

Revue HoPE

Occupation du sol et risques de dégradation par l'érosion hydrique dans les quartiers Gaston MPOUILILOU et Florent NTSIBA à Kintélé (République du Congo)

Land use and risks of degradation due to water erosion in the Gaston MPOUILILOU and Florent NTSIBA neighbourhoods in Kintélé (Republic of the Congo)

Destin Gemard LOUBA ^a

a. Enseignant-Chercheur, Université MARIEN NGOUABI (UMNG), Ecole Normale Supérieure (ENS), Laboratoire de Géographie, Environnement et Aménagement (LAGEA)

Résumé

Gaston MPOUILILOU et Florent NTSIBA sont deux quartiers de la commune urbaine de Kintélé, où le paysage fait actuellement l'objet de profondes mutations sous l'effet d'une urbanisation alimentée par une croissance démographique rapide, les exposant aux risques érosifs. La présente étude porte sur la cartographie de l'occupation du sol, la quantification de l'évolution de cette occupation et l'analyse des principaux indicateurs des risques d'érosion hydrique. Elle s'appuie sur le traitement des images Landsat, les observations de terrain, ainsi que sur les analyses du laboratoire. Les résultats indiquent que de 2011 à 2024, la dynamique de l'occupation du sol se manifeste par une régression des formations végétales, qui sont passées de 1790,5 à 1454,7 hectares, soit une perte de 335,8 (soit d'environ -18,7 %). Dans la même période, les zones urbanisées sont passées de 263,4 ha en 2011 à 685,4 ha en 2024, soit une progression absolue de 422 ha. Cette extension correspond à un taux de croissance de 160,2 % de la surface bâtie, laquelle occupe désormais environ 23,2 % de la superficie totale du territoire étudié, contre 8,9 % initialement. Ces mutations observées se font dans une zone climatiquement agressive, dont la moyenne de l'IF est évaluée à 80 MJ·mm/ha·an, pédologiquement fragile (environ 96 % de sables) et, topographiquement favorable aux ruissellements, dont les valeurs de pentes allant de 5 à 75 % occupent environ 2539 hectares, presque 80 % de la superficie totale. Face à cette vulnérabilité, il est impératif d'analyser ces dynamiques afin de dégager les contraintes pesant sur le milieu. Cette démarche permettra de définir le rôle de chaque acteur et de mettre en place un plan d'action pour un développement durable.

© Revue HOPE, tous droits réservés

Mots clés : Kintélé, occupation du sol, risque, dégradation, érosion hydrique.

Abstract

Gaston MPOUILILOU and Florent NTSIBA are two neighborhoods in the urban municipality of Kintélé, where the landscape is currently undergoing profound changes due to urbanization driven by rapid population growth, exposing them to erosion risks. This study focuses on mapping land cover, quantifying changes in land cover, and analyzing the main indicators of water erosion risks. It is based on the processing of Landsat imagery, field observations, and laboratory analyses. The results indicate that between 2011 and 2024, land-use trends were characterised by a decline in vegetation cover, which fell from 1,790.5 to 1,454.7 hectares, representing a loss of 335.8 hectares (or approximately 18.7%). Over the same period, urbanised areas increased from 263.4 ha in 2011 to 685.4 ha in 2024, representing an absolute increase of 422 ha. This expansion corresponds to a growth rate of 160.2% in built-up area, which now occupies approximately 23.2% of the total area of the study site, compared with 8.9% initially. These changes are occurring in a climatically harsh zone, where the average IF is estimated at 80 MJ·mm/ha·year, is pedologically fragile (approximately 96% sand) and, topographically, prone to runoff, with slopes ranging from 5 to 75% covering approximately 2,539 hectares, almost 80% of the total area. Given this vulnerability, it is imperative to analyse these dynamics in order to identify the pressures affecting the environment. This approach will enable the role of each stakeholder to be defined and an action plan for sustainable development to be put in place.

© Revue HOPE, all right reserved

Keywords: Kintélé, land use, risk, degradation, water erosion.

† Auteur correspondant : Destin Gemard LOUBA loubadestingemard@gmail.com

Article reçu le : 28/04/2026, Version corrigée reçue le 10/06/2026, Accepté le 30/06/2026.

1. Introduction

Erigé en 2017, en commune à part entière dans le district d'Igné, département du pool, et devenu en février 2025, une ville du ressort du département de Brazzaville, Kintélé constitue à cet effet un cas particulièrement intéressant pour l'étude des interrelations entre l'occupation humaine et les risques de dégradation du sol. En effet, la ville connaît au cours de ces dernières années, comme d'ailleurs c'est le cas dans la plupart des villes des pays en développement, une densification importante et rapide de l'espace (M. TCHOTSOUA, 1994 ; L. SITOU, 2008 et M.Y. HOKILI et L. SITOU, 2024). Cette évolution qui se poursuit de façon ininterrompue dans les zones à risque, se fait au mépris des exigences de la dynamique du cadre physique et du plan d'ensemble. Cette situation est souvent à l'origine de la dégradation des sols, qui se manifeste par la disparition du couvert végétal, l'érosion des sols, la pollution, la diminution de la biodiversité et la destruction des habitats naturels (D.G. LOUBA, 2024 ; L. SITOU, 2025 ; J.R. KOMBO-KISSANGOU et L. SITOU 2025), compromettant ainsi à la sécurité environnementale.

Les quartiers Gaston MPOUILILOU et Florent NTSIBA sont deux quartiers de la commune urbaine de Kintélé, où les changements de l'occupation des sols se sont intensifiés depuis plus d'une décennie à cause des pressions exercées par l'homme sur cet espace. La conversion des espaces naturels en zones d'habitation et d'activité, a provoqué une rupture d'équilibre naturel et augmenté la vulnérabilité de ce site aux risques de dégradation par l'érosion hydrique (R. NGATSE, D. G. LOUBA et S. ASSOUNGA OBELANDO, 2026). De nombreuses études réalisées à travers le monde ont montré que, l'absence d'une planification appropriée pour l'utilisation de l'espace, provoque ou mieux expose les sols à l'érosion. Face à cette pression exercée sur l'espace, les populations sont amenées à occuper des zones initialement considérées comme inconstructibles, tels que les zones de collines, les flancs de collines, les versants de vallées et les bas-fonds, naturellement exposées aux risques d'érosion, de glissement de terrain, de coulée de boue ou d'inondation (P. OZER, 2019).

A cet effet, l'analyse de la dynamique de l'occupation des sols dans ces deux quartiers s'avère essentielle. Elle permettra non seulement de quantifier la dynamique de cette occupation, mais aussi d'évaluer les risques d'érosion induits par cette dynamique. Ceci en vue d'améliorer la compréhension sur les processus de dégradation des sols et d'identifier en même temps les zones à risque. L'analyse permettra également d'orienter les actions de conservation des sols et de fournir aux autorités compétentes les informations nécessaires en vue d'une élaboration des politiques d'aménagement du territoire et des approches efficaces pour une gestion durable des espaces.

