

ÉVALUATION DU RAVINEMENT SUR LA ROUTE DE LINZOLO, DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE GOMA TSÉ-TSÉ (CONGO) ENTRE LES PÉRIODES 2008-2009 / 2014-2015

Idriss M'BOUKA MILANDOU*, Léonard SITOU
et Marie Joseph SAMBA-KIMBATA

*Laboratoire de Géographie Physique, Université Marien Ngouabi,
République du Congo*

* Correspondance, e-mail : *idrisca.mb@gmail.com*

RÉSUMÉ

La route Nganga-Loungolo - Linzolo, dite route de Linzolo située au sud de Brazzaville dans la Sous-préfecture de Goma tsé-tsé (département du Pool), est aujourd’hui l’objet d’une dégradation poussée par l’érosion hydrique. Basée sur les observations et le dénombrement sur le terrain des formes de ravinement qui détruisent ou menacent la route, cette étude évalue le phénomène entre la période 2008-2009 qui précède la municipalisation accélérée du Pool et la période 2014-2015 post-municipalisation. Les résultats indiquent que loin de s’atténuer le ravinement dominé par les ravines et les ravins, s’est aggravé après les travaux de remblaiement et de correction des anciens points d’érosion. De 36 ravinements importants inventoriés durant la première phase, on a compté 52 au cours de la période 2014-2015 soit 16 ravinements en plus par rapport à la première période de mesures. De nombreuses formes traitées ont été redynamisées. De même, de nouveaux ravinements ont vu le jour aussi bien le long de la route que sur les côtés. La fréquence est passée de près de 3.5 R / Km à environ 5 R / Km. Ces résultats montrent ainsi l’inefficacité des travaux entrepris en 2012. Ils prouvent aussi que la sensibilité du milieu naturel lié à l’agressivité du climat, à la fragilité des sols et la présence presque généralisée des versants inclinés ; sensibilité qui prédispose la route aux risques d’érosion hydrique, n’a pas été prise en compte. Cette étude, dont les résultats ont fait l’objet d’une cartographie géo référencée, constitue une base pour la réflexion à mener au préalable avant toute opération d’aménagement de cet axe routier.

Mots-clés : *municipalisation accélérée, route, ravinement, Linzolo, Goma tsé-tsé, Brazzaville.*

ABSTRACT**Assessment of the gully on the Linzolo road, in the Sub-prefecture of Goma tsé-tsé (Congo) between the periods 2008-2009 / 2014-2015**

The Nganga-Loungolo-Linzolo road, known as the Linzolo road south of Brazzaville in the Sub-prefecture of Goma tsé-tsé (Pool Department), is now subject to degradation caused by water erosion. Based on observations and field counts of ravines that destroy or threaten the road, this study evaluates the phenomenon between the 2008-2009 period preceding the accelerated pool municipalization and the post-municipalization period 2014-2015. The results indicate that far from diminishing the phenomenon dominated by small gullies and very deep gullies has not worsened, but has worsened after backfilling and remediation of old erosion sites. Of the 36 major gullies inventoried during the first phase, 52 galleries were counted during the period 2014-2015, that is to say 16 more ravines compared to the first period of measurements. Many of the treated forms have been revitalized. Similarly, new ravines have emerged as well along the road as on the sides. The frequency has increased from nearly 3.5 gullies / Km to about 5 gullies / Km. These results show the ineffectiveness of the work undertaken in 2012. They also prove that the sensitivity of the natural environment linked to the aggressiveness of the climate, the fragility of the soils and the almost widespread presence of sloping slopes; Sensitivity that predisposes the road to the risks of water erosion, has not been taken into account. This study, the results of which have been the subject of a geo-referenced map, constitutes a basis for the reflection to be carried out before any operation of development of this road.

Keywords : *accelerated municipalization, road, gully, Linzolo, Goma tsé-tsé, Brazzaville.*

I - INTRODUCTION

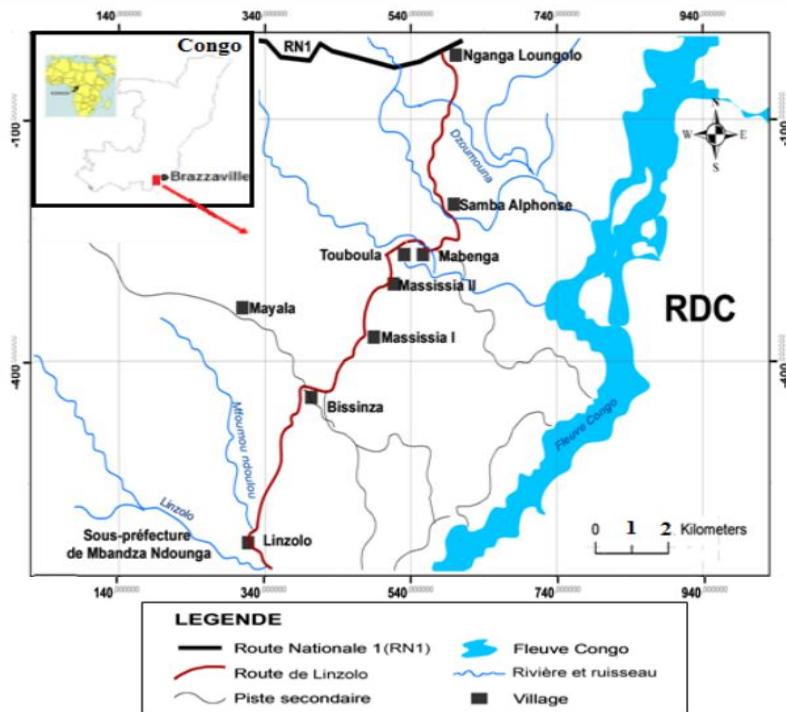
Au Congo, la rapidité avec laquelle les routes surtout secondaires ou les pistes agricoles bitumées ou en terre (non revêtues), sont dégradées par l'érosion hydrique, préoccupent tous les acteurs de la vie nationale. Pour la grande majorité des usagers de ces routes, cette dégradation s'explique par le non respect des normes techniques de construction. Pour le géographe, cette situation est aussi et surtout liée à la sous estimation des caractéristiques physiques du milieu naturel notamment les contraintes d'ordre topographique, géologique, climatique, hydrologique, etc. C'est pourquoi lorsqu'une route construite ou en construction se dégrade, le géographe est souvent curieux de

