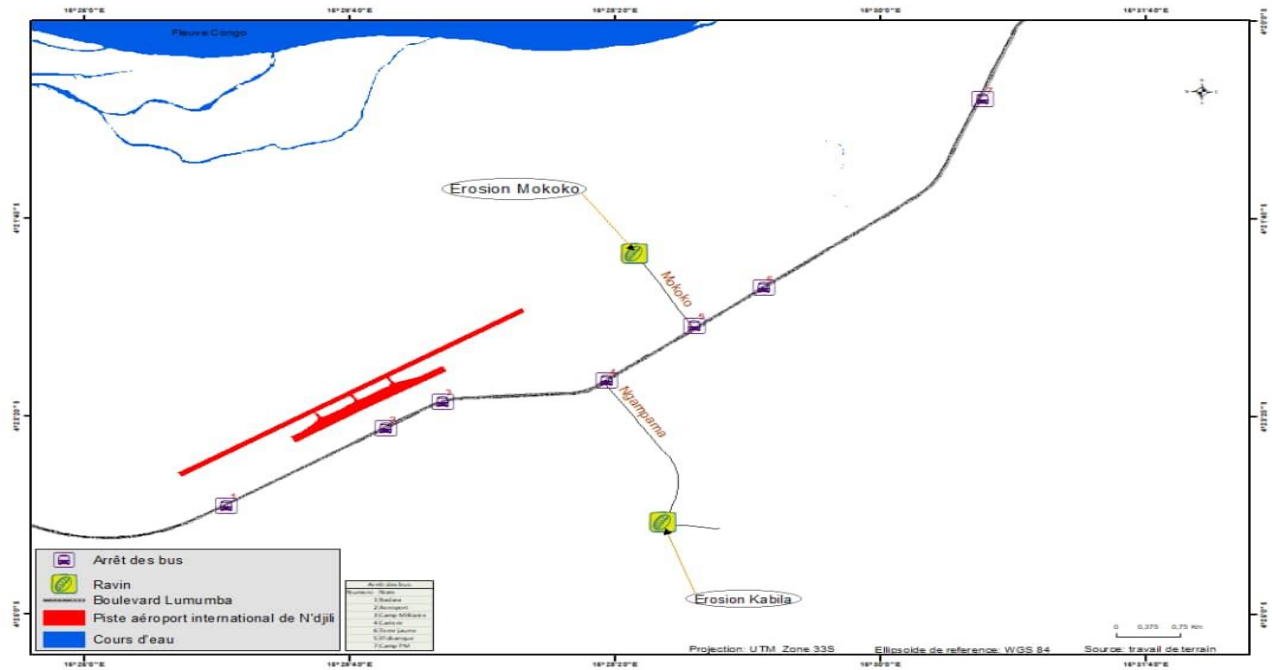


Figure 11 : Carte des indices érosifs autres que les linéaments

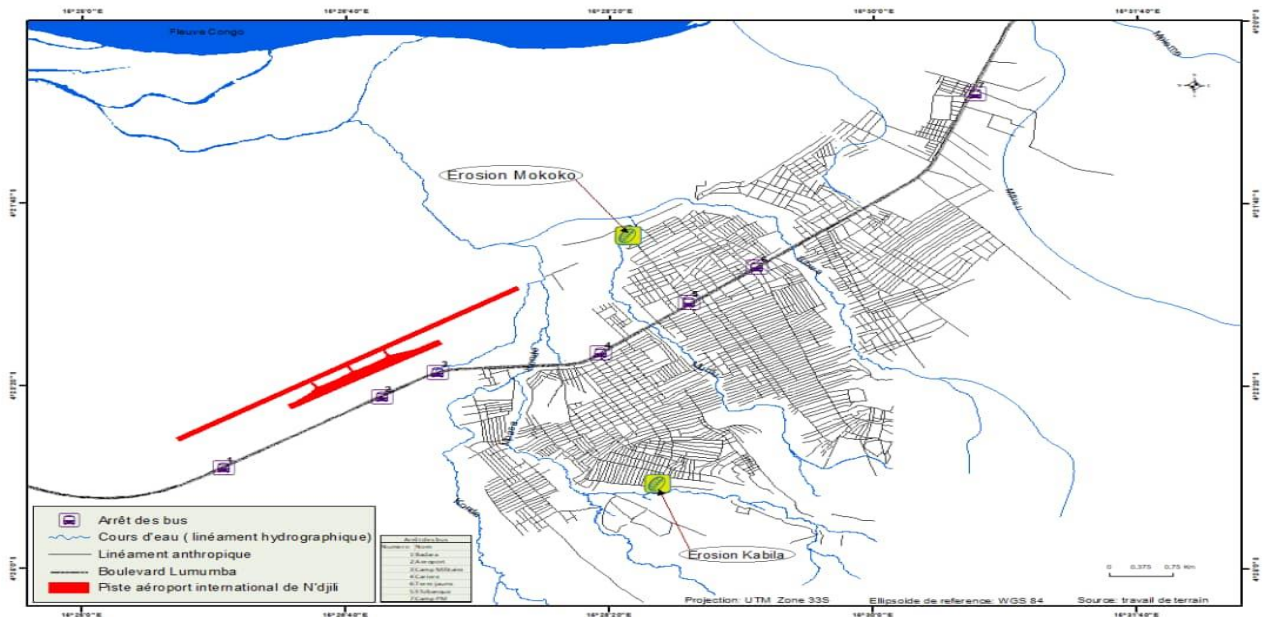


Figure 12 : Carte des ravins probables détectés

Ainsi, les directions des tronçons des cours d'eau sont influencées par la lithologie du terrain. Il faut souligner que le recours aux linéaments hydrographiques a exigé pour son interprétation de vieilles techniques mises au point il y a des décennies [HORTON, 1945 ; STRAHLER, 1967].

La faiblesse à la fois du coefficient de Confluence RB (2,5) et du coefficient d'asymétrie (1,02) de nombre de linéaments hydrographiques indique que la nature du site étudié est généralement meuble et non tectonique.

Quant aux linéaments d'origine anthropique, seuls ceux présentant les linéarités ferme (rues, avenues et routes) ont été pris en considération après traitement de l'image. La présente étude a ainsi inventorié 1789 LIAMA dont la longueur varie entre 30,25 mètres et 5038,33 mètres. Pour ces LIAMA, seule la distribution directionnelle a été prise en compte. Celle-ci montre trois orientations préférentielles, dont, seulement celle de N90° (E-W) a retenu l'attention car l'analyse de l'orientation a produit des résultats appréciables. En effet, elle a l'avantage d'être

