

## **Etude de la dynamique et des facteurs du ravin de Tchiali à Pointe-Noire en République du Congo**

### **Dynamic Study and Factors of Tchiali Ravine in Pointe-Noire, Republic of Congo**

**Léonard SITOU**

Enseignants-chercheurs, Université Marien NGOUABI, Faculté des Lettres, Arts et Sciences  
Humaines (FLASH),  
[leonardsitou@gmail.com](mailto:leonardsitou@gmail.com)

**René NGATSE**

Enseignants-chercheurs, Université Marien NGOUABI, Faculté des Lettres, Arts et Sciences  
Humaines (FLASH),  
[renengatse@gmail.com](mailto:renengatse@gmail.com)

**Maurice BAVEDILA**

Inspecteur des Collèges d'Enseignement Général, en Sciences de la Vie et de la Terre,  
Laboratoire de Géographie, Environnement et d'Aménagement (LAGEA), Brazzaville-Congo

**Date de soumission** : 18/01/2022

**Date d'acceptation** : 23/02/2022

**Pour citer cet article** :

SITOU L. & al. (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

## RESUME

Le 5<sup>ème</sup> arrondissement de Pointe-Noire est aujourd'hui le théâtre d'une intense érosion hydrique dominée par un ravin de plus de 2 km de long. En raison des dégâts qu'il engendre, ce ravin préoccupe tous les acteurs. D'où cette étude qui quantifie son évolution et analyse les principales causes de sa genèse et de sa dynamique actuelle. La méthodologie s'est basée sur l'étude documentaire, l'évaluation, sur le terrain et au laboratoire, de quelques paramètres et variables explicatifs et sur le logiciel Mapinfo pour les cartes. Il ressort de cette étude que ce ravin encore actif, qui dépasse déjà 2000 m de long, est aggravée par des lobes latéraux. Il s'est formé dans un vallon drainé et la texture sableuse des sols, évaluée à environ 73 % de sables fins, 17 % de limons et 8 % d'argiles avec 0,78 % de taux de matière organique ; les pentes du terrain atteignant par endroit 10 % et le bilan hydrique à surplus hydrologique évalué à 397,8 mm au mois de novembre 2007, sont les principaux facteurs naturels qui confèrent au milieu une forte vulnérabilité vis-à-vis de l'érosion. Ces facteurs sont aggravés par l'exploitation sans précaution des sites par l'homme.

**Mots clés :** Congo ; Pointe-Noire ; Tchiali ; érosion hydrique ; site vulnérable.

## ABSTRACT

The 5th district of Pointe-Noire is today the scene of intense water erosion dominated by a gully more than 2 km long. Because of the damage it causes, this gully is of concern to all stakeholders. Hence this study which quantifies its evolution and analyses the main causes of its genesis and current dynamics. The methodology was based on a documentary study, evaluation, in the field and in the laboratory, of some explanatory parameters and variables, and on Mapinfo software for the maps. The study shows that this still active gully, which is already over 2000 m long, is aggravated by lateral lobes. It was formed in a drained valley and the sandy texture of the soils, evaluated at approximately 73 % fine sands, 17 % silts and 8% clays with 0,78 % organic matter; the slopes of the land reaching 10% in places and the water balance with a hydrological surplus evaluated at 397,8 mm in November 2007, are the main natural factors that make the environment highly vulnerable to erosion. These factors are aggravated by the careless exploitation of the sites by man.

**Keywords :** Congo ; Pointe-Noire ; Tchiali ; water erosion ; vulnerable site

## INTRODUCTION

La dégradation des sites urbains par l'érosion hydrique est certainement l'un des phénomènes naturels les plus alarmants dans les pays en développement, particulièrement ceux d'Afrique situés au sud du Sahara (ROOSE, 1973 ; BOLLINE et ROSSEAU, 1978 ; TCHOTSOUA et BONVALLOT, 1995 ; THOURET et D'ERCOLE, 1996 ; CHEGGOUR, 2008). Les deux plus grandes villes congolaises, Brazzaville et Pointe-Noire, sont particulièrement concernées par cette triste réalité. A Pointe-Noire, quatre des six arrondissements que compte la ville en l'occurrence Tié-Tié, Loandjili, Mongo Mpoukou et Ngoyo, sont durement affectés par le phénomène. Le quartier Tchiali dans l'arrondissement 5 Mongo Mpoukou en est une parfaite illustration. En effet, il se développe dans ce quartier l'un des ravins les plus spectaculaires de la ville de Pointe-Noire, le ravin dit de Tchiali. Avec plus de deux kilomètres de long et de graves destructions à son actif, cette érosion encore très dynamique préoccupe, depuis plus d'une décennie, tous les acteurs, notamment les chercheurs qui lui ont déjà consacré quelques travaux (MAKOSSO MOUKOKO, 2012 ; BAVEDILA, 2015 ; NGATSE et *al.*, 2019 ; NGATSE, 2020).

La problématique de la présente étude se résume en deux questions principales à savoir : quelle est la dynamique actuelle de cet intense ravinement depuis 1989 et quelles en sont les principaux facteurs explicatifs.

Ainsi, la présentation du cadre général de la zone d'étude et les réponses à ces deux questions constituent les trois principales parties qui structurent cet article qui se termine par une conclusion précédée de la discussion des résultats.