voir si les précautions sont suffisamment prises pour la préserver des risques que présente le milieu géographique surtout dans un pays de grande agressivité pluviométrique comme le notre. C'est cette préoccupation qui nous a amené à réaliser cette étude. En effet, le Plateau des cataractes qui s'étend au sud de Brazzaville est aujourd'hui l'objet d'une érosion intense qui affecte gravement le réseau routier de la zone. Cette étude porte sur la route Nganga Loungolo - Linzolo longue de 13,46 km et située dans la Sous-préfecture de Goma tsé-tsé (Département du Pool). Elle évalue le phénomène de ravinement qui l'affecte et la menace. En effet, cette route dite de Linzolo est aujourd'hui le théâtre d'une dégradation très poussée par le phénomène d'érosion hydrique. Depuis deux décennies environ elle a perdu près de 95 % de son bitume et des matériaux constitutifs de sa plate-forme et sa surface de roulement. Elle est devenue de ce fait, une piste en terre, dépourvu d'un système de drainage [1], dont la couche de base est directement utilisée comme couche de roulement sans aucune protection [2]. Elle a fait l'objet, en 2012, dans le cadre de la municipalisation accélérée, des travaux d'aménagement qui ont permis de corriger et de protéger certaines zones face à cette érosion. Le but de ce travail est donc de suivre l'évolution du phénomène entre 2008-2009, période pré-municipalisation et 2014-2015, période post-municipalisation ; ceci afin de mettre à la disposition des décideurs des données permettant d'entreprendre des opérations de mise en place des aménagements antiérosifs pour cette route et certainement pour les autres qui sont affectées ou menacées par le même phénomène.

II - PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La route Nganga Loungolo - Linzolo, encore appelée "route de Linzolo" se situe dans la Sous-préfecture de Goma tsé-tsé, entre $4^{\circ}09'03''$ et $4^{\circ}05'03''$ de latitude sud et entre $15^{\circ}06'05''$ et $15^{\circ}08'04''$ de longitude est. Elle s'étend sur 13,46 km entre Nganga Loungolo située à la sortie sud de Brazzaville, dans le 8^e arrondissement (Madibou) et de Linzolo, qui est le dernier village de la Sous-préfecture Goma tsé-tsé, avant la Sous-préfecture voisine de Mbandza Ndounga (*Figure 1*). La route se localise entièrement sur le plateau des cataractes constitué de collines lourdes qui atteignent ou dépassent légèrement les 400 mètres d'altitude, avec des sommets arrondis et des flancs échancrés par les têtes de vallées très encaissées ou par des cirques d'érosion datant du Quaternaire [3]. Ce relief très tourmenté est taillé dans une assise géologique constituée, à la base par la série de l'Inkisi, composée de grès durs d'âge précambrien et au sommet, par les sables ocre jaunes de la série des plateaux Batékés d'âge tertiaire. Les grès de l'Inkisi affleurent le long de certains cours d'eau et à quelques endroits [3]. Ces roches sont recouvertes de sols ferrallitiques assez profonds, à structure nette et polyédrique, avec des taux de matières organiques de 2,9 % [4]. Avec près de 50 % de sables fins, ces sols

mis à nu, sont dans l'ensemble meubles et sont sensibles à l'érosion pluviale par l'effet splash et au ravinement par les ruissellements [1]. Le climat y est de type tropical humide ou bas-congolais [5], caractérisé par l'alternance de deux saisons bien distinctes : la saison des pluies et la saison sèche.



Source image : Googleearth Version 7, 2015

Carte réalisée par les auteurs sur ArcGis 10 - WGS 1984 - UTM33 Sud

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

La première dure 8 mois, de septembre à mi-mai avec une légère diminution du nombre de jours de pluies en janvier et en février. Les pluies sont relativement abondantes avec une hauteur moyenne de 1300 mm / an et des intensités dépassant souvent 1 mm / mn [6]. La température moyenne mensuelle est, pendant cette période, élevée (25 à 35°C). La saison sèche dure près de 5 mois, de mi-mai à septembre. Elle se caractérise par l'arrêt des pluies surtout en juillet. Sur ces unités topographiques poussent deux types de formations végétales qui se partagent l'espace à des proportions inégales [7]. La forêt de type mésophile semi caducifolié à *Gilbertiodron dewevrei* [8] qui se développe le long des cours d'eau dans les bas-fonds des vallées et la savane à dominance de *Laudetia demeusii* qui pousse sur les sables Batékés sur les replats et les collines [9]. Sur les grés de l'Inkisi, mis à nu par les actions de

l'érosion, pousse une savane à *Aristida dewildemanii* [8]. Assurant naturellement la protection des versants et indirectement celle de la route, la végétation est malheureusement surexploitée par les populations qui la détruisent pour des besoins agricoles, de construction de case et de fabrication de charbons de bois [1]. L'hydrographie, assez dense, est constituée de plusieurs cours d'eau organisés en 3 petits bassins versants, qui se jettent dans le fleuve Congo, à environ 3 km au sud est de la route (**Figure 1**).