Ainsi, le présent travail vise, à travers une étude diachronique, à cartographier l'occupation de l'espace dans les quartiers Gaston MPOUILILOU et Florent NTSIBA de 2004 à 2024, à analyser cette dynamique d'occupation du sol, ainsi que les indicateurs de vulnérabilité de ce milieu aux risques de dégradation par l'érosion hydrique. C'est dans ce contexte que se situe globalement notre étude.

2. Méthodologie

2.1. Présentation de la zone d'étude

La ville de Kintélé est située entre 4° 08' 09" de latitude Sud et 15° 20' 57" de longitude Est. Elle couvre une superficie d'environ 135,8 km², et forme la banlieue nord-est de la ville de Brazzaville. Les quartiers Gaston MPOUILILOU et Florent NTSIBA, objet de cette étude, couvrent environ 29,5 km², soit près de 22 % de la superficie totale de la ville (figure 1). Topographiquement, les deux quartiers sont établis sur le plateau de Mbé. Ce relief est assez ondulé dans ces deux quartiers, avec des collines atteignant 530 mètres d'altitude. L'allure convexo-rectiligne des versants et la vigueur des pentes dépassant 30 % à certains endroits, offrent aux ruissellements un caractère torrentiel. Le complexe pédogéologique sur

lequel sont implantés les deux quartiers est caractérisé par la série des Plateaux Batéké, qui date du tertiaire (CERAPE-Sofreco, 2012). Une série qui présente une lithologie favorable à la dégradation par l'érosion. Au niveau inférieur de cette série, on trouve des grès polymorphes (Ba₁), tendres avec des grains fins et très réguliers. Le sommet de cette série est dominé par des sables ocre (Ba₂) d'environ 90 mètres d'épaisseur.

Les quartiers Gaston MPOUILLOU et Florent NTSIBA sont sous l'influence du climat tropical humide, caractérisé par une chaleur permanente, dont la moyenne varie généralement entre 25 et 26 °C selon les années. Le régime climatique compte deux saisons contrastées, une sèche et une autre pluvieuse. La première s'étend sur 4 mois (juin à septembre), mais n'est pas absolue, car quelques averses sont enregistrées courant la période et, est plus marquée en juillet (R. NGATSE, D. G. LOUBA et S. ASSOUNGA OBELANDO, 2026). La saison humide qui dure 8 mois, d'octobre à mai, est caractérisée par deux périodes dont les pluies sont particulièrement érosives. Il s'agit de la période allant de novembre à janvier et de mars à mai (G. Toli, 2020).

La végétation de la ville de Kintélé est aussi caractéristique que son relief. A l'échelle de la ville, c'est une savane d'herbes et d'arbustes qui domine (G. SAUTTER, 1960), avec une exception dans les deux quartiers en étude, où les formations forestières priment sur la savane (figure 2 et tableau 3, p. 43). Malgré la forte pression anthropique exercée sur l'espace, le paysage de Kintélé comporte encore quelques endroits (sommets et flancs de collines, longueur des rivières) où on trouve des forêts de taille réduite, se présentant sous forme de bosquet et de galerie. Mais la dynamique spatiale qui s'opère dans des quartiers spontanés de la ville, comme ceux en étude, agresse progressivement ce couvert végétal, tout en exposant le sol aux effets directs des pluies.

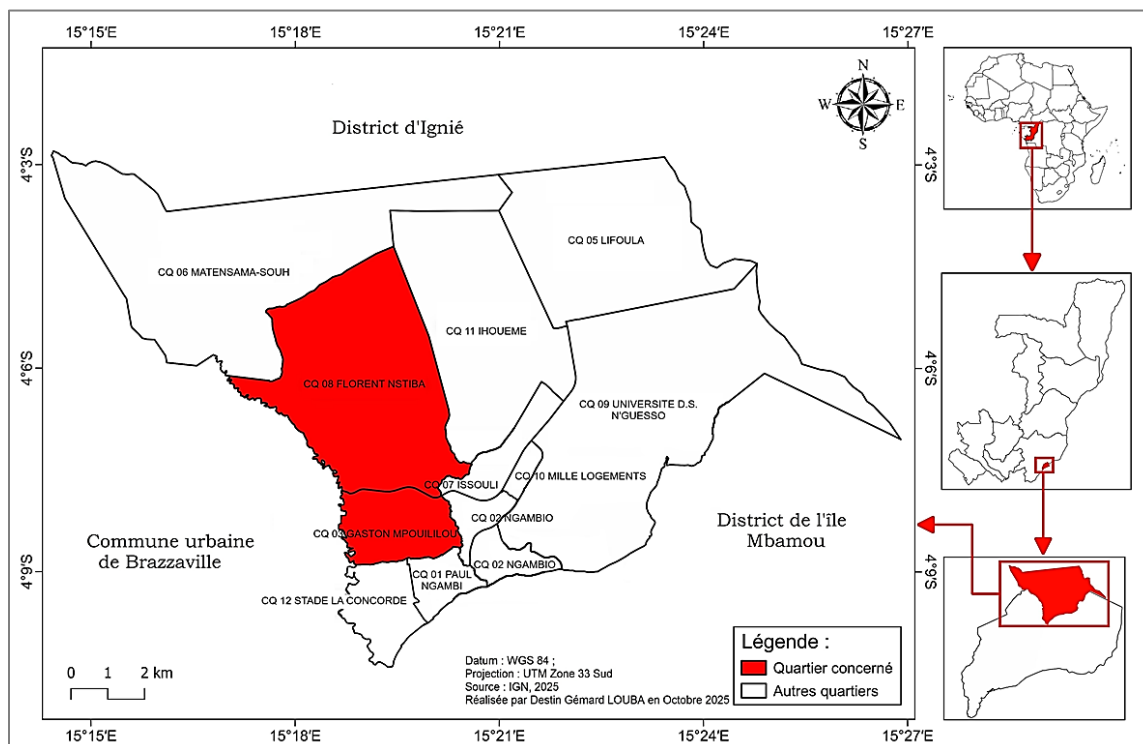


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2.2. Données utilisées et approche méthodologique

Le suivi de l'évolution de l'occupation du sol, les analyses au laboratoire et l'étude de l'agressivité des pluies, ainsi que des sensibilités pédologique et topographique, sont les principaux paramètres utilisés au

cours de cette étude pour évaluer la vulnérabilité du milieu aux risques de dégradation par l'érosion hydrique.

2.2.1. Technique de réalisation des cartes

L'étude de l'évolution de l'occupation du sol a été réalisée sur trois années différentes (2011, 2017 et 2024).

Choix et acquisition des images

Les images satellitaires représentent un outil important pour suivre l'évolution de l'occupation du sol. Ainsi, les images obtenues et utilisées dans ce travail, sont celles issues de deux capteurs de la série Landsat : Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) pour l'année 2011 et Landsat 8-9 OLI/TIRS (Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor) pour les années 2017 et 2024. Leurs caractéristiques sont présentées dans le Tableau 1. La disponibilité, la qualité, ainsi que la bonne résolution spectrale sont des critères qui justifient le choix de ces images.