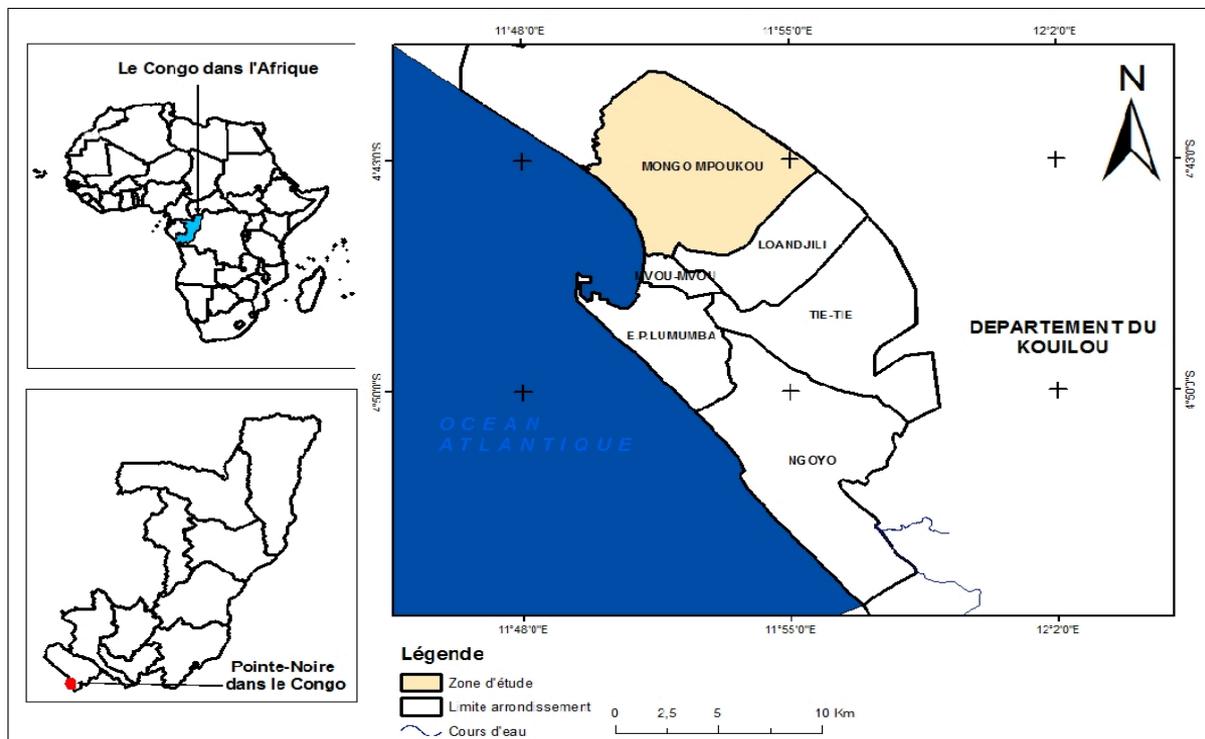
### 1. CADRE GENERAL DE LA ZONE D'ETUDE

Le ravin de Tchiali est situé dans le quartier du même nom (Tchiali), dans l'arrondissement 5 Mongo-Mpoukou, au nord-ouest de Pointe-Noire (Fig. 1). Il est entouré par les quartiers : Fouty-Soungou au nord, Tchiloulou et André Jacques au sud, Ngofo à l'Ouest et Mongo-Kamba à l'Est (Figure 2).

Le relief de cette zone d'étude est caractéristique de la région côtière congolaise. Il est constitué de deux unités topographiques majeures à savoir un plateau tabulaire qui culmine ici à 84 m d'altitude et la plaine côtière qui, dans la zone d'étude, a 8 m d'altitude moyenne et forme une large surface légèrement ondulée avec des pentes très faibles à faibles (0 à 3 %). Ces deux unités topographiques sont séparées par un talus très redressé (pente > à 10 %) et

très échanré par des excavations plus ou moins récentes et dynamiques. Le ravin de Tchiali fait partie des formes d'érosion qui découpent ce talus et rompent son caractère rectiligne.

**Figure 1 : Localisation de la zone d'étude**



Source : Réalisée par les auteurs

**Figure 2 : Ravin de Tchiali dans les différents secteurs du quartier Tchiali**



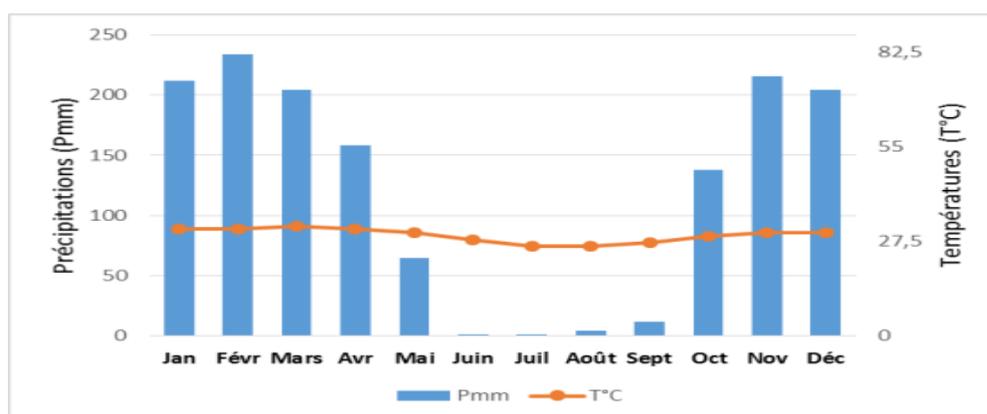
Source : Image Google complétée par les auteurs

Ces unités topographiques sont taillées dans la série des cirques d'âge plio-pléistocène (JAMET et RIEFFEL, 1976), constituée par plusieurs couches qu'on résume, dans la zone d'étude, à trois grands niveaux à savoir, de haut en bas : une couverture gris jaunâtre à ocre jaune (7 à 10 m, d'épaisseur), un horizon cuirassé (1 à 1,5 m d'épaisseur) et une succession de strates

d'épaisseur, de couleur et de texture variables (SITOU, 1994). La série des cirques est, sur la plaine côtière, recouverte à plusieurs endroits par des alluvions et colluvions du Quaternaire récent. Sur ces formations géologiques se sont développés des sols ferralitiques (JAMET et RIEFFEL, 1976).

Le climat de Pointe-Noire est de type tropical humide et chaud, caractérisé par une saison de pluies de huit (8) mois, d'octobre à mai avec une période de fléchissement de deux mois en janvier et février, et une saison sèche de 4 mois en moyenne, allant de juin à septembre (SAMBA-KIMBATA, 1978). La décennie 2007-2017 a été marquée par une pluviométrie relativement abondante notamment durant les mois allant de novembre à mars qui ont enregistré des hauteurs supérieures à 200 mm. Les températures ont également été élevées, supérieures à 25°C (figure 3).

**Figure 3 : Diagramme ombrothermique de la station de Pointe-Noire (2007-2017)**



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

## 2. MATERIEL, EQUIPEMENTS DE TERRAIN ET METHODOLOGIE

### 2.1. Matériel et équipements

Le matériel utilisé dans cette étude est le quartier Tchiali, notamment le ravinement dénommé le « ravin de Tchiali ». La réalisation de ce travail s'est faite grâce à l'utilisation d'un certain nombre d'équipements. Il s'agit principalement : d'un GPS Garmin Etrex qui a permis de relever les coordonnées géographiques de la zone d'étude ; d'un clinomètre Suunto pour la mesure des pentes ; d'un mètre à ruban pour la mesure des de certaines dimensions du ravin ; d'une règle en bois utilisée comme mire ; d'un appareil photographique pour la prise de vues ; d'un rouleau de fil en nylon qui a servi pour la mesure des profondeurs du ravin aux endroits inaccessibles.