considérée comme celle des lieux de prédilection des indices érosifs.

Ainsi donc, dans toute étude de détection de l'érosion ravinante, les lignes d'investigation de l'existence des ravins devront être celles perpendiculaires à la direction d'écoulement des cours d'eau.

Et les zones de prédilection devront être les lieux d'intersection de ces lignes perpendiculaires avec celles des lits des cours d'eau. En outre, l'analyse géostatistique des LIAMA indique donc qu'ils se comportent comme une variable régionalisée [RAZACK, 1984].

CONCLUSION

Il est à remarquer que la télédétection de S.I.G est un outil pour la recherche concernant la détection de l'érosion ravinante. Elle est donc une méthode d'investigation adaptée à la prospection des milieux ravinés.

Les résultats obtenus lors du traitement de l'image satellitaire Ikonos ainsi que les études statistiques faites dans le cadre de ce travail ont mis en évidence trois cents et quatre (304) unités perpendiculaires au sens d'écoulement des cours d'eau, milieu où peuvent se développer les érosions.

L'organisation spatiale des linéaments montre que le site, bien que stable, n'est pas protégé, et qu'il peut être sujet de l'érosion hydrique ravinante à chaque saison des pluies.

Le problème de la détection de l'érosion ravinante relève véritablement de la méthodologie.