III - MÉTHODOLOGIE

Pour réaliser cette étude nous avons mené trois types d'opérations complémentaires à savoir une collecte et analyse des données documentaires, des travaux de terrain, et des analyses de laboratoire. L'étude documentaire a concerné la lecture et l'analyse de plusieurs travaux portant sur la géographie du Congo, sur l'érosion en général et la dégradation des routes en particulier. Cette opération a porté également sur la collecte, au niveau de l'ANAC, des données sur le climat de 1980 à 2014. Elle a aussi porté sur l'étude des cartes topographique, géologique, phytogéographique et hydrographique au 1/150.000^{ème} consignées dans l'Atlas du Congo [10]; de la carte provisoire de Brazzaville sud au 1 : 500.000^e réalisées par l'IGN en 1981. L'exploitation de ces documents nous a permis de réaliser les différentes cartes utilisées dans ce travail. A cet effet, des images de Google earth version 7 de 2015 de la zone d'étude ont été utilisées avec le logiciel de cartographie ArcGis 10. Les travaux de terrain ont porté sur la collecte des données qualitatives et quantitatives sur le phénomène en étude. A cet effet, on a :

- mesuré la valeur des pentes par la méthode de niveling direct avec un clinomètre, une bâquille de visé et une mire [11];
- quantifié l'érosion proprement dite ;
- photographié les phénomènes étudiés pour mieux les illustrer ;
- relevé avec un GPS Garmin, les coordonnées géographiques des différentes formes de l'érosion pour les besoins de leur cartographie, entre 2008-2009 et 2014-2015.

L'approche méthodologique appliquée pour la collecte des données quantitatives sur l'érosion est une combinaison de la méthode de [12, 13]. Elle consiste à dénombrer, sur la route et sur ses abords immédiats, toutes les formes de ravinement et de les classifier par type. L'identification des ravinements se fait par pistage linéaire kilomètre par kilomètre. Elle s'accompagne d'une description et d'une localisation géoréférencée de chaque forme ciblée [12]. Les critères de différenciation des ravinements ne sont autres que leurs dimensions (longueur, largeur, profondeur), leur disposition

par rapport à la route et leurs formes géométriques [11]. A cet effet, la grille ci-dessous (**Tableau 1**) inspiré du model de [14] a été utilisée pour la classification. Une grille d'observation a aussi été utilisée pour le dénombrement.

Tableau 1 : Dimensions des principales formes de ravinement

	Formes	Rigole	Ravine	Ravin
Mesures	Longueur	- de 10 m	[10 m–100 m [[50 m - +[
	Largeur	- de 2 m	[2 m-10 m]	[2 m- + [
	Profondeur	- de 0,5 m] 0,5 – 2 m]	[2 m - + [

Le dénombrement a consisté à évaluer le nombre de ravinements observés le long de la route et à calculer la densité (d) de ce ravinement par poste kilométrique (PK) avec la **Formule** :

$$d = \frac{\Sigma R}{L} \quad (1)$$

d : densité (R/km) ; ΣR total des ravinements; L : longueur de la route (km).

Nous avons également évalué le taux d'évolution (T) des ravinements entre la période pré-municipalisation (2008-2009) et celle de post-municipalisation (2014-2015). En considérant la période 2008-2009, comme valeur de départ (V_D) et la période 2014-2015 celle d'arrivée (V_A), le taux d'évolution a été évalué en pourcentage, en utilisant la **Formule** empirique suivante :

$$T(\%) = \frac{V_A - V_D}{V_D} * 100 \quad (2)$$

T : taux d'évolution en pourcentage ; V_A : valeur d'arrivée ; V_D : valeur de départ

La quantification des volumes de chaque forme d'érosion a été faite par la méthode de cubage de la FAO [11] qui tient compte des formes géométriques des ravinements (**Figures 2 et 3**) :

- Ravinements en trapèze à base plate :

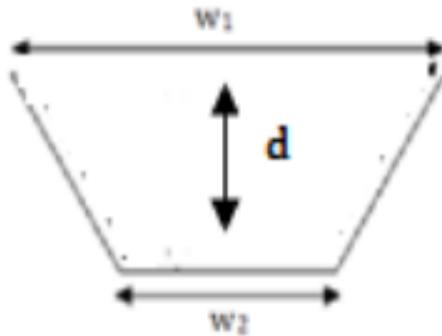


Figure 2 : Coupe transversale d'une section ravinement à fond plat

$$\text{Calcul de l'aire d'une section : } A = \frac{(W_1 + W_2) * d}{2} \quad (3)$$

$$\text{d'où le volume de sols perdu : } V = (A_1 + A_2 + \dots + A_n) * L \quad (4)$$

W₁ : largeur moyenne supérieure (m) ; *W₂* : largeur moyenne de la basse (m) ; *d* : profondeur de la pente 1 (m) ; *A* : aire (m^2) et *V* : volume (m^3)

- Ravinements en V ou triangle inversé

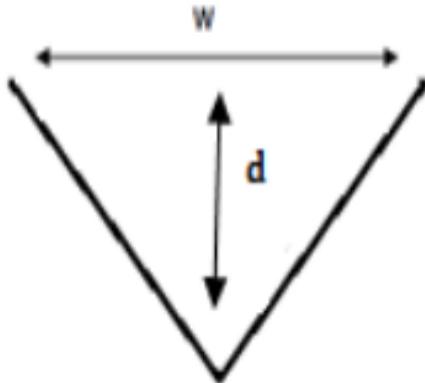


Figure 3 : Coupe transversale d'une section de ravinements

$$\text{Calcul de l'aire : } A = \frac{W * d}{2} \quad (5)$$

$$\text{d'où le volume de sols perdu : } V = (A_1 + A_2 + \dots + A_n) * L \quad (6)$$

W : largeur moyenne supérieure(m) ; *d* : profondeur (m) ; *A* : aire (m^2) ; *V* : volume (m^3)

IV - RÉSULTATS ET DISCUSSION

IV-1. Les types de ravinement

La dégradation de la route se fait à travers les trois types de ravinements énumérés dans le *Tableau 1*. Parmi les trois formes, les ravines restent les principaux précurseurs des grands ravins [15] qui affectent cette route. Quant aux rigoles, elles n'ont pas été prises en compte dans le dénombrement en raison de leur nombre trop important et surtout de leur caractère parfois éphémère. Ce sont des incisions élémentaires qui prennent plusieurs formes. On y trouve des petits cratères circulaires sans exutoire (*Figure 4*), des formes en têtards (*Figure 5*) et des incisions plus linéaires (*Figure 6*) [1]. Le premier résulte souvent de l'arrachement, soit par un véhicule, soit par les ruissellements diffus, d'un gravier ou d'un galet ou encore d'un caillou initialement accroché au matériel de la chaussée. Le petit trou laissé par la particule arrachée se présente alors sous forme d'une petite marmite semblable à celles des lits rocheux des cours d'eau.