## **2.2. Méthodologie**

Les résultats de cette étude sont le fruit de trois types d'opération complémentaires. Il s'agit de l'analyse documentaire, des travaux de terrain et des analyses de laboratoire. L'analyse des documents et les travaux de terrain (observations du phénomène et enquête auprès des populations) nous ont permis de relever l'ampleur du ravin de Tchiali et de l'inquiétude généralisée qu'il provoque, en raison des dégâts engendrés. Ceci a motivé le choix porté sur ce ravin, comme cas particulier.

### **2.2.1. Analyse documentaire**

L'étude a d'abord porté sur l'examen de plusieurs travaux antérieurs (rapports, articles, thèses, mémoires...) réalisés sur l'érosion hydrique et la région étudiée. Cette opération nous a permis de mieux cerner le sujet à partir des études d'autres chercheurs, d'avoir une vue large sur la zone d'étude et de collecter des données chiffrées qui nous ont permis de déterminer et analyser certaines variables telles le bilan hydrique et l'évolution de la population.

### **2.2.2. Travaux de terrain**

#### **➤ Observations de terrain**

Les observations de terrain ont permis de décrire le ravinement étudié et d'analyser les caractéristiques de la zone d'étude.

#### **➤ Mesures de terrain**

Les mesures effectuées sur le terrain ont concerné les pentes autour du ravin. Celles-ci ont été réalisées à l'aide d'un clinomètre. Elles ont aussi porté sur les dimensions du ravin pour les besoins de la quantification de sa dynamique et des pertes en terre engendrées par ce ravinement. Cette quantification a été faite par la méthode de cubage qui consiste à mesurer les dimensions (longueur, largeur moyenne, profondeur moyenne, ...) du ravin et à calculer sa surface puis le volume à partir des formules classiques de calcul de ces paramètres. Pour déterminer la surface et le volume du ravin principal, nous avons marqué le pourtour du ravin des points GPS. Ces points ont été raliés entre eux pour délimiter le ravin. Les données obtenues ont été traitées avec le logiciel « Mapinfo » pour déterminer le périmètre puis la surface qui, multipliée par la profondeur moyenne obtenue directement sur le terrain, nous a donné le volume du vide. Les pertes en terre ont été déterminées, pour chaque forme, en multipliant le volume des vides par la densité apparente du sol. Les points GPS et le logiciel « Mapinfo » ont été aussi utilisés pour déterminer le périmètre et la surface du bassin versant de

la zone d'étude. Pour caractériser les écoulements d'eau sur l'ensemble du bassin versant, nous avons utilisé l'indice de compacité de Gravelius ( $K$ ) calculé à partir de la formule suivante de Neuvy (1991) :  $K_G = \frac{0,28P}{\sqrt{A}}$ , Avec  $K_G$  : Indice de compacité de Gravelius ;  $P$  : périmètre du bassin versant ;  $A$  : surface du bassin versant. Cet indice renseigne sur la forme du bassin versant qui commande la vitesse des écoulements sur le bassin versant : conventionnellement, lorsque  $k_G$  est égal à 1, le bassin versant est circulaire et l'écoulement est légèrement lent. Par contre, lorsque  $k_G$  est supérieur à 1, le bassin versant est allongé et l'allongement constitue un facteur qui favorise les écoulements rapides de l'amont vers l'aval (Neuvy, 1991, cité par MFOUTOU KILONDO, 2019).

#### ➤ Des enquêtes de terrain

Sur le terrain, a été menée une enquête formelle avec des fiches ou des questionnaires, nous avons aussi échangé avec quelques populations riveraines et les autorités administratives.

#### ➤ Analyses de laboratoire

L'analyse des échantillons de sols au laboratoire nous a permis de déterminer la texture du sol, les taux de matière organique et la densité apparente autour du ravin. La texture a été déterminée par la méthode du tamisage ; la matière organique par la méthode de perte au feu utilisée par MBOUKA-MILANDOU (2020). La densité apparente ( $da$ ), utilisée dans le calcul des pertes en terre, a été déterminée avec la formule suivante :  $da = \frac{P}{V}$  ; avec  $da$  : densité apparente ;  $P$  : poids sec de l'échantillon (g) après étuvage et  $V$  ( $\text{cm}^3$ ), le volume de l'échantillon sec. Il est à noter que les échantillons, pour cette variable, ont été prélevés à l'aide de petits cylindres en métal de  $100 \text{ cm}^3$ .

Ces différentes analyses ont porté sur quatre échantillons prélevés à 50 et 100 cm de profondeur sur les parois du ravin (en aval et à la tête du ravin). Elles ont été réalisées au Bureau de Contrôle du Bâtiment et des Travaux Publics (BCBTP) de Pointe-Noire. Il importe de relever que dans le cadre de l'analyse des facteurs des ruissellements, nous avons aussi calculé le bilan hydrique des sols de la zone d'étude. Celui-ci a permis de déterminer les périodes de saturation qui favorisent les ruissellements. Il considère à la fois les précipitations, les évapotranspirations potentielles, les évapotranspirations réelles, la réserve utile, le surplus hydrologique, etc.

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Dynamique actuelle et effets du ravin de Tchiali

Le début du ravin de Tchiali est mal connu des riverains. Selon le service du cadastre de la commune de Loandjili, le ravin est né avant le lotissement du quartier durant l'année 1989, après l'occupation intense de ces quartiers qui a commencé quelques années plus tôt. Entre cette année et 2007, le ravin avait déjà atteint une longueur de 400 m. En 2015, sa longueur a atteint 1446 m (BAVEDILA, 2015), soit une augmentation de 1046 m en 26 ans. En 2020, cette longueur a atteint 2 080 m de long (tableau 1). Cette évolution spectaculaire d'environ 67 m/an ne s'est pas faite avec la même vitesse. Elle a connu des périodes d'évolution rapide et des périodes moins accélérées. La période la plus rapide a été celle de 2008 à 2011. En 4 ans, le ravin s'était allongé de 695 m soit 174 m/an (Tableau 1). De 2016 à 2020, le recul de la tête du ravin a connu sa deuxième phase la plus rapide avec une moyenne de près de 130 m/an.

