

Contribution à l'analyse géospatiale et gestion intégrée des bassins versants : cas du bassin versant de la rivière Lubudi à Kinshasa (R.D. Congo).

Mufwaya K.C.^{1*}, Ndembo L.J.^{1,2}, Mfumu K.A.²

Abstract

Contribution to the geospatial analysis and integrated catchment management : case of lubudi catchment in Kinshasa/ D.R. Congo.

It has been developed anarchic occupation zones in the Lubudi catchment, due to non-compliance with urbanization standards. As might be expected, the damage is considerable; floods and erosion affect zones of low and high altitudes, respectively. Change of land use and land cover is a key component in land settlement. Thus, this study aims to evaluate the land use change between 1974 and 2014, through the application of spatial information technology. The results show that between 1974 and 2014, the occupancy rate of the habitat has changed from 62.3 % to 88.04 %, an average annual rate of 0,64 %, for the total area of 27.2 km². Moreover, this rate has changed from 37.7 % to 11.63 % for green space. Consequently, population has occupied 26.1 % of the area allocated for green spaces, mainly green spaces located in the risk zones of flooding and erosion. The Lubudi catchment is victim of many environmental problems such as erosion and flooding, siltation, and it requires special attention for its better management.

Paper History

Received:
May 6, 2016

Revised:
July 15, 2016

Accepted:
August 10, 2016

Published online :
September 27, 2016

Keywords :

*catchment, Lubudi,
Kinshasa, integrated
management, GIS,
remote sensing staking.*

¹Département de gestion des ressources naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa

²Commissariat Général à l'Energie Atomique/ Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa, B.P. 868 Kinshasa XI

* To whom correspondence should be addressed: [Clarisse Mufwaya, clarmuf@gmail.com](mailto:Clarisse.Mufwaya.clarmuf@gmail.com); Tel : (+243) 828 807 023

INTRODUCTION

La ville province de Kinshasa est dans sa configuration actuelle investie d'une culture urbaine atypique, si on la compare à d'autres grandes villes africaines. Elle laisse croire à l'inexistence d'un projet urbanistique et d'une vision moderne, à l'absence d'implication réelle de ses gouvernants dans l'instauration des conditions adéquates de vie en milieu urbain [KAPAGAMA et WATERHOUSE, 2009]. Pourtant, elle existe en tant que ville.

La capitale congolaise, Kinshasa, exerce une forte attraction sur les populations de l'intérieur du pays en quête de meilleures conditions de vie. Ce qui lui vaut un exode rural qui s'est, du reste, accentué ces dernières années en raison notamment de la pauvreté

particulièrement exacerbée en milieu rural et de la situation de guerre dans les régions troublées de l'Est et du Sud [ANONYME, 2006].

Par conséquent, la ville de Kinshasa s'est développée de manière très rapide durant ces dernières années, au point de devenir l'une des principales mégapoles d'Afrique après Lagos et le Caire.

Sur le plan de la gestion de l'espace, la ville de Kinshasa fait actuellement face à un problème de maîtrise de sa croissance : la ville s'étend indéfiniment sur tous ses flancs ; Est, Ouest et Sud [ANONYME, 2006]. On assiste à une occupation anarchique de plusieurs espaces non aedificandi, compromettant tout projet d'amélioration, sans que les autorités urbaines se sentent interpellées [KAPAGAMA ET WATERHOUSE, *op. cit.*].

Au niveau du bassin versant de la rivière Lubudi, les zones aménagées (Bandalungwa, Kitambo, Ngir-ngiri, Lingwala et Kasa-vubu) n'étant plus restructurées depuis l'accession du pays à l'indépendance, il s'est développé des zones d'occupation anarchique caractérisées par le non respect des normes d'urbanisation. Le manque d'entretien des canaux d'évacuation des eaux des pluies, le lotissement des espaces verts et des berges des rivières ainsi que la colonisation des versants des collines par les habitations, dont le tracé des avenues a suivi le sens des pentes, sont entre autre les causes à la base des problèmes environnementaux tels que l'érosion, l'inondation et l'ensablement.