Il est progressivement agrandi par les ruissellements qui, en s'y engouffrant au passage, acquièrent un écoulement tourbillonnaire voire très abrasif, lorsqu'ils sont dotés d'une charge grossière. Il se crée progressivement une petite ouverture par laquelle s'échappe l'eau du côté bas du cratère. L'incision finit par s'allonger et par s'agrandir. Le petit cratère évolue alors en têtard. L'incision linéaire est, quant à elle, l'œuvre presque toujours du ruissellement concentré le long d'un chenal initial constitué généralement par des petites fissures qui se créent sur la chaussée. Ces formes élémentaires constituent les nids-des-poules qui jonchent les routes même en milieu urbain et qui sont d'importants points de départ de la destruction desdites routes. La gravité de ce type de formes du point de vue de l'entretien routier est beaucoup plus liée à leur densité qu'à leur diamètre et profondeur [16].

Sur la route de Linzolo, les parties où la chaussée existe encore sont truffées de ces formes dont plusieurs sont remplies de sables en de véritables pots de fleurs naturels où pousse de l'herbe. Nous ne les avons pas quantifié mais il importe de noter que ces rigoles constituent, quelque soit leur morphologie, le point de départ des formes plus grandes tels les ravines (*Photo 1*) et les ravins (*Photo 2*) qui ont été étudiés dans ce travail. Ces formes, plus préoccupantes sur cette route, sont reconnues comme étant l'un des problèmes majeurs de la dégradation de l'environnement [17]. On les observe soit le long de la route qu'ils suivent parfois sur des centaines de mètres, disposés de façon linéaire, soit disposés perpendiculairement à la route. Les formes linéaires résultent souvent de l'aggravation des rigoles qui se développent sur les bords de la route et qui sont l'œuvre des ruissellements concentrés. Elles rongent la route et la

rétrécisse, obligeant ainsi ses usagers à créer des déviations. D'autres formes linéaires creusent et approfondissent parfois toute la route dans sa largeur, donnant à la route l'allure d'une tranchée (**Photo 3**). Ce type de dégradation est qualifié de surcreusement. Il n'est pas l'œuvre uniquement des ruissellements concentrés mais aussi des pertes progressives de matériau liées aux aménagements. En effet, les aménagements apportés à la route pour faire disparaître les ornières, provoquent la perte d'une grande quantité de sol responsable d'un enfoncement progressif de la route. Ces pertes s'ajoutent à celles occasionnées par les automobiles dont les roues emportent du matériel à chaque passage. Les passages répétés des véhicules compactent le sol et favorisent le développement des ruissellements. Lorsque le surcreusement enlève toutes les couches de la route et atteint la roche mère, on parle "*d'arasement*" qui peut avoir des volumes importants. A Mabenga (**Photo 3**) le surcreusement de 2008 avait dépassé les 6 000 m³ de volume (**Tableau 2**).

Ces formes sont moins répandues sur cette route, mais on en trouve en plus grand nombre sur d'autres pistes à Goma tsé-tsé et sur la route de Mayama, une Sous-préfecture proche dans le district du même nom [18]. Les formes transversales sont des ravinements qui débutent souvent à la base des versants et remontent par érosion régressive vers la route. Elles sont, pour l'essentiel, causées par les ruissellements concentrés qui proviennent de la chaussée [19] qui par manque de caniveaux, sont déversés sur les bas côtés. Hors la concentration des ruissellements est due au degré et à la longueur des pentes des sections routières [20] et des espaces situés de part et d'autre de la chaussée. C'est pourquoi les ravinements sont observés souvent aux endroits où la route a une forte pente et dominée par des versants inclinés. La **Photo 2** ci-dessous, montre un ravin transversal situé sur un versant de près de 6 % d'inclinaison (**Tableau 2**). Sur cette route en étude, les formes transversales sont très répandues et dynamiques. Elles coupent la route en deux, à plusieurs endroits. Certains d'entre eux, peuvent être, au départ, transversaux et, une fois la route atteinte, ils deviennent linéaires.



Photo 1 : Ravin linéaire vers Saint Isidore (Linzolo) en 2015 ; **Photo 2 :** lobe 1 du ravin digité transversal en 2015 à Massissia II ; **Photo 3 :** surcreusement de route à Mabenga en 2008
© Idriss M'BOUKA MILANDOU

Ici les ravinements prennent tantôt la forme d'un V avec des parois raides, tantôt la forme d'un trapèze aux parois assez inclinées, avec un fond plat (**Tableau 2**). L'évolution de ces incisions est typique des ravinements. Elle se fait par érosion verticale alimentée uniquement par les ruissellements et par une érosion latérale animée, d'une part, par les ruissellements qui sapent les berges et surtout, d'autre part, par les mouvements de fauchage le long des parois.