RESUME

La présente étude porte sur l'utilisation de la télédétection et le S.I.G, en vue de détecter l'érosion ravinante dans la Commune de la N'sele, partie de la ville de Kinshasa considérée comme non encore étudiée dans ce domaine de la géomorphologie. Les résultats obtenus sont exprimés dans les quatre cartes : la carte des linéaments hydrographiques, la carte des linéaments anthropiques majeurs (LIAMA), la carte des indicateurs autres que les linéaments ainsi que carte des ravins. La première contient quarante-huit (48) linéaments représentant les tronçons des cours d'eau, drains des eaux des ruissellement de pluie ; la deuxième comprend Mille Sept Cent Quatre-Vingt-neuf (1789) Liama traduisant des rues, avenues et routes qui ont été répertoriées. Ils constituent également des drains, véritables facteurs de ravinement. Trois cents et quatre (304) Liama orientés perpendiculairement au sens d'écoulement des cours d'eau constituent des zones possibles de développement de l'érosion ; la troisième montre des morceaux des édifices écroulés, véritables indices probables d'existence d'érosion ravinante ; la quatrième qui est le résultat de la combinaison

additive de trois premières dans le S.I.G, montre l'érosion ravinante validée plus tard sur le terrain.

Mots clés

Télédétection, S.I.G, Erosion ravinante, Linéaments, Image satellitaire.

REFERENCES

- FUMUNZANZA J. [2008]. Kinshasa d'un quartier à l'autre. Paris, Ed. L'HARMATTANT.
- HORTON P. [1945]. Erosion development of streams and their drainage basins: Hydrological approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am. New York*, 56, 275-350.
- LELO N. [2008]. Kinshasa, Ville et Environnement. Paris, l'Harmattan, 2.
- MAKANZU F. [2014]. Etude de l'érosion ravinante à Kinshasa, Dynamisme Pluvio-morphogénique et Développement d'un outil de Préviation. Thèse de doctorat en Sciences, Option Géographie, Département de Géosciences, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa.
- MBUYU N., SOYER J. [1981]. Problème d'érosion à Kalemie (Shaba, Zaïre). *Géo-Eco-Trop*, 5,2, 73-86.
- MITI F.T., ALONI J.K., KISANGALA M. [2004]. Crise morphogénétique d'origine anthropique dans le modelé du relief de Kinshasa. *Bulletin du RGM*, 5,1, 1-12.
- MUKANU K.A., MITI T.F. [2021]. Estimation de l'érosion Potentielle dans le Bassin Versant de la Rivière N'djili (Kinshasa) par intégration de l'Equation de Wischmeier au système d'Information Géographique et de la Télédétection. *CongoSciences*, 9 ,1 ,45-53.
- 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. *Rev. Congolaise des Sc. Nucl.* 20, 30-40.
- POUQUET J. [1961]. L'Érosion des Sols. Presses Universitaires de France, Paris. Ed. Que sais-je.
- RAZACK M. [1984]. Application des méthodes numériques à l'identification des réservoirs fissurés carbonatés en hydrogéologie. Thèse de doctorat en Sciences Naturelles, Université du Languedoc, Montpellier, France.
- SCANVIK J-Y. [1986]. Télédétection aérospatiale et informations géologiques. Editions BRGM, Orléans, France.
- STRAHLER N. [1967]. Quantitative geomorphology. R.W Fairbridge Reinhold BOOK Corp. New York, T. III.
- THEODORE Y., OLIVIER F-G., MARIE-SOLANGE O., VINCENT A. [2012]. Extraction de linéaments structuraux à partir d'images satellitaires, et estimation des biais induits, en milieu de socle précambrien métamorphosé. *Revue Télédétection*, 10, 4, 161-178.
- VAN CAILLIE X. [1983]. Hydrologie et Érosion dans la région de Kinshasa. Thèse de Doctorat, Katholiek Universiteit Leuven.
- VRIELING A. [2006]. Satellite remote sensing for water erosion assessment. *A review Catena*, 65, 1, 2-18.
- WONTERST T., WOLFF E. [2010]. Contribution à l'analyse de l'érosion intra-urbaine à Kinshasa. In Belgeo. <https://doi.org/10.4000/belgeo.839>, pp.293-314.



This work is in open access, licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>