Comme l'on pourrait s'y attendre, les dégâts sont considérables : des maisons ont été emportées, des pertes en vies humaines ont été enregistrées, des quartiers et routes ont été détruits et de nombreuses personnes ont perdues leurs biens.

Les changements dans l'occupation et l'utilisation de sols constituent un facteur clé de l'aménagement du territoire. Par ailleurs, Aste [2001] affirme que la gestion du patrimoine sol et du développement urbain exige la connaissance du territoire, des phénomènes

dommageables qui ont pu s'y dérouler et des perturbations créées par l'homme.

Il s'avère nécessaire d'établir la situation actuelle de l'occupation de sols à l'échelle du bassin versant afin de contribuer à leur gestion intégrée, sécuriser les habitats, et soutenir le développement des programmes de planification et d'assainissement.

A cet effet, les outils d'information spatiale peuvent aider à la résolution de ces problèmes. Des nombreux travaux menés aux cours de la dernière décennie dans le domaine de la télédétection et de Systèmes d'Information Géographique (SIG) ont montré que ces outils permettent d'obtenir des images d'un territoire en peu de temps et d'en suivre l'évolution dans le temps [ANONYME, 2002]. La télédétection et le SIG permettent ainsi de répondre aux questions soulevées par l'intervention humaine sur le milieu en aidant à comprendre comment celle-ci influence le paysage par des modifications de l'utilisation du sol, de la couverture végétale et de l'extension urbaine.

Ainsi, cette étude vise à évaluer la dynamique de l'occupation du sol à l'échelle du bassin versant de la rivière Lubudi, dans son contexte morphologique et hydrologique, afin de contribuer à sa gestion intégrée.