Tableau 2 : Volumes et localisation des ravinements illustrés ci-dessus

N° Photo	Lieu	Pente (%)	PK (km)	forme	Volume (m ³)	Coordonnées géographique
01	St Isidore	2,58	02	V	410,64	4°24'39"S* 15°06'35"E
02	Massissia II	5,54	05	U	118,60	4°22'58"S* 15°07'39"E
03	Mabenga	5,2	07		6451,06	4°22'18,4"S* 15°07'57,8"E

IV-2- Taux de ravinements entre 2008-2009 et 2014-2015

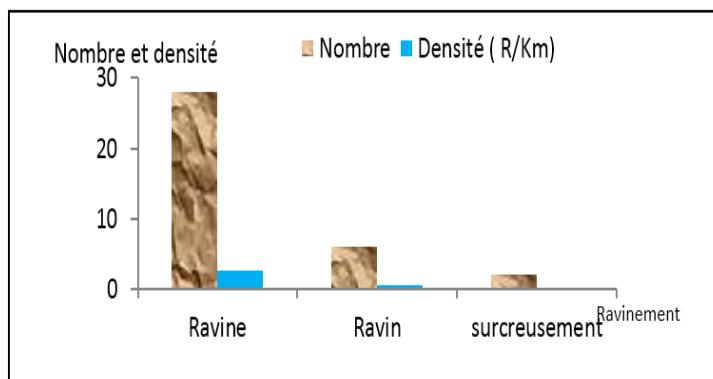
IV-2-1. Nombre et densité de ravinements pré-municipalisation (2008-2009)

Le **Tableau 3**, montre le nombre de ravinements par type sur la route pendant la période 2008-2009. Nous avons également calculé la densité du ravinement par poste kilométrique de route (PK). Le diagramme en bâton a été monté pour illustrer la tendance entre le nombre de ravinements sur toute la route et la densité de ses derniers par PK (**Figure 7**).

Tableau 3 : Nombre et densité des ravinements pré-municipalisation (2008-2009)

Type de ravinement	Nombre	Densité (R/Km)
Ravine	28	2,71
Ravin	06	0,58
Surcreusement	02	0,19
Total	36	3,48

Note : R/Km : ravinement par kilomètre



**Figure 7 : Diagramme du nombre et de la densité de ravinements
Pré-municipalisation (2008-2009)**

Ainsi, comme on peut le voir dans le **Tableau 3**, sur 36 ravinements importants dénombrés, les ravines sont au nombre de 28 soit 77,78 %. Elles sont plus nombreuses que les ravins spectaculaires qui ne représentent que 16,67 %. Enfin les surcreusements ne représentaient que 5,56 %, parce qu'on en a compté que deux, à Mabenga au nord et à Bissinza au sud (**Figure 10a**). Les pourcentages sont proportionnels à la densité de chaque type de ravinement par PK. Plus le type de ravinement est important sur toute la route, plus sa densité ou sa fréquence par km est élevée.

IV-3. Nombre et densité de ravinements post-municipalisation (2014-2015)

Pendant la période post-municipalisation (2014-2015), les proportions entre les ravines et les ravins sont toujours en faveurs des premiers. C'est du reste logique car les ravins sont le résultat de l'aggravation des ravines. Il est normal qu'il y ait plus de ravines que de ravins. Cependant, ce qui est remarquable et plus préoccupant c'est l'augmentation du nombre de ravinements par rapport à la période avant la municipalisation. En effet, des 36 ravinements inventoriés sur ce tronçon entre 2008 et 2009, on en a compté 52 soit 16 nouveaux ravinements entre 2014 et 2015 (**Tableau 4**). Cette augmentation concerne les ravines et les ravins qui ont connu 12 formes de plus pour les premiers et 5 pour les seconds. Pour ce qui concerne les surcreusements, les travaux de remblaiement entrepris en 2012, durant les préparatifs de la municipalisation, ont fait disparaître l'un des deux, situé auparavant au niveau de Mabenga (**Photo 3, Figure 10b**). Le diagramme en bâton illustre la tendance entre le nombre des ravinements sur toute la route et la densité de ses derniers par PK (**Figure 8**).

Tableau 4 : Nombre et densité des ravinements post-municipalisation (2014-2015)

Type de ravinement	Nombre	Densité(R/Km)
Ravine	40	3,86
Ravin	11	1,06
Surcreusement	1	0,09
Total	52	5,01

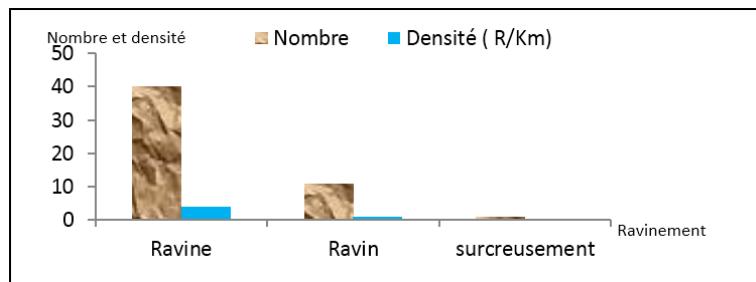


Figure 8 : Diagramme du nombre et de la densité de ravinements post-municipalisation (2014-2015)

Le **Tableau 5** et la **Figure 9** montrent les taux et la densité des ravinements sur la route de Linzolo, entre les périodes 2008-2009 et 2014-2015.

Tableau 5 : Taux de ravinement entre 2008-2009 et 2014-2015

Période	Nombre de ravinements	Taux
2008-2009	36 (VD)	44,44 %
2014-2015	52 (VA)	

Note : VD : valeur de départ et VA : valeur d'arrivée

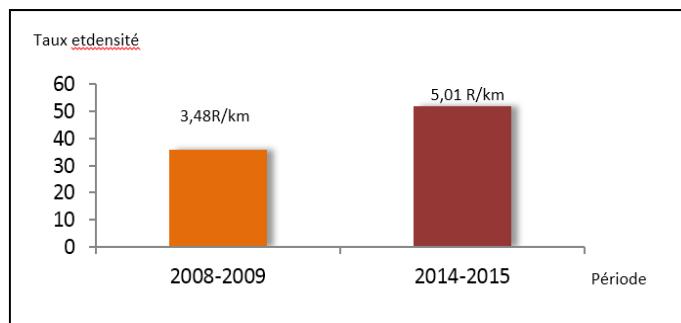


Figure 9 : Évolution de la densité des ravinements entre 2008-2009 et 2014-2015

Le taux d'augmentation des ravinements sur cette route entre les deux périodes, évalué à partir du nombre de ravinements par période (*Tableau 5*), est de 44,44 %. Le diagramme y relatif montre bien la croissance du nombre de ravinement pendant la période post-aménagement (2014-2015). La densité ou la fréquence du ravinement est passée de près de 3,5 R / Km à environ 5 R / Km, soit 18,18 % de ravinement de plus. La localisation des différentes formes faite sur le terrain montre cependant que plusieurs de ces ravinements ont résisté depuis la première période de collecte de données. C'est le cas de la plupart des ravinements situés au nord de la localité de Linzolo (*Figures 10 a et 10 b*).