Tableau 1 : Caractéristiques des capteurs Landsat et bandes utilisés

Satellites	Capteurs	Référence	Date d'acquisition	Résolution spatiale	Bandes
Landsat 7	EMT +	Path19, 0W50	30/06/2011	30 m	2,3,4
Landsat 8-9	OLI/TIRS	Path16, Row37	11/12/2017 04/03/2024	30 m	2,3,4

Traitement des images

Prétraitement

La phase a permis de préparer les images pour les analyses thématiques et pour l'extraction des données utiles à l'atteinte des objectifs fixés. Géoréférencées (Projection UTM, Zone 33 S correspondant à la commune de Kintélé) au préalable avant leur utilisation, les images Landsat acquises sous forme de bandes individuelles en niveau de gris au format Géotiff de l'USGS (*United States Geological Survey*), ont été compilées, pour avoir une image multi spectrale unique. Une composition RVB (Rouge-vert-Bleu) en fausses couleurs s'est effectuée à partir de bandes (4-3-2) pour les trois années. Elle est accompagnée d'un rehaussement linéaire du contraste (2 %) pour abonner la qualité perceptuelle d'images sur l'écran.

Détermination des zones d'entraînement

Le logiciel QGIS 3.44 est celui qui a permis de déterminer les zones d'entraînement. Les différences sont observées en comparant les images, en tenant compte de caractéristiques tels que le ton, la forme, la taille ainsi que la texture (H. B. GOMA BOUMBA, 2020). Grâce aux informations spectrales et spatiales, les classes d'occupation du sol ont été définies et regroupées en quatre classes : la forêt, la savane, le sol nu et la zone urbanisée. Les zones d'entraînement correspondantes à l'occupation du sol ont ainsi été extraites à l'issue de cette identification.

Classification des images Landsat

Les données d'entraînement ainsi obtenues, la classification qui est un processus de reconnaissance des formes des éléments, a été une procédure suivante. Cette classification se résume, en télédétection, à faire la correspondance entre une scène de l'image matérialisée généralement par ses valeurs radiométriques et des classes connues a priori ou non par l'utilisateur (A. DIOUF, 2012). La correspondance est réalisée par des fonctions discriminantes sous forme de règles de décision ou des distances géométriques. Le

résultat est une image univariable (représentation thématique) représentant des classes distinctes correspondantes aux différents thèmes au sol (A. DIOUF, 2012). La classification supervisée est la méthode utilisée pour étudier les transformations de milieu, du fait qu'elle soit plus robuste et pratique. La méthode par Maximum de vraisemblance a été l'algorithme choisi pour réaliser cette classification dirigée. Cette méthode est particulièrement intéressante sur le plan mathématique, puisqu'elle s'appuie sur les propriétés statistiques des échantillons représentatifs des différentes classes préalablement identifiées dans l'image. La méthode évalue, pour chaque pixel, la probabilité d'appartenance à chacune des classes, puis l'assigne à la classe dont la probabilité est la plus élevée.

Evaluation des variations spatiotemporelles des classes d'occupation des sols (OS)

La quantification des variations spatiotemporelles des classes d'OS ont été évaluée grâce à une approche statistique, dont la fiabilité statistique des classifications a été obtenue directement sous le logiciel OTB incorporé dans le logiciel QGIS. La formule ci-après est celle utilisée pour détecter des changements dans l'OS :

$$S = S_2 - S_1 \quad (1)$$

S : superficie du changement, *S₁* : superficie année initiale et *S₂* : superficie année suivante

Pour mettre en lumière les effets induits par l'homme sur le milieu, à travers ses activités, plusieurs analyses basées sur l'évaluation des changements survenus ont été effectuées à différentes échelles. A l'échelle globale, nous avons effectué l'évaluation du taux de changement global (**Tg**). Ces changements ont été déterminés en deux dates de la période allant de 2011 à 2024. La formule ci-dessous présentée a permis son évaluation :

$$Tg = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \times 100 \quad (2)$$

Où **Tg** : Taux de changement global ; **S1** : superficie d'une classe d'unité de surface à la date initiale ; **S2** : la superficie de la même classe d'unité de surface à la date suivante.

A l'échelle moyenne, nous avons procédé à l'évaluation du taux moyen annuel d'expansion spatiale (**Tc**). Il s'agit d'une analyse approfondie, le plus souvent utilisée dans les travaux sur le changement d'occupation du sol, qui s'effectue isolément au sein de chaque unité d'occupation. Ce taux de changement ou taux moyen annuel d'expansion a été évalué par la formule de B. Bernier (1992), citée par D.K. KPEDENOU, O. DRABO, P.A. OUOBA (2017). Cette formule se présente comme suit :

$$Tc = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) \times \ln e} \times 100 \quad (3)$$

Où **Tc** : taux de changement ou taux moyen d'expansion spatiale ; **S1** : la superficie d'une classe d'unité de surface à la date **t1** ; **S2** : la superficie de la même classe d'unité de surface à la date **t2** ; **ln** le logarithme népérien et **e** : la base des logarithmes népériens (**e** = 2,71828)

La progression de la superficie entre deux années est indiquée par des valeurs positives, la régression par des valeurs négatives et la stabilité de la classe par des valeurs proches de 0.

2.2.2. Méthode d'analyse au laboratoire

Les analyses au laboratoire ont porté sur la granulométrie et la détermination de la matière organique du sol, effectuées au laboratoire du Centre de Recherches Géologiques et Minières (C.R.G.M) de Brazzaville. Deux échantillons au total ont été analysés au laboratoire. Ces derniers ont été prélevés sur la paroi d'un ravin à deux profondeurs différentes (0,5 et 1 mètre). Les deux échantillons ont été prélevés dans un endroit précis. L'objectif ici est de connaître les caractéristiques physiques et mécaniques des sols de cette zone, essentielles pour comprendre le comportement de ces sols face à l'eau pluviale. Les

deux profondeurs de prélèvement ont été utilisées pour comparer les caractéristiques des sols en surface et en profondeur. Ceci permet de rendre l'analyse plus fiable et plus précise.

Les fractions granulométriques

La détermination des fractions granulométriques a été réalisée grâce à la méthode normalisée AFNOR (Association Française de Normalisation), une méthode qui a permis de classer les particules du sol de chaque échantillon prélevé, selon leur taille. Les essais ont été réalisés en suivant un protocole bien déterminé, qui se résume en deux phases (fractions grossières et fractions fines). Les fractions grossières, dont les diamètres sont compris entre 0,05 mm et 2 mm, ont été obtenues par tamisage. Les fractions fines par contre, dont les diamètres sont inférieurs à 0,05 mm, ont été déterminées à l'aide du principe de la pipette de Robinson, en appliquant la loi de Stokes, qui décrit la chute d'une particule dans un liquide.

La matière organique du sol

Dans le même laboratoire, les analyses pour obtenir la matière organique ont également été réalisées. La détermination de la teneur de la matière organique du sol de la zone d'étude a été effectuée à l'aide de la méthode de perte au feu (PAF).