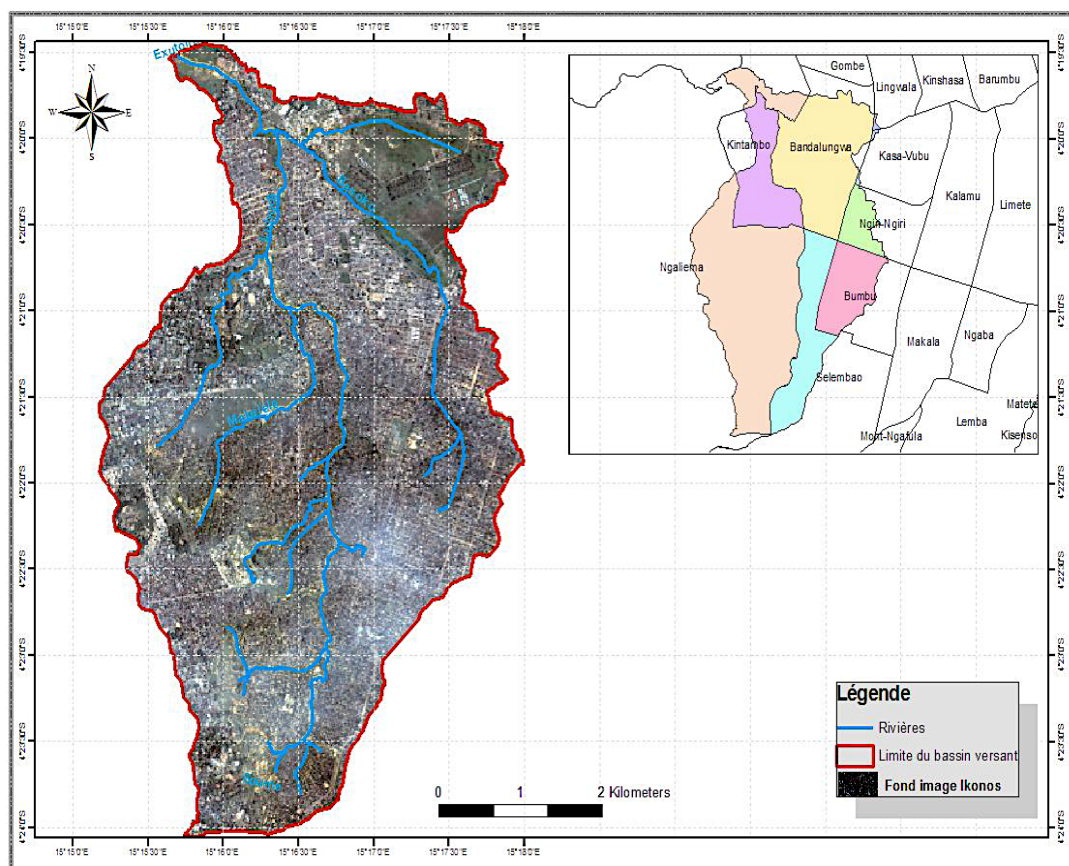


Figure 1. Localisation du bassin versant de la rivière Lubudi.

MATERIEL ET METHODES

Localisation de la zone d'étude

Le bassin versant de la rivière Lubudi est situé à l'Ouest de la ville province de Kinshasa, entre les longitudes Est 15°15'11,4" et 15°23'54,6" et les latitudes Sud 4°19'20,9" et 4°23'54,6". Il couvre une superficie d'environ 27,3 km² et s'étend sur 8 communes : Bandalungwa (21,43%), Lingwala (0,12%), Kasa-vubu (0,17%), Ngiri-ngiri (4,09%), Bumbu (8,85%), Selembao (12,44%), Ngaliema (42,25%) et Kintambo (10,65%) (Figure 1).

Ce bassin versant est drainé par plusieurs rivières dont la principale est la Lubudi. Cette dernière prend sa source à 345 m d'altitude dans la commune de Selembao, plus précisément au quartier Kitokimosi et se jette dans le fleuve à 278 m d'altitude.

Méthodologie

Le modèle numérique de terrain (MNT) a été déduit de l'image SRTM de 30 m de résolution, à l'échelle du bassin versant de la Lubudi, et a servi à la détermination des différents paramètres morphométriques et hydrologiques, en utilisant le module DEM-Hydroprocessing du logiciel ILWIS.

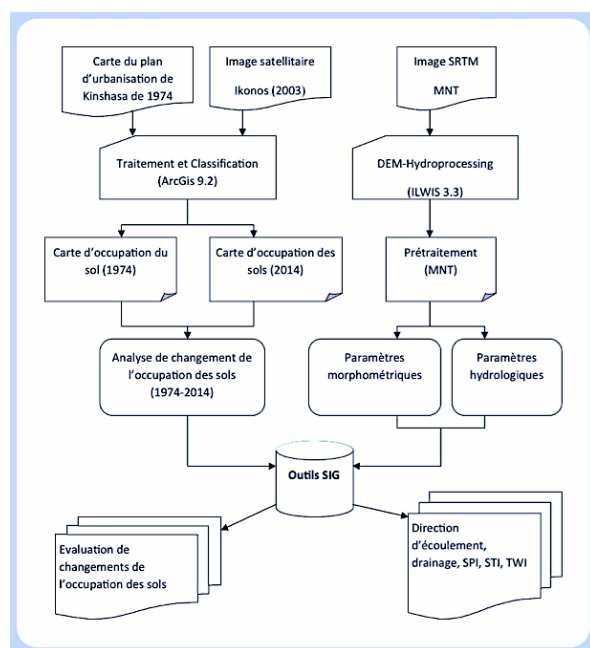


Figure 2. Méthodologie globale schématique utilisée.

La dynamique de l'occupation des sols a été évaluée sur deux périodes, à partir de la carte du plan d'urbanisation de Kinshasa de 1974 et d'une image LandSat de 2014. Etant donné que le bassin de la Lubudi est un bassin essentiellement urbanisé, deux classes d'occupation ont été définies pour la classification :

La classe Habitat : comprend les types d'habitat et les secteurs soumis à un plan d'aménagement.