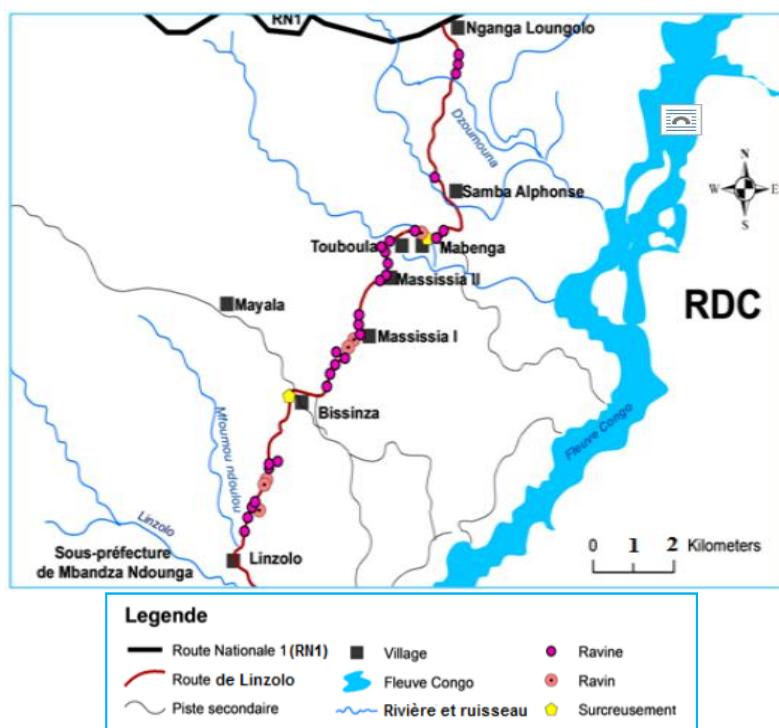


Figure10 a : Localisation des ravinements pendant la période 2008-2009

Plusieurs nouvelles formes ont vu le jour malgré ces travaux. C'est le cas au Sud de la rivière Dzoumouna où quatre nouveaux ravinements se sont formés après la municipalisation. Enfin une nouvelle catégorie de ravinement a été enregistrée, celle située à quelques centaines de mètres de la route. C'est le cas à Linzolo, à Bissinza et à Massissia I. Mais le phénomène le plus préoccupant est l'augmentation du taux de ravinement après la période post municipalisation au cours de laquelle d'importants travaux d'assainissement et d'aménagement des routes ont été menés.

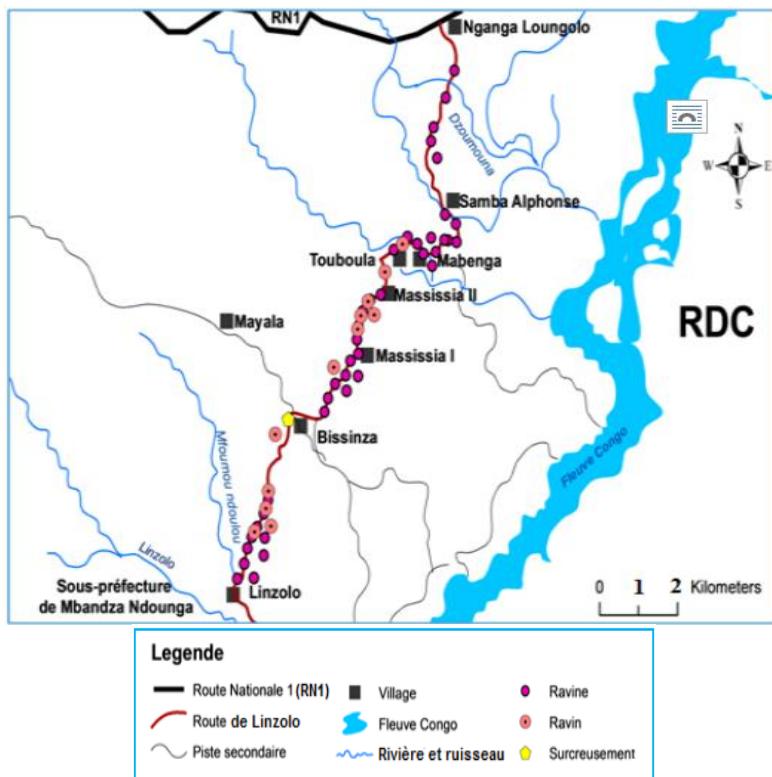


Figure 10b : Carte des ravinements pendant la période 2014-2015

IV-3. Interprétation des résultats

La dynamique du ravinement, qui se traduit par une évolution insidieuse et spectaculaire des formes citées ci-dessus, est facilitée par la fragilité du milieu physique, dues au caractère agressif du climat de la zone, proche de Brazzaville, que plusieurs auteurs ont étudiés, dont [21, 22]. Cette agressivité se manifeste par la fréquence, l'intensité et les volumes des précipitations annuels qui oscillent entre 1000 et 1300 mm d'eau, constituant ainsi l'agent essentiel de l'érosion hydrique surtout pendant les pics d'octobre à décembre et de mars à avril. Ces pluies exploitent le caractère accidenté de la topographie, sur laquelle les routes arpencent inévitablement les sommets et les flancs des collines tantôt en position de terrasse, tantôt en situation d'interfluve [1]. Les ruissellements intenses causés par la saturation des sols sur les versants et l'imperméabilisation de la route, prennent de la vitesse grâce à la longueur et l'inclinaison des pentes [23] qui varient entre 5 et 45 % sur les versants avoisinants la route et entre 3 et 7 % sur la route elle-même, exposant ces dernières aux ravinements de tout type. La nature des sols constitue également un facteur essentiel de l'érosion dans la zone d'étude.