2.2.3. Evaluation des indicateurs de vulnérabilité aux risques d'érosion hydrique

L'évaluation des indicateurs de vulnérabilité du site aux risques de dégradation par l'érosion hydrique s'est faite par les calculs et les analyses de certains paramètres naturels

Evaluation de l'agressivité des pluies

L'agressivité des pluies a été appréciée à travers l'indice de Fournier. Cet indice est un, parmi tant d'autres qui traduisent le pouvoir érosif d'une pluie vis-à-vis du sol. F. Fournier (1960) le définit comme le rapport entre les pluies du mois le plus humide de l'année et la quantité annuelle des pluies. La relation utilisée se présente comme suit:

$$I = \frac{pm^2}{P}$$

Où : I = Pouvoir érosif ;

pm : Pluviométrie moyenne du mois le plus humide élevée au carré ;

P : Pluviométrie moyenne annuelle

Nous nous sommes servis des données récentes fournies par l'Agence Nationale de l'Aviation Civile (ANAC), de 2014 à 2023 pour calculer cet indice. La détermination des degrés de vulnérabilité et l'analyse des résultats des différents indices se sont appuyées sur le modèle des classes d'érosivité proposé par FOURNIER en 1960 (tableau 2).

Tableau 2 : Classification de l'érosivité

IF (Indice de Fournier)	Classification
0 – 20	Très faible
20 – 40	Faible
40 – 60	Modérée
60 – 80	Forte
80 – 100	Très forte
> 100	Extrêmement forte

Source: (F. FOURNIER 1960)

Evaluation de la sensibilité des pentes

L'évaluation des pentes a été effectuée grâce à l'usage d'un Modèle Numérique de Terrain de 30 mètres de résolution. Téléchargées sur le site officiel de l'USGS (United States Geological Survey), les données utilisées dans ce modèle ont été fournies par la mission SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de l'année 2015. La zone de projection WGS 84/UTM Zone 33 Sud, est celle où ces données ont été extirpées. Pour calculer le niveau de pente, nous avons fait usage de la formule de Zevenbergen et Thome et le ré-échantillonnage sur la méthode cubique. Le mode d'évaluation sur une classification de 6 classes de pentes retenu est l'intervalle. Le traitement de toutes les données MNT a été réalisé avec le logiciel QGIS 3.44 ce qui avait permis d'obtenir des classes de pentes.

3. Résultats

3.1. Validation des classifications des images

L'analyse diachronique de trois images Landsat (2011, 2017 et 2024) a permis de réaliser l'étude de la dynamique de l'occupation du sol. Cette étude s'est appuyée sur la classification supervisée des images, à partir de l'algorithme de « maximum de vraisemblance ». Les résultats issus de cette classification indiquent un niveau « bon à excellent », dont la précision globale est de 97,01 % avec un coefficient de Kappa de 0,96 pour l'image de 2011. En 2017, la précision globale est de 95,12 %, pour un coefficient de Kappa de 0,93. Pour l'année 2024 enfin, la précision globale est de 99 % et le coefficient de Kappa de 0,98. Des niveaux de précision acceptables d'après R.G. CONGALTON (1991), qui pense qu'une classification est jugée acceptable lorsque la précision globale avoisine 80 %. Les coefficients de Kappa des trois images, témoignent aussi un niveau satisfaisant, car selon R. G. J. PONTIUS (2000), une analyse d'image dont la valeur de Kappa est supérieure à 50 %, les résultats sont bons et par conséquent exploitables.

3.2. Dynamique de l'occupation du sol

Les quartiers Gaston MPOUILLOU et Florent NTSIBA restent sous la domination constante de la pression des populations. Les études menées dans ce secteur montrent que le besoin en espace exprimé par la population, qui se traduit par les occupations anarchiques, est un principal facteur aggravant, qui expose la zone d'étude aux risques de dégradation par l'érosion hydrique. L'analyse des cartes d'occupation du sol de 2011 à 2024 révèle un recul progressif des formations naturelles au profit des formations anthropiques dans les deux quartiers. La figure 2 et le tableau 3 mettent en évidence les changements intervenus. On remarque que, les formations végétales constituées de la forêt et de la savane ont régressé. Cette régression s'explique par la diminution de leurs surfaces qui sont passées de 1790,5 hectares à 1760 hectares de 2011 à 2017, pour atteindre 1454,7 hectares en 2024. Cette diminution représente une perte de 335,8 hectares de la superficie initiale, soit 18,8 %. L'observation reste la même avec les sols nus, qui occupaient 901,1 hectares en 2011, soit 30,5 % de la superficie totale, pour passer à 672,1 hectares en 2017 et à 815,2 hectares en 2024, soit 27,6 % de la superficie totale. Une perte de 85,9 hectares, qui correspond à un recul de 9,5 %. Pour un taux moyen annuel de régression d'environ 1,7 % pour la forêt et la savane, et 0,8 % pour les sols nus, la réduction de l'espace végétal et des sols nus sont sans nul doute le résultat de l'accroissement des zones urbanisées. Ces dernières sont passées de 263,3 hectares à 522,9 hectares de 2011 à 2017, soit 8,9 à 17,7 % de la superficie totale. En 2024, la surface des zones urbanisées a atteint 685,1 hectares, soit 23,2 % de la superficie. Ceci représente une progression de 421,8 hectares, soit environ 160,2 %, pour un taux moyen annuel d'expansion spatiale estimé à 7,4 %. Ces résultats indiquent bien une emprise progressive de l'homme sur l'espace dans ces deux quartiers. Or cette progression des aires urbanisées est un facteur qui aggrave les risques de dégradation du sol par l'érosion.