Les types d'habitat comprennent l'habitat résidentiel planifié, résidentiel de haut niveau et l'habitat à structurer. Par ailleurs, les secteurs d'habitat soumis à un plan d'aménagement comprennent les quartiers à rénover et les secteurs sensibles soumis à l'étude particulière [FOURNIER, 1967].

La classe Espaces verts intègre le marais, le lambeau forestier, les cimetières et la savane.

RESULTATS

Caractérisation physique du bassin versant

Topographie

L'altitude la plus élevée est de 543,4 m et la plus basse est de 267,9 m, au niveau de l'exutoire. Il se dégage de la carte topographique (Figure 3) que le bassin versant de la Lubudi est constitué de deux parties bien distinctes comme délimitées par Caillie [1983], la plaine (comprise entre 300 et 320 m d'Altitude) et la zone des collines (entre 350 et 675 m d'Altitude). La zone de plaine est une zone susceptible aux inondations et aux dépôts des matériaux arrachés sur les versants au niveau des collines. Elle comprend les cités anciennes, les cités nouvelles, les cités planifiées et les zones résidentielles. Cette zone aménagée à l'époque coloniale, jouissait de toutes les infrastructures indispensables.

La zone des collines est une zone des érosions et comprend aussi les zones résidentielles et l'habitat informel.

Le gradient des pentes

La carte des pentes traduit le relief du bassin versant. Environ 4% de la superficie du bassin est situé dans les zones à fortes pentes (19,29 – 35,2%) et présente un risque élevé à l'érosion (Figure 4). Les zones des pentes supérieures à 35,2% couvrent environ 1% de la superficie totale et les zones de faibles pentes correspondent à la plaine couvrant environ 85% de la superficie du bassin. Le Tableau 1 présente le risque à l'érosion des différentes classes des pentes ainsi que les superficies couvertes par chacune d'elle, ce tableau est une modification de celui présenté par Fournier (1967).

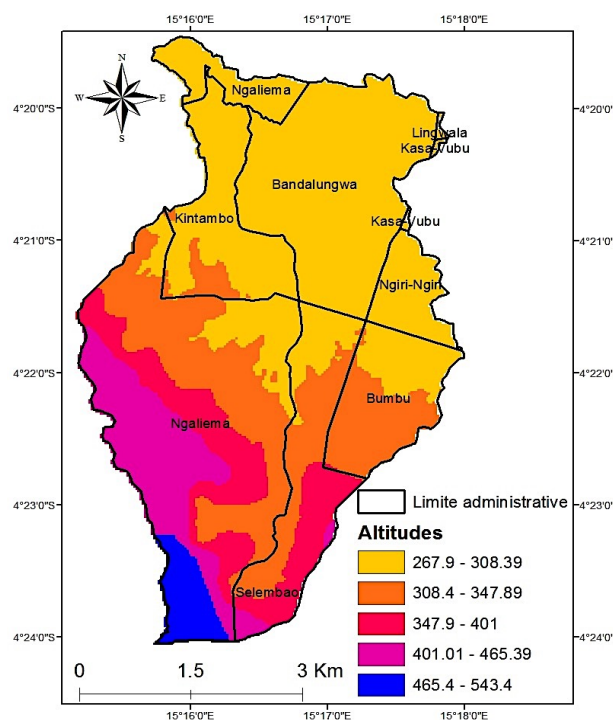


Figure 3. Carte topographique du bassin versant de la Lubudi.

Tableau 1. Classes de pente et risque d'érosion

Classes de pente (%)	Superficie (km ²)	Superficie (%)	Risque d'érosion
0,0-4,6	21,496500	78,9	Aucun
4,6-10,6	4,306500	15,8	Bas
10,6-19,3	0,936000	3,4	Modéré
19,3-35,2	0,249300	0,9	Haut
>35,2	0,273600	1	Très haut

L'indice de compacité de GRAVELIUS

L'indice de compacité de GRAVELIUS définit la forme du bassin versant. Il est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée [SAAM, 1998]. Il détermine aussi le temps de concentration des eaux sur le bassin.