En effet, ces sols ferrallitiques sont dans l'ensemble sensibles aux ruissellements et aux érosions. Ici, ils sont malheureusement formés à partir des sables Batékés à texture fine de près de 50 %, avec des taux des inférieures à 50 microns qui ne représentent que 10,25 % de la texture totale [1]. Mais la présence de ces derniers réduit dans une certaine mesure les capacités d'absorption des formations géologiques, à cause de leur nature gonflante [24] et facilitent le bouchage des pores des sols, favorisant ainsi le ruissellement au dépend de l'infiltration [21]. Ces derniers, qui font partie sûrement des apports externes dû aux aménagements de l'homme, sont à l'origine des types de ravinement en trapèze (**Photo 3**). Toutefois, comme nous venons de le montrer, le ravinement est l'œuvre des ruissellements abondants qui naissent pour l'essentiel sur la route elle-même. Ce sont ces écoulements d'eau qui creusent les rebords de la route en ravines puis en ravins. C'est aussi et surtout l'évacuation de ces eaux sur les versants très mal protégés qui est responsable des ravinements qui pour l'essentiel débutent sur les bas côtés et remontent par érosion régressive pour atteindre la route. Cette évacuation des eaux par ruissellement concentré, transporte et dépose dans les bas-fonds des vallées, une quantité importante des sédiments érodés sur la route et sur les flancs et/ou les versants [25].

Le manque de caniveaux constitue donc la cause principale de ce ravinement. Cependant, l'augmentation des taux de ravinement constatée entre les deux périodes étudiées prouvent que les aménagements qui ont été effectués dans le cadre des préparatifs de la municipalisation n'ont pas été bien menés. Aucune étude géotechnique n'a été refaite pour la circonstance. La société CIBACE / CIPAM qui a eu ce marché, a juste remblayé la route et colmaté quelques ravins, sans mesures techniques d'accompagnement telles que celles qui sont d'habitude prises dans le cadre du gabionnage ou de la construction des drains ou même des impluviums pour limiter la vitesse des ruissellements sur des longues sections de routes à pente inclinée. Le mauvais remblaiement de la route et des ravinements ; le manque d'entretien et la lenteur dans les réparations des formes mineures (rigoles, ornières, faïençages, etc.), ainsi que le manque d'encadrement de certaines activités anthropiques (agriculture sur les pentes avoisinant la route, désherbage et déforestation le long de la route, etc.), sont autant de manquements responsables de l'aggravation de la dégradation de la route de Linzolo. Dans ces conditions, on ne peut pas parler, comme le pensent [26], des causes naturelles, mais bien des causes anthropiques.

V - CONCLUSION

La crise de l'érosion qui détruit de façon continue la route de Linzolo date de plus de 20 ans. Cette érosion n'a pas connue une période de stabilité entre la période pré-municipalisation et post-municipalisation du Pool (2012). Le taux

d'évolution estimé à 44, 44 %, avec des densités de 3,48 (2008-2009) à 5,01 (2014-2015) de ravinements par kilomètre, justifient ainsi le dynamisme du phénomène, surtout pendant les périodes pluvieuses. Cette étude met en évidence le rôle de l'homme dans le maintien de cette érosion, qui selon [27], est la conséquence de ses activités quotidiennes. En effet l'étude montre qu'après les travaux d'aménagement effectués, le ravinement a connu une aggravation. Ce qui prouve que non seulement la vulnérabilité ou la sensibilité du milieu n'a pas été pris en compte mais aussi et surtout le travail a été bâclé au point de provoquer cette aggravation. Il s'agit donc d'un aménagement non intégré responsable du déclenchement de contraintes nouvelles qui aujourd'hui menacent cette route. Malheureusement nos observations de terrains n'ont pas suffisamment porté sur les types d'aménagement effectués de façon à relever les faiblesses des uns et des autres et d'en dégager les responsabilités dans la reprise ou le déclenchement du ravinement. De même, en terme de perspectives, il serait intéressant d'étudier de plus près, les facteurs de la concentration du phénomène à certains endroits. Enfin, l'intérêt de cette étude réside sur la cartographie de cette érosion. En effet, grâce à ce travail, les aménageurs disposent désormais d'un outil sur lequel on peut s'appuyer pour réfléchir sur l'aménagement de cet axe routier. Le caractère géoréférencé de cette carte facilite son utilisation.

RÉFÉRENCES

- [1] - I. M'BOUKA MILANDOU, "Etude de l'érosion à Linzolo et ses environs, au sud de Brazzaville". Mémoire de Maîtrise en géographie physique, géomorphologie, Département de géographie, FLSH, Université Marien Ngouabi de Brazzaville, (2009) 111 p.
- [2] - I. TOCKOL, "Contribution à l'étude de graveleux latéritiques dans les pays du Sahel : cas des routes non revêtues". Thèse de Doctorat du M.Sc.A. (Génie Civil), Ecole de Génie, Université de Moncton (Canada), (1993) 225 p.
- [3] - G. SAUTTER, "Essai sur les formes d'érosion en cirque dans la région de Brazzaville". Mémoire et document CNRS, nouvelle série, (1969) 170 p.
- [4] - B. DENIS, "Notice explicative n°52 - carte pédologique au 1/20.000^e de Brazzaville- Kinkala, République Populaire du Congo", Paris, ORSTOM, (1975) 101 p. + cartes
- [5] - M. J. SAMBA KIMBATA, "Le climat du Bas Congo", thèse de 3eme Cycle, Université de Bourgogne, Dijon, (1978) 280 + figures
- [6] - L. SITOU, B. MAYIMA, M. TCHOTSOUA, "Erosion hydrique en milieu urbain : cas du plateau de Makélékélé au sud de Brazzaville,