**Tableau 1 : Dynamique du ravin de Tchiali de 1989-2019**

Période	1989-2007	2008-2011	2012-2015	2016-2020	Evolution totale (1989 – 2020)	Moyenne
Recul du ravin (en m)	400	695	351	648	Environ 2080	
Vitesse d'évolution m/an)	22	174	88	129.6	69	67

Source : (M. BAVEDILA, 2015, p.26, complété par les auteurs),

Ce recul rapide s'accompagne de l'agrandissement du ravin. Actuellement, la largeur de l'appareil atteint ou dépasse les 70 m aux endroits les plus larges, avec des profondeurs de plus de 35 m et pouvant atteindre 50 m à certains endroits (Photo 1). Les parois sont très abruptes avec une déclivité se situant entre 75 % et 85 %. Dans ces sections médianes, la forme du ravin est en U (Photo 1) avec un plancher ondulé par les accumulations de sables abandonnés par les ruissellements. Dans ces secteurs, les parois du ravin sont truffées de griffures d'érosion, des loupes de glissements de pans encore accrochées aux parois, de cicatrices d'arrachement... A la base des parois, on note à certains endroits des encoches liées au sapement par les ruissellements et à d'autres endroits, des amoncellements de mottes de sables résultants des écroulements des pans entiers des parois du ravin.

Tous ces micro-modelés indiquent une dynamique dominée par l'érosion latérale qui élargit le ravin au détriment du creusement vertical. Par contre, en amont, à la tête, le ravin est moins

profond et présente un profil transversal en V avec une absence de plancher, ce qui indique une dynamique récente encore dominée par une incision verticale (photo 2).

➤ **Planche 1 : Dynamique du ravinement**



Photo 1 : Secteur médian en forme de U à évolution essentiellement latérale



Photo 2 : Secteur amont en forme de V indiquant une dynamique récente dominée par le creusement



Photo 3 : Secteur aval du ravin en forme de U.



Photo 4 : surface d'épandages

Pour ce qui est du volume du vide créé par le ravin, les mesures effectuées sur le terrain et à partir des images de Google Earth nous ont permis de les évaluer respectivement à près de 4.400.000 m<sup>3</sup> avec une superficie de 125 000 m<sup>2</sup>. Avec une densité apparente évaluée à 1.36 g/cm<sup>3</sup>, les pertes en terres ont été évaluées à une moyenne de 5.940.480 t (tableau 2). A l'exutoire du ravin sur la plaine côtière, l'érosion a créé un énorme épandage de sédiments dont la surface a été évaluée à environ 14 ha (Photos 3 et 4) en 2019.

**Tableau 2 : Dimensions et pertes en terres du ravin de Tchali en 2019**

Ravin	Longueur totale (m)	Largeur moyenne (m)	Surface moyenne (m <sup>2</sup> )	Profondeur moyenne (m)	Volume moyenne (m <sup>3</sup> )	Densité apparente (da) en g/cm <sup>3</sup>	Pertes en terre (t)
Tchiali	2080	60	124.800	35	4.368.000	1.36	5.940.480

Source : Mesures effectuées par les auteurs.

Ce ravinement intense et l'énorme ensablement créé à son exutoire sont responsables de plusieurs dégâts. Les échanges que nous avons eus sur le terrain, avec les populations riveraines et les responsables administratifs de la mairie de l'arrondissement 5, indiquent que plus d'une centaine d'habitations ont été totalement ou partiellement détruites, une cinquantaine de parcelles inondées ou ensablées avec des maisons à l'exutoire du ravin (Photo 5 et 6).

➤ **Planche 2 : Quelques impacts du ravinement de Tchiali**



**Photo 5** : habitations inondées

**Photo 6** : habitations ensablées

**Photo 7** : habitations menacées à la tête d'un ravin affluent

Cette dynamique actuelle observée sur le terrain et décrite plus haut indique que cette érosion demeure très active et plusieurs habitations sont encore sous sa menace (photo 7). La dernière sortie effectuée en 2020 dans le cadre de cette étude nous a permis de dénombrer, rien que sur la paroi droite de cette forme, plus de 25 ravins affluents dont cinq (5) ont fait l'objet d'une quantification par cubage (tableau 3).

**Tableau 3 : Dimensions et pertes en terre de quelques ravins affluents du ravin de Tchiali en mai 2020.**

N°	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur moyenne (m)	Volume moyenne (m <sup>3</sup> )	Densité apparente (da) en g/cm <sup>3</sup>	Pertes en terre (t)
1	80	3	2,5	600	1,36	816
2	65	2,5	2	325	1,36	442
3	70	3,5	3,5	857,5	1,36	1166,2
4	55	4	2	440	1,36	598,4
5	75	4,5	2,5	843,75	1,36	1147,5
<b>Moy.</b>	<b>69</b>	<b>3,5</b>	<b>2,5</b>	<b>467,25</b>	<b>1,36</b>	<b>635,46</b>

**Source** : Mesures effectuées par les auteurs.

Plusieurs de ces ravins affluents approchent les cents (100) mètres de long avec des profondeurs dépassant souvent 2 mètres (tableau 3). L'enquête réalisée auprès des populations indique que la plupart de ces ravins sont nés, il y a peine quelques trois à quatre années. Les dimensions actuelles de ces formes d'érosion et leur vitesse d'évolution montrent que ces ravins sont une menace réelle pour les quartiers de ce secteur dont la vulnérabilité s'accroît chaque jour un peu plus. Plusieurs familles ont perdu leurs habitations et d'autres habitations sont menacées de destruction (photo 7 ; planche 2).

### 3.2. Les facteurs de la dynamique érosive

La dynamique du ravin de Tchiali et de ses ravins affluents est liée à la sensibilité du milieu naturel mais aussi et surtout aux effets des actions anthropiques.

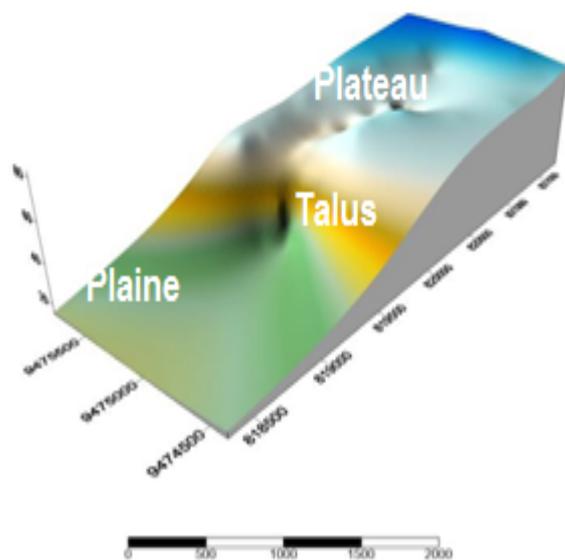
#### 3.2.1. La sensibilité du milieu naturel

Parmi les facteurs qui confèrent au cadre naturel sa vulnérabilité vis-à-vis de l'érosion hydrique, figurent la sensibilité du relief, la fragilité et le comportement des sols.