L'indice de compacité de GRAVELIUS du bassin versant de la Lubudi varie entre 1,1 et 2,7 (Figure 5). Environ 47,85% de la superficie totale présentent un indice de compacité variant entre 1,7 et 2,2. Le bassin versant possède une forme allongée et par conséquent un temps de concentration des eaux plus long. Le temps d'écoulement de l'eau de ruissellement à l'exutoire du

bassin est plus long, rendant ainsi le bassin versant susceptible à l'érosion et à l'inondation.

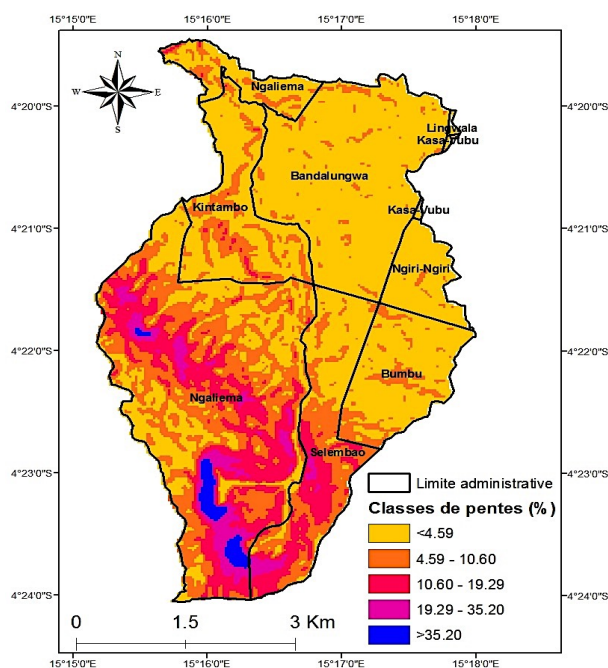


Figure 4. Carte hypsométrique du bassin versant de la Lubudi.

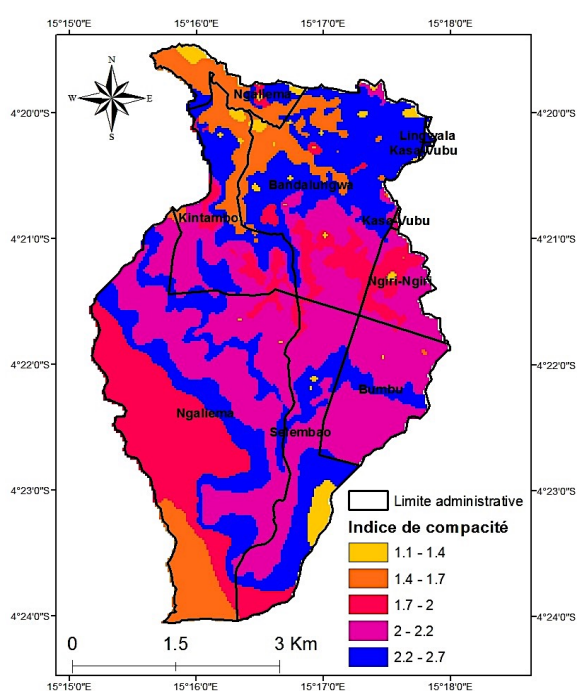


Figure 5. Indice de compacité de GRAVELIUS du bassin versant de la Lubudi

Prédiction de zones susceptibles aux inondations (TWI)

L'indice TWI renseigne sur les zones d'accumulation des eaux de ruissellement et permet d'identifier les

zones susceptibles à l'inondation. Pour le bassin versant de la Lubudi cet indice varie entre 5,4 et 15 (Fig. 6). Les valeurs les plus élevées, correspondant aux zones à haut risque d'inondation, sont enregistrées au niveau des bas-fonds (8,9 – 15). Ces zones ne sont donc pas destinées à être loties.