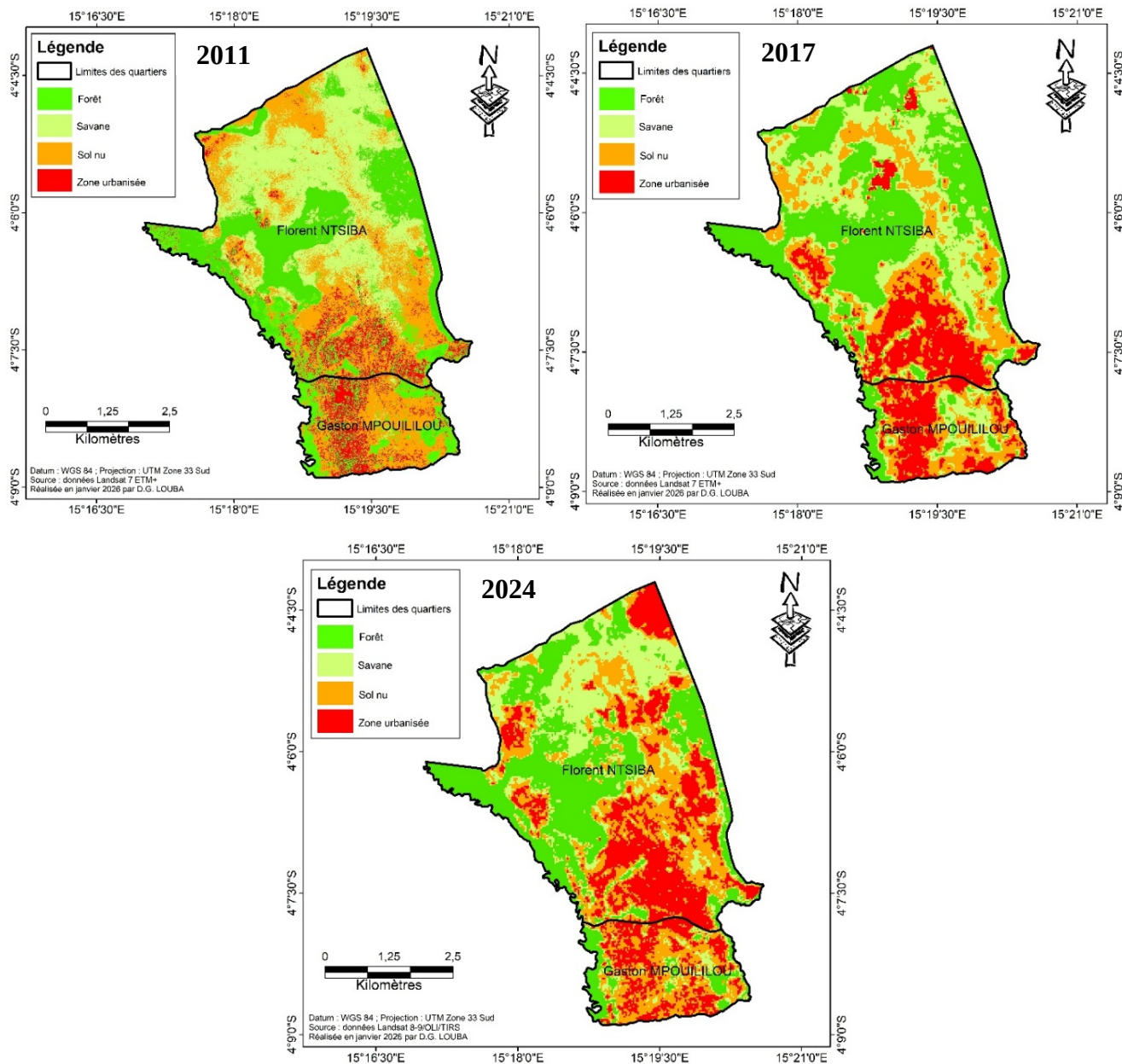


Figure 2 : Evolution de l'occupation du sol dans les quartiers Gaston MPOUILILOU et Florent NTSIBA de 2011 à 2024

Tableau 3 : Surface et taux de changement des différentes unités étudiées de 2011-2024

Années		2011		2017		2024		Variation		Taux de changements	
Surface d'occupation		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Tg	Tc
Types d'occupation	FO + SA	1790,5	60,6	1760	59,6	1454,7	49,2	-335,8	-11,4	-18,8	-1,7
	SN	901,1	30,5	672,1	22,7	815,2	27,6	-85,9	-2,9	-9,5	-0,8
	ZU	263,3	8,9	522,9	17,7	685,1	23,2	421,8	14,3	160,2	7,4
Totaux		2954,9	100,0	2954,9	100,0	2954,9	100,0				

Source : Données Landsat 7, traitées par l'auteur (2026)

3.3. Les indicateurs de risques de dégradation

La vulnérabilité de la zone d'étude s'explique à travers certains facteurs physiques, considérés comme des indicateurs probants de risques de dégradation par l'érosion hydrique. Il s'agit entre autre :

3.3.1. Des pluies abondantes et agressives

L'indice de Fournier est celui utilisé dans cette étude pour apprécier l'agressivité des pluies à Brazzaville et ses environs. Il reste l'indicateur le plus important dans l'étude de la vulnérabilité au risque de l'érosion hydrique. Ceci par le fait que la pluie reste la cause primaire du déclenchement du processus de destruction des agrégats du sol, tandis que le ruissellement n'assure que le transport des particules détachées (E. ROOSE et F. LELONG, 1976). Les résultats obtenus à l'issue de l'évaluation de cet indice sont représentés dans la figure ci-après. Ils couvrent une période de 10 ans, allant de 2013 à 2022.

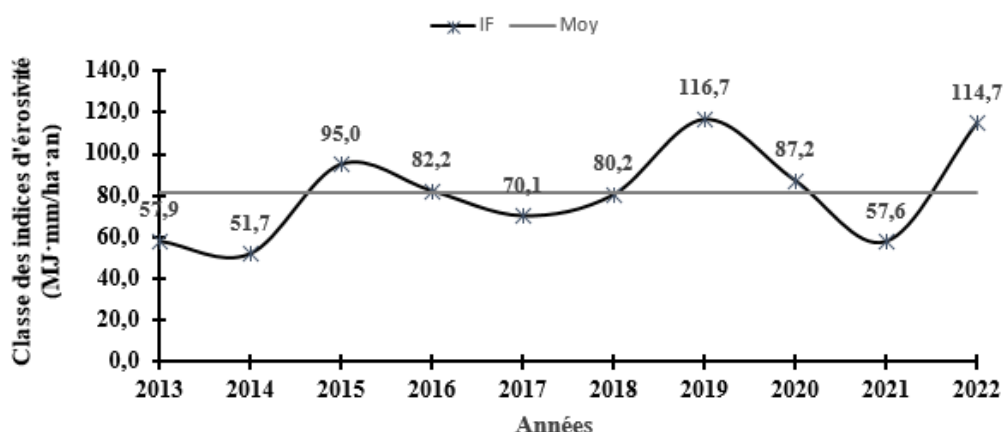


Figure 2 : Indices d'érosivité de Fournier à Brazzaville et ses environs de 2013 à 2022

Source : Données de l'ANAC, traitées par l'auteur

L'observation et l'analyse de cette figure montrent que les valeurs de l'IF dans Brazzaville et ses environs oscillent entre 51,7 et 116,7 MJ·mm/ha·h, pour une moyenne périodique d'un peu plus de 80 MJ·mm/ha·an. En référence au tableau de classification de F. FOURNIER (1960), l'érosivité de la zone d'étude varie donc de modérée (2013, 2014 et 2021) à extrêmement forte (2019 et 2022). Les années 2015, 2016, 2018 et 2020 ont plutôt une érosivité très forte, alors qu'elle est forte en 2017. Ces valeurs toutes supérieures à 50 MJ·mm/ha·an., illustrent parfaitement le caractère particulièrement agressif des pluies qui s'abattent dans cette zone. Avec des changements environnementaux observés dans les deux quartiers, changements qui se traduisent par la disparition progressive de l'écran végétal au profit des bâtis et des sols nus, les risques de dégradation des sols sont bien très élevés avec des tels indices.

Aussi, la structure et la texture de l'espace étudié, constituent-elles un indicateur pédologique qui détermine également les risques de dégradation de cette zone par l'érosion hydrique.

3.3.2. Des sols sensibles à la dégradation

Les résultats consignés dans le tableau 4, sont ceux issus des analyses granulométriques effectuées à partir de deux échantillons prélevés à deux profondeurs, à la limite des deux quartiers. Ces analyses ont permis d'identifier les fractions de particules des sols de cette zone, utiles pour mieux apprécier leur susceptibilité à l'aléa d'érosion hydrique.