- **La sensibilité du relief**

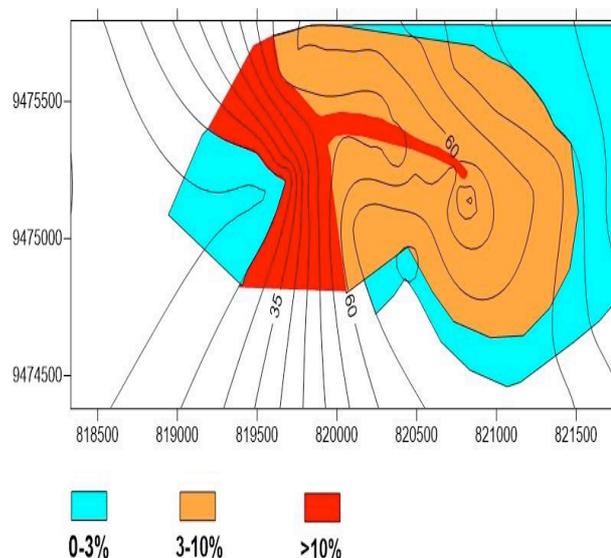
Le ravin de Tchiali s'est formé dans une petite vallée drainée par le ruisseau du même nom (Tchiali) qui entaillait le plateau et le talus avant l'occupation de cette zone par les hommes (fig.4). Cette morphologie initiale est l'un des facteurs responsables de cette dynamique érosive. La carte des pentes réalisée autour du ravin montre une prédominance des valeurs variant entre 3 et 10 % à l'intérieur du bassin versant et supérieure à 10 % sur le talus (fig.5).

**Figure 4 : Morphologie de la zone d'étude**



Source : Réalisée par les auteurs

**Figure 5 : Classe des pentes du bassin versant de la zone d'étude**



Source : Réalisée par les auteurs

Ces pentes ont aussi été évaluées le long des voiries urbaines et les résultats confirment bien les valeurs de la carte des pentes (figure 5).

**Tableau 4 : Longueurs, orientations et pentes de quelques voiries urbaines autour du ravin**

N° de la rue	Longueur (m)	Orientation	Moyenne pente (%)
1	482,22	NE-SW	7,4
2	756	NNE-SSW	3,5
3	338,6	NNE-SSW	4,4
4	224	NNE-SSW	3,7
5	276	NNE-SSW	3,3
6	521	SSW-NNE	3,8
7	559	SW-NE	3,7
8	595	SW-NE	3
9	659	SW-NE	3,8
10	728	WNW-ESE	2,92
<b>Moyenne</b>	<b>514</b>		<b>4</b>

**Source :** Mesures et calculs effectués par les auteurs (2019)

En effet, les mesures effectuées sur quelques rues qui débouchent dans le ravin montrent bien que la plupart des rues ont des pentes qui varient entre 3 et 10 % (tableau 4). Ces pentes qui sont pour la plupart orientées vers le ravin favorisent les ruissellements des eaux de pluie et leur vitesse sur les versants. L'écoulement rapide des eaux de pluies est confirmé par l'indice de compacité de Gravelius. En effet, le ravin est au cœur d'un bassin versant de 24,29 Km de périmètre et de 22 Km<sup>2</sup> de surface. Avec un indice de compacité de Gravelius égal à 1.45, le bassin versant présente une forme allongée favorable aux écoulements rapides.

- **La fragilité des sols du site**

La fragilité des sols constitue également une variable qui prédisposait ce site aux phénomènes d'érosion. Cette fragilité est liée à la structure particulière et à la texture sableuse des sols (Tableau 5). En effet, en moyenne, les formations sont à plus de 73 % constituées de sables fins avec plus de 16 % de limons et près de 9 % d'argiles. Le taux de matière organique se situe en moyenne, pour l'ensemble des deux sites de prélèvement, à moins de 1 % (tableau 5).

**Tableau 5 : Texture et MO des sols de la paroi du ravin de Tchiali**

Sites	Profondeurs (cm)	Textures (%)			Matière organique (MO) (%)	Totaux des textures et MO (%)
		S.F	L	A		
Tchiali (aval du ravin)	50	80,2	9,0	9,9	0,76	99,86
	100	82,9	8,1	8,0	0,72	99,72
Tchiali (tête du ravin)	50	70,8	18,4	9,4	0,86	99,46
	100	60,0	30,6	8,3	0,81	99,71
Moyennes des textures et MO (%)		73,47	16,52	8,9	0,78	99,68

**Source :** Mesures et calculs effectués par les auteurs, janvier 2019

Ces données indiquent que ces formations sont peu cohérentes et donc assez affouillables dans l'ensemble. Mais en dépit de la présence assez notable de la fraction fine (plus de 25 % d'inférieurs à 50 microns) qui est un facteur susceptible de pondérer les infiltrations au profit des ruissellements, ces formations ont naturellement des aptitudes à l'infiltration. En effet, le taux de perméabilité (K) évalué à 72 sur le terrain, à quelques mètres du ravin, situe ces formations dans la catégorie de bonne perméabilité (NGATSE, 2020), bien que ce taux soit l'un des plus faibles calculé sur ce plateau de Diosso-Hinda. En effet, sur ce plateau, les formations franchement sableuses avec des taux nuls de limon et d'argile ont des taux de perméabilité situés dans la catégorie « très bonne » (NGATSE, 2020).

Ainsi, si la texture est favorable à l'affouillement des sols, elle n'explique pas l'abondance des ruissellements observée sur le terrain. Plusieurs autres paramètres expliquent cette abondance des ruissellements responsables de cette intense érosion. Parmi ceux-ci figure la longue saturation des sols durant la saison des pluies. Cette saturation a été mise en évidence à travers l'étude du bilan hydrique et l'année 2007 a été prise comme année cible.

- **Un bilan hydrique à surplus hydrologique remarquable**

Le bilan hydrique permet de déterminer les périodes de saturation des sols qui influent sur les ruissellements. Sur un sol saturé, les ruissellements sont presque instantanés. La saturation est appréciée à travers la réserve utile et surtout à travers le surplus hydrologique. L'analyse des données de l'année 2007 relatives au bilan hydrique montre que les mois d'octobre et novembre forment le moment de la reconstitution de la réserve utile. La saturation des sols intervient dès le mois d'octobre et se poursuit jusqu'au mois de mai, soit huit mois sur douze (tableau 6). Pendant cette période, les sols de Pointe-Noire sont imbibés d'eau, avec des hauteurs (P) d'eau tombées supérieures aux évapotranspirations potentielles (ETP), et avec novembre comme mois le plus exposé aux ravinements et aux inondations. Le surplus

hydrologique qui est généralement à l'origine du déclenchement des ruissellements, a atteint un maximum de 397,8 mm pour le mois de novembre (tableau 6) lorsque la réserve utile est à son maximum de 200 mm. Ce paramètre varie d'un mois à l'autre en fonction de la hauteur d'eau tombée. Il chute à 229,4 mm en mai pour disparaître totalement au mois de juin.