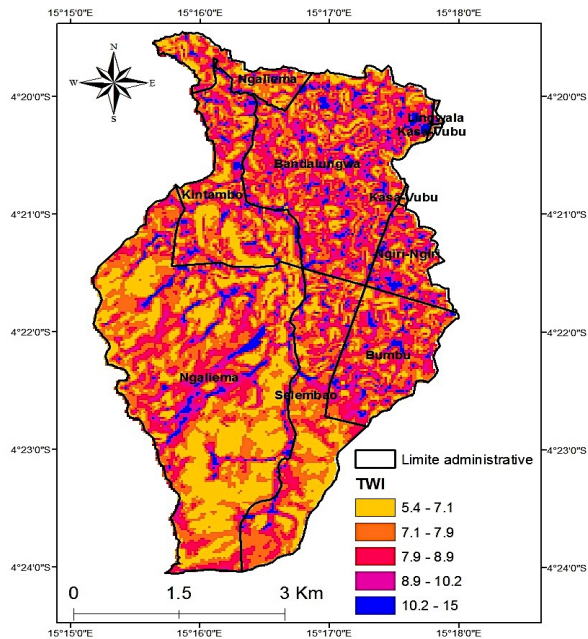


Figure 6. Indice de prédiction de zones susceptibles aux inondations du bassin versant de la Lubudi

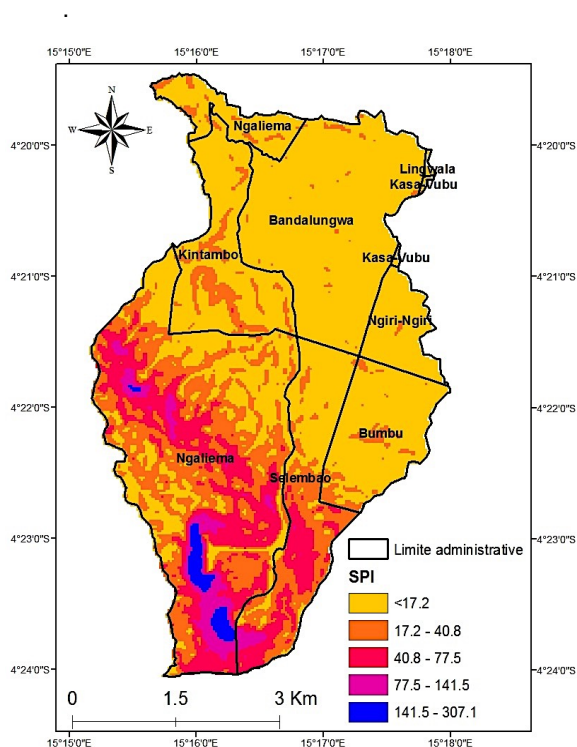


Figure 7. Indice du pouvoir érosif lié aux écoulements de surface

L'indice du pouvoir érosif lié aux écoulements de surface (SPI)

L'indice SPI traduit le pouvoir de l'érosivité des écoulements de surface. La Figure 7 présente la variation spatiale de cet indice à l'échelle du bassin versant de la Lubudi. L'indice SPI varie entre 0 et 307.1 (Figure 7). Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au Sud et Sud-ouest du bassin, au niveau des sources des rivières Lubudi et Makelele, situées à des hautes altitudes. Ces zones sont sujettes aux problèmes de ravinement accentué. En effet, l'érosion des berges est très prononcée au niveau de ces zones.

Effet de la topographie sur l'érosion des sols (STI)

L'indice STI exprime l'effet de la topographie (gradient de pentes) sur l'érosion des sols. Cet indice permet d'identifier les zones susceptibles à l'érosion. Pour le bassin versant de la Lubudi, l'indice STI varie entre 0 et 75.2 (Fig. 8). Les valeurs les plus élevées (36,8-75,2) sont enregistrées sur les zones de fortes pentes (> 35,2 %). Ces zones susceptibles à l'érosion sont localisées au Sud et Sud-ouest du bassin, dans la zone des collines. En considérant les limites administratives, les zones à risque d'érosion sont localisées dans les communes de Ngaliema et de Selembao.