Tableau 4 : Texture et matière organique des sols de la zone d'étude

Site	Profondeur (cm)	Texture (%)			MO (%)
		Argiles	Limons	Sables	
Kintélé (à la limite des 2 quartiers)	50	1,10	0	95,30	3,60
	100	1,30	0	97,30	1,40
Moyennes spécifiques		1,20	0	96,30	2,5

Source : Données analysées au laboratoire

Comme nous pouvons le constater, les résultats contenus dans le tableau ci-dessus, présentent une texture dominée par des fractions sableuses, dont la teneur se place légèrement au-dessus de 96 %. Cette composition granulométrique est un indicateur déterminant de la sensibilité du sol, car elle influence directement sa structure. Une structure qui d'ailleurs se caractérise par une teneur assez faible des liants, dont le taux (des argiles et de la matière organique) n'atteint pas 4 % (tableau 4). Avec des pluies qui s'abattent dans la zone, dont le potentiel érosif varie généralement de fort à extrêmement fort (**figure 3**), cette situation rend particulièrement le sol vulnérable à l'arrachement et au transport des particules qui le composent.

3.3.3. Une topographie favorable à aux ruissellements

Les pentes de la zone d'étude, générées à partir du modèle numérique de terrain, sont présentées dans la figure 4. Cette figure présente la carte des pentes des deux quartiers étudiés, en catégories, selon le degré de la déclivité du terrain, telles que nulle (0-3 %), faible (4-9 %), modérée (10-15 %), forte (16-30 %), très forte (31-60 %) et extrêmement forte ou abrupte (> 60 %).

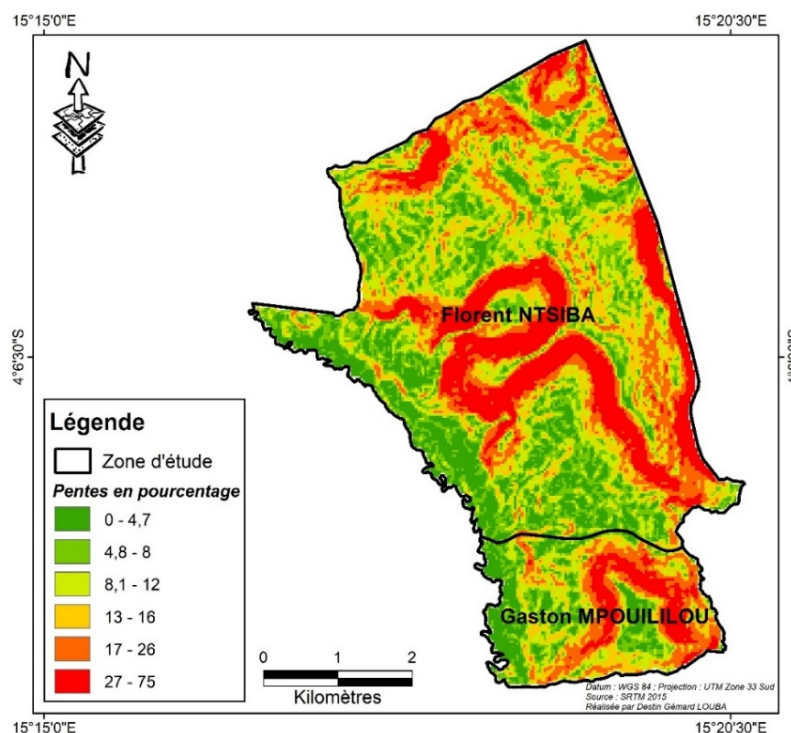


Figure 3 : Carte des pentes des quartiers Florent NTSIBA et Gaston MPOUILLOU

En effet, on constate que la zone d'étude présente toutes les catégories de ces pentes, et que ses espaces à hauts risques sont densément construits par la population. Cette occupation qui suit dangereusement son cours dans les zones les plus exposées, a eu raison des normes d'occupation prescrites, et a augmenté la dangerosité et la vulnérabilité du site face à l'aléa d'érosion hydrique. Cette situation est non seulement

alimentée par le besoin viscéral de la population d'être chez soi, mais aussi par le coût moins coûteux des terrains situés aux endroits plus dangereux et de l'indifférence des pouvoirs publics.

Le tableau ci-dessous montre la répartition des superficies en fonction des limites des pentes et de leur effet sur l'érosion dans la zone d'étude.

Tableau 5 : Répartition des surfaces en fonction des classes de pente et de leur effet sur l'érosion dans les quartiers Gaston MPOUILLOU et Florent NTSIBA

Classe	Limites des pentes (%)	Surface			Indicateur de sensibilité à l'érosion
		ha	km ²	%	
1	[0 – 4,7]	415,8	4,2	14,1	Faible
2	[4,8 – 8]	730,6	7,3	24,7	Moyen
3	[8,1 – 12]	494,0	4,9	16,7	
4	[13 – 16]	379,0	3,8	12,8	
5	[17 – 26]	492,6	4,9	16,7	Fort
6	[27 – 75]	442,5	4,4	15,0	Très à extrêmement fort
Total		2954,5	29,5	100,0	

L'observation et l'analyse du tableau montrent bien que les pentes sont inégalement réparties sur le site. La classe de pentes considérée comme faible, représente 415,8 hectares, donc 14,1 % de la superficie totale. Elle correspond aux zones de faibles élévations ou vallonnées. La sensibilité à l'érosion dans ces zones reste faible. Et pourtant, une pente, même faible (< 5 %), peut produire les ruissellements avec des incisions plus ou moins profondes (D. DUPILET, 2003), même lors des événements pluvieux peu abondants. Les zones moyennement sensibles à l'érosion représentent plus de la moitié de l'espace, à peu près 1604 hectares, presque 54 % de la superficie totale. Des sensibilités à l'érosion allant de forte à très forte et extrêmement fortes occupent 935,1 hectares, soit un peu plus de 31 % de la superficie totale. Avec des valeurs de pentes allant de 5 % à 75 %, qui occupent la superficie de la zone d'étude à plus de 80 %, on ne pourrait que s'attendre à des ruissellements généralisés ou presque et au transport des particules vers le bas, à cause de leur effet sur l'augmentation de l'énergie cinétique du ruissellement.

4. Discussion

L'intérêt porté depuis un certain temps sur les études qui lient l'occupation du sol et les risques d'érosion n'est plus à démontrer. De nombreuses études effectuées sur la question, dans la sous-région et à l'international illustrent bien cet intérêt pour des chercheurs. Mais il nous a paru plus important, dans le cadre de cette étude, de s'accentuer sur la démarche méthodologique utilisée pour suivre l'évolution de l'occupation du sol et pour apprécier quelques indicateurs naturels qui prédisposent le site d'étude aux risques de l'aléa d'érosion hydrique.

4.1. Sur la méthodologie appliquée pour suivre l'évolution de l'occupation du sol

La démarche méthodologique appliquée dans ce travail pour suivre l'évolution de l'occupation du sol a déjà été utilisée par plusieurs chercheurs tels que D. K. KPEDENOU, O. DRABO, P. A. OUOBA (2017), Y. M. HOKILI et L. SITOU (2024), L. SITOU (2025). Ces derniers se sont appuyés sur les outils de la télédétection et ceux des systèmes d'information géographiques pour mettre en place les cartes d'occupation du sol, afin de suivre efficacement des changements environnementaux qui interviennent sur les différents types d'occupation des années de la période choisie.