Les populations que nous avons interrogées au cours de cette étude ont reconnu que cette année a été parmi celles où ces phénomènes d'érosion hydrique et même d'inondation ont affecté avec plus d'intensité le site de Pointe-Noire. Les inondations que la ville a connues cette année-là, sont restées d'ailleurs vivaces dans les esprits des populations interrogées.

**Tableau 6 : Le bilan hydrique du sol de Pointe-Noire en 2007**

Mois. Paramètres	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Jn	Total
P (mm)	0,1	4,5	6,6	389,3	497,8	132,4	269,6	306,0	176,3	179,5	328,4	TR	2290,5
ETP	66	74	73	94	100	100	102	101	118	108	99	73	1108
P-ETP	-65,9	-69,5	-66,4	295,3	397,8	32,4	167,6	205	58,3	71,5	229,4	-73	1182,5
RU	00	00	00	200	200	200	200	200	200	200	200	127	1727
P+RU	0,1	4,5	6,6	589,3	697,8	332,4	469,6	506,0	376,3	379,5	528,4	127	4017,5
ETR	66	65,6	6,6	94	100	100	102	101	118	108	99	73	1033,2
SH	00	00	00	95,3	397,8	32,4	167,6	205	58,3	71,5	229,4	00	1257,3
ETP-ETR	00	8,4	66,4	00	00	00	00	00	00	00	00	00	74,8

P = Précipitation

ETP = Evapotranspiration potentielle

R.U = Réserve Utile (R.U. maximum = 200 mm)

ETR = Evapotranspiration Réelle

SH = Surplus hydrologique

ETP – ETR = Déficit hydrique

Preuve :  $P = ETR + SH$

$P = 1033,2 + 1257,3$

$P = 2290,5$

R.U.max = 200 mm

**Source :** Calculs effectués par les auteurs à partir des données de 2007.

Toutefois, il importe de noter que chaque année ou presque les phénomènes d'érosion hydrique sont observés à Pointe-Noire pendant toute cette période qui correspond à la saison des pluies, car la saturation des sols réduit les infiltrations au profit des ruissellements. Elle constitue de ce fait un des facteurs explicatifs de l'abondance des ruissellements qu'on observe sur le terrain dès le début de la saison des pluies. La saturation des sols réduit également la cohésion du sol en liquéfiant les liants naturels des différentes particules, d'où leur mobilisation facile par les gouttes de pluie et le ruissellement (NGAZZI, 2017), d'où le ravinement observé partout où les conditions sont réunies comme sur le site de Tchiali en étude.

Cependant, la sensibilité du milieu naturel liée, entre autres, à la présence quasi généralisée des pentes, à la fragilité des sols et au bilan hydrique à surplus hydrologique remarquable, ne

justifie pas, à elle seule, l'ampleur de ce ravinement. En effet, les témoignages recueillis et les observations faites sur le terrain indiquent que cette érosion est postérieure à l'occupation humaine. De même, sur ce même plateau, les zones encore inoccupées ou peu occupées sont encore stables (photos 8, planche 3). L'occupation de ce plateau par l'homme a sans doute été un élément déclencheur de cette dynamique érosive.

### **3.2.2. Les facteurs anthropiques**

Les facteurs anthropiques n'ont été évalués que qualitativement à travers des observations de terrain. L'homme a joué et joue un rôle déterminant dans le déclenchement et le maintien de cette érosion. L'occupation du site et la mauvaise gestion des eaux de pluies sont les principaux paramètres responsables de la rupture d'équilibre morphogénétique.

- **L'occupation sans précaution du site**

L'occupation de ce site date de la fin des années 70 et du début des années 80. Elle s'est faite sans tenir compte de la fragilité du milieu et surtout sans aucune précaution. L'un des facteurs d'accélération de l'érosion liés à l'occupation humaine est la disposition des voiries dans le sens des pentes. En effet, comme on le voit sur l'image de la figure 2 (page 3), les principales rues sont disposées sur les versants du vallon de la rivière Tchiali, perpendiculairement au fond de celle-ci et sur le talus qui sépare le plateau de la plaine côtière.

Ces voiries dont la plupart ont une pente inférieure à 10 %, ont toutes plusieurs centaines de mètres de long (tableau 4). La pente et la longueur de ces voiries augmentent la vitesse des ruissellements.

- **La gestion des eaux de pluies**

Les eaux de pluies dans les quartiers sont systématiquement évacuées dans les voiries urbaines qui sont dans leur grande majorité dépourvues de caniveaux (photo 8). Cette pratique fait de ces rues et ruelles de véritables canaux d'écoulement des eaux de pluies vers les principaux exutoires que sont la vallée de Tchiali et la plaine côtière. Ainsi, la densification progressive de la population a contribué à l'augmentation des volumes des ruissellements drainés par ces voiries urbaines en direction de ces deux exutoires. Le fond de la vallée de Tchiali a fini par être raviné. De toutes les voiries de la zone d'étude ayant fait l'objet de relevés topographiques, dix sont aujourd'hui coupées par le ravin dont les parois, en reculant, ont atteint le sommet ou presque des versants. De même, tous les ravins latéraux qui sont nés le long des parois du ravin principal, se sont calqués sur les voiries urbaines.

➤ **Planche 3** : Occupation et exploitation de la zone d'étude



**Photo 8** : Surface du talus interne encore peu occupé au nord de la zone d'étude.

**Photo 9 et 10** : Reste de l'enclos du point de chute du canal des eaux de la National 1 Pointe-Noire / Brazzaville (lac chinois).

Toutefois, les observations faites sur le terrain indiquent que l'origine de ce ravin est une retenue d'eau créée en amont de ce vallon de Tchiali. En effet, selon les populations interrogées, à quelques dizaines de mètres de la tête de cette vallée, il a été aménagé un bassin de réception où débouche un collecteur drainant les eaux en provenance d'une section du caniveau de la route nationale n°1 qui relie les villes de Pointe-Noire et Brazzaville et qui a été construite par une société chinoise. Dans ce bassin s'est formé progressivement un lac artificiel que les populations ont baptisée « le lac chinois ». Après plusieurs mois d'existence, cette étendue d'eau s'est asséchée et les témoignages des populations indiquent que cet assèchement du lac a coïncidé avec l'accélération de l'érosion du ravin de Tchiali. Selon nos observations et nos analyses, cet assèchement rapide du lac chinois s'explique par une intense infiltration et ce drainage vertical abondant a dû contribuer au gonflement de la nappe servant de source d'alimentation du ruisseau qui draine cette vallée. Cette augmentation rapide du débit du ruisseau d'eau a dû jouer un rôle essentiel dans l'accélération de cette érosion. Aujourd'hui, de ce lac, il ne reste plus que l'enclos qui le délimitait (photos 9 et 10). Les eaux drainées par le canal qui y échouent dans cet enclos à chaque pluie s'infiltrent aussitôt. Elles continuent à influencer, pluie après pluie, sur la dynamique de cette érosion.