- Congo''. Université Marien Ngouabi – Université de Ngaoundéré, (2010) 13 p.
- [7] - B. DESCOINGS, “Les grandes régions naturelles du Congo”, Candollea, 30 (1975) 91 - 120 p.
 - [8] - J. KOECHLIN, “La végétation des savanes dans le sud de la république Populaire du Congo”, ORSTOM, Paris, (1961) 310 p. + Cartes et figures
 - [9] - H. F. DZAMITIKA, “Analyse de la pluviométrie journalière au sud du Congo (1950-2002)”, Mémoire de Maîtrise de géographie physique, spécialité : climatologie, FLSH, Université Marien Ngouabi, (2005) 53 p.
 - [10] - ATLAS JEUNES AFRIQUE, “Atlas de la République P. du Congo” .Ed. Jeune Afrique, (1972) 65 p.
 - [11] - FAO, “manuel d'évaluation locale de la dégradation des terres dans les zones sèches” (version traduite), (2007) 66 p.
 - [12] - R. LANGEVIN, H. L'ÉCUYER, R. PARE et N. LAFONTAINE, “Méthodologie d'évaluation des cas d'érosion du réseau routier dans les forêts aménagées du Québec” – *Mise à jour 2008*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 19 p.
 - [13] - M. TCHOTSOUA, “L'érosion des versants dans un centre urbain tropical de moyenne montagne : le cas des bassins de deux affluents du Mfoundi (Abiergue nord et Ntem) Yaoundé”. Mémoire de maîtrise, Yaounde-Cameroun, (1989) 176 p.
 - [14] - G. RIOU, “L'eau et les sols dans les géo systèmes tropicaux, système d'érosion hydrique”, Masson Coll. Géographie, Paris, (1990) 217 p.
 - [15] - K. E. SEUTLOALI, H. R. BECKEDAHL, “Understanding the factors influencing rill erosion on roadcuts in the south eastern region of South Africa”. School of Agricultural, Earth and Environmental Sciences, Discipline of Geography, University of KwaZulu-Natal, 2015, South Africa, 9 p.
 - [16] - R. TABBOUCHI, “Indicateurs d'état de dégradation des pistes rurales”. Rapport d'étude du Centre National d'Etude et de Recherche Routière (CNER) - Service Auscultation des Chaussées(SAC) – Maroc, (Sans année) 8 p.
 - [17] - I. A. ABDULFATAI, I. A. OKUNLOLA, W. G. AKANDE, L. O. MOMOH, K. O. IBRAHIM, “Review of Gully Erosion in Nigeria: Causes, Impacts and Possible Solutions”. Federal University of Technology (Minna) – University of Ilorin (Ilorin), Nigeria. Journal of Geosciences and Geomatics, Vol. 2, N°3, (2014) 125 - 125.
 - [18] - TWANGA YALA, “Etude de la dégradation des voies de communications par l'érosion hydrique dans le district de Mayama cas de la route Brazzaville – Mayama”, Mémoire de maîtrise en géographie physique (géomorphologie), Département de géographie, FLSH, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, (2013) 96 p.

- [19] - G. HAILE, M. FETENE, “Assessment of soil erosion hazard in Kilie catchment, East Shoa, Ethiopia”, Land degradadtion & development, 23, (2012) 293 - 306.
- [20] - L. CAO, K. ZHANG, W. ZHANG, “Factors affecting rill erosion of unpaved loess roads in China. Chinese Academy of Sciences & Beijing Normal University. Article in Earth Surface Processes and Landforms – October 2014. ResearchGate (www.researchgate.net/publication/261029288), 11 p.
- [21] - D. LOUEMBE, “les modalités de l'érosion sur le site urbain de Brazzaville”. Ter de Géomorphologie tropicale, Université Marien Ngouabi, (1978) 121 p.
- [22] - D. LOUEMBE, “Les problèmes de drainage des eaux pluviales sur le site de Brazzaville”, in actes du Colloque, Journée d'étude du 25 avril, ORSTOM, AGEKO, B/ville-Congo, (1986) 111 - 113 p.
- [23] - J. DRUAIS, “Caractérisation de l'érosion et du ruissellement des territoires aval de la Chalaronne. Propositions de mesure de gestion”. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome, spécialisation : gestion de l'eau, des milieux cultivés et de l'environnement. Min. de l'Agri. Montpellier (SupAgro) et Territoires de Chalaronne, (2009) 75 p.
- [24] - E. ROOSE, “Comparaison des causes de l'érosion et des principes de lutte antiérosive en Région Tropicale Humide, Tropicale Sèche et Méditerranéenne”. Coll. de Références N°6959 - Pédologie ORSTOM, (1972) 417 - 441 p.
- [25] - H. A. KATZ, J. M. DANIELS, S. RYAN, “Slope-area thresholds of road-induced gully erosion and consequent hillslope-channel interactions”. Département of Geography and the Environment, University of Dever (USA), USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins (USA). Earth Surface Processes and Landforms, (2013) 11 p.
- [26] - F. MAKANZU, F. MOEYERSONS, I. VANDECARTEELE, P. TREFOIS, M. NTOMBI, P. OZER, “Les villes d'Afrique centrale balafrees par l'érosion ravinante:Inventaire cartographique et impact socio-économique à Kinshasa (RDC)”. Territoires périurbains : développement, enjeux et perspectives dans les pays du Sud- Colloque international-ULg Gambloux-19 décembre, (2013) 1 p.
- [27] - L. A. P. BACELLAR, “Condicionantes geologicos, geomorfologicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do Rio Maracuja. D.Sc.Thesis, Rio de Janeiro Federal University, Rio de Janeiro, Brazil, (2000).