En effet, le suivi de l'évolution du paysage réalisé sur le territoire de Ouatchi, au sud-est du Togo, entre 1958 et 2015 par D. K. KPEDENOU et *al.*, (2017), grâce à une analyse diachronique qui s'appuie sur les

images Landsat, montre une régression de la surface occupée par la végétation (forêt + savane) d'environ 58355,7 ha en 2015, alors qu'elle était de 144534,8 ha en 1958. Ce qui occasionne un taux de changement global d'environ 40,4 %. Dans la commune urbaine de Gamboma, dans le nouveau chef-lieu du nouveau département "Nkéné-Alima", les travaux de recherche entrepris par Y. M. HOKILI et L. SITU (2024), ont permis d'observer les changements environnementaux intervenus dans cette commune au cours d'une période de 20 ans (2000 à 2020). Leurs travaux ont révélé que cet espace a perdu 722 ha de superficie de ses formations végétales (forêt galerie, savane arbustive et savane herbeuse) en 2020, contre 2979 ha qui existaient en 2000, soit un taux de régression de 24,2 % environ. Alors que ceux entrepris, toujours par télédétection dans le quartier Indzouli, dans le septième arrondissement de Brazzaville, par L. SITU (2025) de 2002 à 2022, montrent un taux de régression des formations végétales (forêt et savane) d'environ 75,2 %, soit 195 ha disparu, contre 260 ha de l'année initiale. Si les résultats obtenus par les auteurs précédemment cités, sont loin d'être similaires aux nôtres, cela se justifie par la différence de pas de temps choisi par ces auteurs. Les premiers ont travaillé sur 57 ans (1958-2015) et les deux derniers sur 20 ans (2000-2020 et 2002-2022). Alors que notre analyse ne couvre qu'une période de 13 ans, de 2011 à 2024. Dans tous les cas, on note néanmoins des changements notoires et inquiétants qui s'expliquent par une disparition progressive des formations végétales.

4.2. Indicateurs de prédisposition aux risques d'érosion hydrique

Cette occupation qui se poursuit au détriment des formations végétales et de plus en plus au profit des zones aux risques élevés, rend les deux quartiers vulnérables aux dangers de l'aléa d'érosion hydrique. Ces risques sont perceptibles à travers certains indicateurs présents dans la zone, qui d'ailleurs ont déjà fait l'objet de recherche dans d'autres zones, par certains géomorphologues.

C'est le cas Y. B. TOKO, D. BAWA, L. KANKPENANDJA et al., (2023), au sud-ouest du Togo, dans le bassin versant de la rivière Aka, qui ont étudié l'agressivité climatique à travers l'Indice de Fournier dans six stations. Cette étude a révélé une moyenne globale de 93 MJ·mm/ha·an, pour des indices qui varient entre 24 et 162 MJ·mm/ha·h sur les six stations. Bien que les valeurs obtenues par ces auteurs présentent des différences avec les nôtres, elles indiquent néanmoins, comme les nôtres, le caractère particulièrement agressif des précipitations. B. A. MAYIMA (2015), sur le site de Kondi, dans la période allant de 2004 à 2013, trouve un indice moyen de 50,41 MJ·mm/ha·h. Cet indice global, bien qu'il soit assez loin inférieur à celui trouvé dans ce travail, indique une pluviométrie assez violente pour déclencher le ravinement. De même, les études entreprises dans les sous-préfectures de Djambala et Lékana, dans le département des Plateaux, en République du Congo, par D. G. LOUBA (2024), arrive à la même conclusion, quand elles montrent que les pluies sont, sans aucun doute le principal indicateur des risques de dégradation des routes dans les deux localités. Cette zone caractérisée par des pluies généralement agressives, présente un sol à dominance sablonneux, avec environ 96 % de sables et une faible teneur en liants (moins de 4 %). Des caractéristiques qui indiquent une grande sensibilité à l'érosion et à l'affouillement. Sur le tronçon Kouya-Alleme, dans le district d'Ewo, en République du Congo, S. ASSOUNGA OBELANDO et L. SITU (2022), ont trouvé des caractéristiques similaires, où la teneur moyenne en sables a été évaluée à presque 86 % et environ 9 % de liants. Par contre, les résultats produits par J. MORSCHEL et D. FOX (2004), en France, sur les collines du Lauragais en Haute-Garonne, sur 4 points de ces collines (sommets, versants, bases des versants et vallées alluviales) indiquent des valeurs élevées à tous les niveaux sur les limons, avec un taux moyen d'environ 38 % contre presque 32 % des sables. Ces résultats indiquent toujours une fragilité des sols, car les valeurs les plus fortes s'observent sur les sols les moins résistants à l'érosion. Les longueurs, les déclivités et les surfaces occupées par chaque classe de pentes dans la zone d'étude sont aussi un autre indicateur de leur vulnérabilité à l'érosion, du fait de leur rôle dans l'augmentation du débit et de la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement. Les travaux menés dans les localités de Djambala et Lékana par D. G. LOUBA, R. NGATSE et L. SITU (2025), ont trouvé des caractéristiques des pentes presque pareilles à celles

trouvées dans cette étude. On remarque dans leurs résultats que les pentes allant de modérées à extrêmement abruptes occupent plus de la moitié (à peu près 67 %) de la surface de la zone d'étude. Ce qui participe énormément à l'exposition de la zone à l'érosion hydrique. F. MUAMBA KALENDA BWANDAMUKA et *al.*, (2021), à la ferme de Kasapa, à Lubumbashi, en RDC, ont trouvé des résultats sur des classes de pentes différents des nôtres. Leurs résultats indiquent plutôt la plus grande superficie (68 %) aux classes de pentes allant de nulles à faibles.

Conclusion

L'étude décrite ci-dessus, a montré l'importance des outils de télédétection et de ceux des Systèmes d'Information Géographique (SIG), dans l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol et dans la conception de certaines cartes. Cette étude a révélé que le paysage est en mutation dans les quartiers Gaston MPOUILLOU et Florent NTSIBA. L'accroissement démographique qui a généré une pression foncière, a considérablement modifié la configuration spatiale du milieu physique. Les résultats issus de l'analyse des cartes d'occupation produites, ont indiqué que les formations naturelles (forêt + savane) sont passées de 1790,5 hectares à 1454,7 hectares, soit une perte d'environ 336 hectares, alors que les zones anthropisées sont marquées par une extension de leur surface, passant de 263,3 hectares à 685,1 hectares, soit 422 hectares de progression absolue, de 2011 à 2024. Cette pression foncière exercée par la population, pour conquérir de nouveaux espaces dans cette partie de la commune urbaine de Kintélé, est de toute évidence inquiétante. Elle se fait dans une zone prédisposée à des risques de dégradation par l'érosion hydrique. Cette prédisposition aux risques de dégradation par l'érosion se traduit par une pluviométrie agressive, dont les indices de Fournier varient entre 51,7 et 116,7 MJ·mm/ha·h. Le caractère très affouillable de la texture des formations géologiques, constituée en moyenne d'environ 96 % de sables, avec une faible teneur des fractions inférieures à 50 microns (1,20 %) et de la matière organique (2,5 %) est aussi un autre élément de prédisposition de la zone aux risques de dégradation. A cela s'ajoute la présence des pentes favorables aux ruissellements, dont celles allant de moyennes à extrêmement fortes occupent plus de la moitié de la superficie de la zone d'étude, soit environ 2539 hectares.