## DISCUSSION

Le ravin de Tchiali a aujourd'hui plus de 2 km de long et près de 125.000 m<sup>2</sup> soit 12.5 ha de superficie avec une perte en terre d'environ 5.940.480 t, soit 475.238,4 t/ha. La vitesse d'agrandissement de ce ravin a été en moyenne de près de 70 m/an avec des pointes de près de 174 m/an entre 2008 et 2011 et de 130 m/an entre 2016 et 2020. Ces dimensions et cette dynamique spectaculaires n'ont pas encore été rapportées par d'autres auteurs pour la ville de Pointe-Noire, mais des formes de plusieurs centaines de mètres de long ont déjà été évoquées

par d'autres chercheurs au Congo. Sur le même site de Pointe-Noire, R. NGATSE (2020, p. 98) dans sa thèse, a décrit plusieurs ravins de plus de 300 mètres de long et de plusieurs mètres de large. A Brazzaville, un ravin ouvert dans la rue Nguelé-Okassa qui sur le versant droit de la Mikalou qui mesurait en 2005, 120 m de long et 26 m en moyenne de large a atteint 300 m de long, 40 m en moyenne de large en 2006 (NGAZZI, 2007, cité par NGAZZI, 2017).

Plusieurs facteurs expliquent cette dynamique érosive. En effet, les résultats de cette étude montrent que le ravin de Tchiali s'est formé sur un site très sensible. Cette sensibilité est liée d'abord à la fragilité du sol mais aussi et surtout à la présence quasi généralisée des pentes. Les pentes fortes (>10 %) qu'on observe sur le talus et sur les versants du vallon initial, les pentes moyennes (3 à 6 voire 7 %), plus répandues sur le reste du site et celles inférieures à 3 % présentes au sommet du plateau, contribuent toutes énormément à la dynamique du ravin. Ce facteur accélérant est connu de tous les chercheurs. Pour FOURNIER (1967) cité par ROOSE et LELONG (1976), même les pentes les plus faibles peuvent être à l'origine du phénomène d'érosion des sols. Dans une autre étude PROFFITT et ROOSE (1991) ont montré que même sur une pente inférieure à 1 % mais longue, l'érosion (par décapage superficiel) peut se produire mais sans formation de rigoles ou de ravines. Laubier et *al.* (2001), cité par LOUBA, (2018) a établi des valeurs qui établissent des rapports entre les pentes, les ruissellements 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). La sensibilité du site est aussi liée à la fragilité du sol, elle-même tributaire de sa texture qui influe sur le bilan hydrique dont le rôle dans l'abondance des ruissellements et l'intensité des érosions a été démontré. Le rôle du bilan hydrique a aussi été mis en évidence dans beaucoup de recherches, notamment par B. A. MAYIMA (2007) et par NGAZZI (2017) où il a été signifié que la période allant de décembre à mai est celle de la saturation des sols, donc des ruissellements instantanés et d'érosion des sols.

Mais cette sensibilité n'est qu'un facteur qui prédispose le site aux érosions. L'homme et ses actions sont les causes directes de cette érosion et plusieurs auteurs l'ont aussi reconnu ailleurs. Selon LOUEMBE et TCHICAYA (1993), les ravinements des sites urbains du sud-Congo ont tous une origine anthropique. TCHOTSOU et BONVALLOT (1994) stipulent que

« ces accidents résulteraient d'une mauvaise évaluation des risques naturels lors de l'élaboration des plans d'urbanisme qui tiennent peu compte des manifestations érosives souvent imprévisibles à court terme. Au plan social, l'occupation spontanée des sols faite de volonté clairement affichée, n'est ni réglementée, ni contrôlée ». Ainsi, cette très forte dynamique érosive s'explique par le fait qu'elle se manifeste en milieu urbain plus agressif que le milieu rural. En Tunisie, à l'Oued Tine, le recul d'un ravin en 24 ans était estimé à 5,21 m/an, avec une perte en terre de 2,268 ha sur 24 ans qui représentent 0,095ha/an (BOUHAFIA et JENDOUBI, 2011). Au Burundi, sur des sites ruraux assez accidentés, la perte de terre a été évaluée entre 200 et 400t/ha/an par RISHIRUMHIRWA (1997). A Souagui, micro-bassin de l'Isser en Algérie, le ravinement qui caractérise la dynamique érosive est estimée à 4900t/km<sup>2</sup>/an (49t/ha/an) est qualifiée d'agressive (DEMMAK et al., 1991).

## CONCLUSION

Le ravin de Tchiali, avec plus de 2 km de long et près de 125.000 m<sup>2</sup> de superficie, est sans doute le ravin le plus spectaculaire de la ville de Pointe-Noire. Son évolution est loin de s'arrêter et sa dynamique s'explique d'abord par, la sensibilité du milieu naturel liée, entre autres, à la présence quasi généralisée des pentes dont les valeurs dépassent presque partout les 2 % et avoisinent ou atteignent, à plusieurs endroits, les 10 % ; à la fragilité des sols constitués de plus de 70 % de sables fins, de près de 20 % de limons et d'environ 10 % d'argiles, avec un taux de matière organique inférieur à 1 % et au bilan hydrique à surplus hydrologique remarquable. Mais la sensibilité du milieu naturel n'explique pas seule cette dynamique érosive. L'occupation sans précaution de ce plateau par l'homme et la mauvaise gestion des eaux de pluies sont sans nul doute les éléments qui ont déclenché et maintiennent cette érosion.

Ainsi, comme on peut le noter, cette étude a un intérêt scientifique et social évident car elle met à la disposition de la communauté scientifique et des décideurs politiques et administratifs, des données permettant de comprendre le fonctionnement de ce milieu et de prendre des mesures correctives.