Face à cette pression anthropique qui occasionne tant des problèmes environnementaux, il est plus qu'important que les autorités en charge de gestion des affaires foncières mettent en place un plan d'action. Ce plan devrait être basé à la fois sur la sensibilisation et l'éducation de la population sur les risques encourus d'occuper anarchiquement l'espace. Le suivi de l'évolution de l'espace à partir d'une étude diachronique, afin de cerner des mutations qui interviennent sur l'environnement devrait également faire partie de ce plan d'action.

Références

Assounga Obelando, S., et Sitou, L., (2022). « Etude de la vulnérabilité aux risques d'érosion hydrique de la route nationale n° 10 (RN10), tronçon Kouya - Alleme dans le district d'Ewo (République du Congo) », *DaloGéo*, n°007, pp. 158 – 167.

CERAPE-Sofreco, (2012) *Etude sur le Secteur Agricole, République du Congo*, Plan de développement du Secteur Agricole – PDSA National, Brazzaville, 135 pages.

Congalton, R.G., (1991). « Review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data », *RemoteSensing of Environment*, vol. 37, p.35-46.

Diouf, A., (2012). *Influence du régime des feux d'aménagement sur la structure ligneuse des savanes nord Soudaniennes dans le Parc du W (Sud-Ouest du Niger)*, Thèse de Doctorat, Faculté des sciences, Ecole Inter facultaire de Bioingénieurs, Université Libre de Bruxelles, 207 p.

Dupilet, D., (2003). *Guide technique de la lutte contre l'érosion des sols en Caps et Marais d'Opale*, Rapport inédit, 44 p.

- Fournier, F., (1960). *Climat et érosion : la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques*, Presses univ. de France, Paris, 201 p.
- Goma Boumba, H.B., (2020). *Caractérisation et suivi du couvert végétal de la réserve de chasse de la Léfini*, Thèse de Doctorat unique, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, 272 p.
- Hokili, M.Y., et Sitou, L., (2024). « Occupation du sol et risques de dégradation par l'érosion hydrique, du site de la communauté urbaine de Gamboma dans le département des Plateaux (république du Congo) », *Revue-IRS*, n°3, pp. 1355-1365.
- Kombo-Kissangou, J.R., et Sitou, L., 2025, « Dynamique de l'occupation du sol et impacts géomorphologiques dans la Sous-Préfecture d'Ignié », *Revue Francophone*, V.3, N°4, pp. 1-22.
- Kpedenou, D.K., Drabo, O., Ouoba, P.A., Da, C.E.D., et Tchamie, T.T.K., (2017). « Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire Ouatchi au sud-est Togo entre 1958 et 2015 », *Cahiers du Cerleshs*, XXXI (55), pp. 203-228.
- Louba, D.G., (2024). *Etude de la vulnérabilité du réseau routier face aux risques de dégradation par l'érosion hydrique dans les sous-préfectures de Djambala et Lékana (Département des Playeaux, République du Congo)*, Thèse de Doctorat unique en Géomorphologie, Univ. Marien Ngouabi, Congo), 289 p.
- Louba, D.G., Ngatsé, R. et Sitou, L., (2025). « Vulnérabilité à l'érosion hydrique à Djambala-Lékana (Congo) : analyse de la perméabilité, de la texture des sols, de l'érosivité, et du facteur LS », *Revue Belge*, V.11, n°132, pp. 188-207. www.doi.org/10.5281/zenodo.17856154
- Mayima, B.A., (2015). *Erosion hydrique sous plantation d'eucalyptus des plateaux côtiers de Pointe-Noire (sud du Congo)*, Thèse de Doctorat unique en Géographie physique, spécialité Géomorphologie, Univ. Marien Ngouabi, Congo), 226 p.
- Morschel, J., et Fox, D., (2004). « Une méthode de cartographie du risque érosif : application aux collines du Terrefort Lauragais », *M@ppemonde*, v.76, n°4, pp. 1 – 11.
- Muamba, K.B.F., Banza, M.J., Katumbwe, N.F., Kabwe, M.F., Mwamba, K.M., Mayamba, M.G., Nkulu, M.F.J., et Kasongo, L.M.E., (2021). « Évaluation du risque d'érosion sur quelques sols de la plaine de Lubumbashi, R.D. Congo », *IFG*, 15(5), pp. 2095 – 2117.
- Ngatse, R., Louba, D.G., et Assounga Obelando, S., (2026). « Dynamique du ravinement dans le bassin versant d'Itatolo dans l'arrondissement 9 Djiri, Brazzaville, République du Congo », *Géovision*, 15(1), pp. 151 – 168.
- Ozer, P., 2019, « Les risques naturels », In S. Brunet, C. Fallon, N. Schif-Fino, et A. Thiry, *Articuler risques, planification d'urgence et gestion de crise*, pp. 95-118.
- Roose, E., & Lelong, F., (1976). « Les facteurs de l'érosion hydrique en Afrique Tropicale. Etudes sur petites parcelles expérimentales de sol' », *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, 18(2), 365-374.
- Sautter, G., (1960). *Le plateau congolais de Mbé*. In: *Cahiers d'études africaines*, vol. 1, n°2, pp. 5-48.
- Sitou, L., (2025), « Occupation du sol et dégradation par l'érosion hydrique du quartier Indzouli, dans le 7e arrondissement de Brazzaville (Congo) », *Revue Francophone*, V 3, n°4, pp. 117-139.
- Sitou, L., 2008, « Dynamique et cause de l'érosion dans la périphérie nord de Brazzaville », *LARDYMES*, Faculté de lettres et des Sciences Humaines, Université de Lomé, pp.78-91.
- Sitou, L., 2025, « Occupation du sol et dégradation par l'érosion hydrique du quartier Indzouli, dans le 7e arrondissement de Brazzaville (Congo) », *Revue Francophone*, V.3, N°4, pp. 117-139.
- Tchotsoua, M., 1994, « Dynamique informelle de l'espace urbain et érosion accélérée en milieu tropical humide : le cas de la ville de Yaoundé », In: *Cahiers d'outre-mer*. N° 185 - 47e année, pp. 123-136.

Toko, Y.B., Bawa, D., Kankpenandja, L., et Gnongbo, T.Y., (2023). « Les facteurs déterminants de l'érosion dans le bassin versant de la rivière Aka au sud-ouest du Togo », *Revue Espace Géographique et Société Marocaine (EGSM)*, n°69, pp. 186-211.

Toli, G., (2020). « Aperçu sur le climat urbain de Brazzaville entre la fin du XXe siècle et le début du XXIe siècle ». *Hal. Open Sciences*, 16 p.

Toyì, M.S., Barima, Y.S.S, Mama, A., André M., Bastin, J.F., De, C.C., Sinsin, B., & Bogaert, J., (2013). « Tree plantation will not compensate natural woody vegetation cover loss in the Atlantic Department of Southern Benin » *Tropicult.* 31 : 62 - 70.