Mais il importe de relever qu'une meilleure gestion des eaux de pluie devrait permettre d'atténuer l'évolution de ce ravin. En effet, la réduction des ruissellements le long des voiries qui s'inclinent vers ce ravin est l'une des solutions à ce problème. Elle nécessite la mise en place d'un système permettant de retenir les eaux de pluie dans les parcelles. La réussite de cette opération passe par la sensibilisation et la formation de la population qui nécessitent



l'étude de la perception qu'elle a de ce phénomène. Cette perception de l'érosion par la population riveraine devrait permettre d'évaluer son degré de connaissance du phénomène et de définir une stratégie pour son implication à la gestion de cette érosion. De ce fait, l'étude de la perception du phénomène par la population constitue la principale perspective de cette étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**BAVEDILA M. (2015).** Dynamique érosive du ravin de Tchiali à Pointe-Noire (Congo). Mémoire pour l'obtention du diplôme de master d'inspection des CEG, Ecole Normale Supérieure, Université Marien Ngouabi, 78 p.

**BOLLINE A. et ROSSEAU P. (1978).** Erodibilité des sols de Moyenne et Haute Belgique, Utilisation d'une méthode de calcul du facteur K de l'équation universelle de perte de sol. Bulletin de l'association géographique de Liège n°14, 14<sup>ème</sup> année, avril 1978, p. 127-140.

**BOUHAFI T. et JENDOUBI S. (2011).** L'étude de la dynamique érosive dans la vallée d'Oued Tine affluent d'Oued El Ramel (le haut Tell) : essai de quantification par SIG. Unité de Recherche de Biogéographie et de Climatologie Appliquée. Faculté des Lettres, Manouba. Laboratoire de Cartographie Géomorphologique des Milieux, des Environnements et des Dynamiques. Tunis. pp. 258-259

**CHEGGOUR A. (2008).** Mesure de l'érosion hydrique à différentes échelles spatiales dans un bassin versant montagneux semi-aride et spatialisation par des S.I.G : Application au bassin de la Rhéraya, Haut Atlas, Maroc. Thèse de Doctorat. Université CADI AYYAD. Faculté des Sciences. Rabat. 231 p.

**DEMMAK A., OUAAR M. et GUEDJAL A. (1991).** Quantification de l'érosion à l'exutoire de micro-bassins en zone semi-aride. In Erosion et Conservation des Sols partie III ; Ed. AUPELF-UREF. Paris. pp 179-188.

**JAMET R. et RIEFFEL J. M. (1976).** Note explicative n°65, Carte pédologique du Congo à 1/200.000, Feuille Pointe-Noire, Feuille Loubomo, O.R.S.T.O/M, 177 p.

**LOUEMBE D. et TCHICAYA J. A. (1993).** Les problèmes de la dégradation des sites urbains par l'érosion hydrique : Cas des villes du sud du Congo PNAE Brazzaville, 111 p.

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

**MAKOSSO MOUKOKO W. (2012).** Etude de la dynamique géomorphologique actuelle des sites de Pointe- Noire : cas de l'arrondissement n°4 Loandjili, Mémoire de maîtrise. Université Marien NGOUABI, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines (FLSH), Brazzaville, 80 p.

**MAYIMA B. A. (2007).** Etude de l'érosion dans les quartiers Kinsoundi, Météo, Ngangouoni, Moukoundzi-Ngouaka dans le bassin versant du Djoué au sud de Brazzaville. Mémoire de maîtrise, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, université Marien Ngouabi, Brazzaville, 120 p.

**MFOUTOU KILONDO W. B. (2019).** Morpho dynamique Fluviale actuelle dans le bassin versant de la Mfilou à Brazzaville, mémoire de Master, l'Université Marien NGOUABI, spécialité géomorphologie dynamique, 91 p.

**NGATSE R. MAYIMA B. A. SAMBA-KIMBATA M. J. et BOUZOU MOUSSA I. (2020).** Perception du phénomène des ravinements par les populations de Pointe-Noire en République du Congo, Afrique Science 16(2) (2020) 22-33, ISSN 1813-54X, <http://www.afriquescience.net>, p.22-33

**NGATSE R. SITOU L. et MAYIMA B. A. (2019).** Les facteurs naturels de la dégradation par l'érosion hydrique du site de l'arrondissement 4 Loandjili à Pointe-Noire (République du Congo), Baluki (Revue de Sciences géographiques, d'environnement et d'aménagement), 2019 (3<sup>ème</sup> année), n°5, Vol. III, p.58-72

**NGATSE R. (2020).** Dégradation par l'érosion hydrique et l'inondation du site urbain de Pointe-Noire en république du Congo et perception des phénomènes par les populations, Thèse de Doctorat Unique de l'Université Marien NGOUABI, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, spécialité géomorphologie dynamique, 403 p.

**NGAZZI P. M. J. (2017).** Evaluation de l'efficacité des méthodes de lutte contre l'érosion hydrique à Brazzaville. Thèse de Doctorat unique de l'Université Marien NGOUABI, spécialité géomorphologie dynamique, 298 p.

**ROOSE E. (1973).** Dix-sept années de mesures expérimentales de l'érosion et du ruissellement sur un sol ferrallitique sableux de basse Côte d'Ivoire, Contribution à l'étude de l'érosion hydrique en milieu intertropical. Thèse présentée à la faculté des sciences de l'université d'Abidjan pour obtenir le titre de docteur-ingénieur, 221 p.

**ROOSE E. et LELONG F. (1976).** Les facteurs de l'érosion hydrique en Afrique tropical. Etudes sur petites parcelles expérimentales de sol. Revue de géographie physique et de géologie dynamique, (2), VOL., XVIII, FASC. 4, pp. 365-374, PARIS.

**SAMBA-KIMBATA M. J. (1978).** Le climat du Bas-Congo. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Université de Bourgogne, Dijon, 280p. + figures.

**SITOU L. (1994).** Les cirques d'érosion dans la région de Pointe-Noire (Congo) : étude géomorphologique. Thèse de Doctorat Unique. ULP de Strasbourg, CEREG, 225 p + annexes

**TCHOTSOUA M. et BONVALLOT J. (1994).** Crise socio-économique et érosion accélérée à Yaoundé : une contribution à la gestion de l'environnement urbain en milieu tropical humide. Communication-Réseau Erosion- Colloque de Paris (20-23 septembre 1994), 18 p.

**TCHOTSOUA M. et BONVALLOT J. (1995).** Phénomènes d'érosion et gestion urbaine à Yaoundé (Cameroun), Pratiques de gestion de l'environnement dans les pays tropicaux. Talence, DYMSET, CRET. Revue Espaces tropicaux n°15, p. 517-528.

**THOURET J.-C. et D'ERCLOE R. (1996).** Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales. Cah. Sci. Hum, 32(2) 96 : 407-422