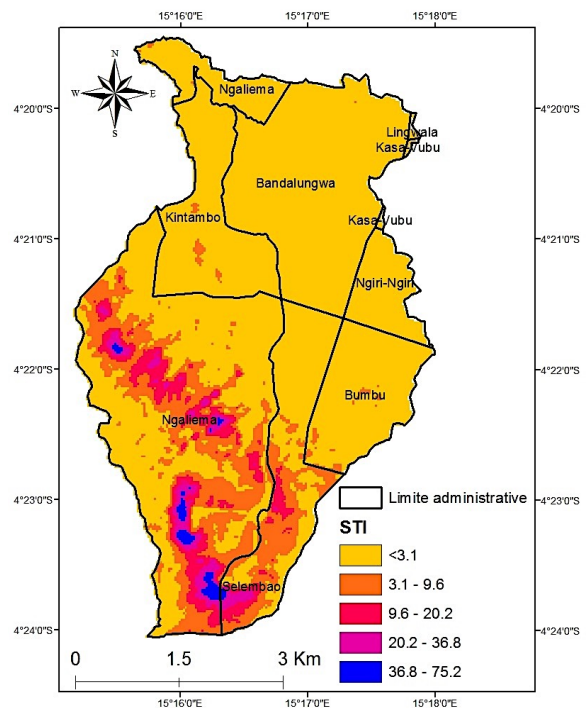


Figure 8. Indice de transport des sédiments du bassin versant de la Lubudi

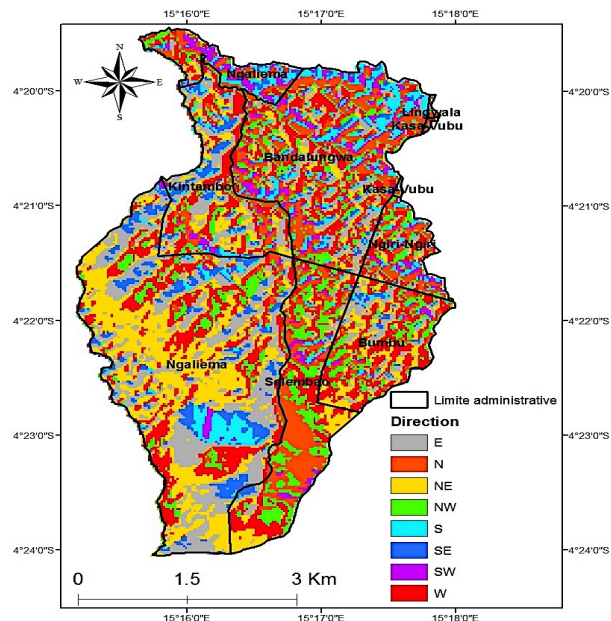


Figure 9. Sens d'écoulement des eaux de surface du bassin versant de la Lubudi

Caractérisation hydrologique

La direction des écoulements des eaux de surface sur le bassin versant de la Lubudi est prédominée par la direction Nord et Nord-est vers le fleuve Congo (Figure 9). Le sens des écoulements est déterminé par le réseau de drainage.

Le bassin de la Lubudi comprend 17 cours d'eau, dont le principal est la rivière Lubudi. Les rivières Makelele et Basoko sont ses principaux affluents (Figure 9). Selon la classification de Strahler, la rivière Lubudi est d'ordre trois avec un indice de drainage de $1,78 \text{ km}^2$. Cet indice de drainage de $1,78 \text{ km}^2$ indique un temps de concentration des eaux plus long, qui est dû à la forme allongée du bassin versant de la Lubudi et rend ainsi le bassin versant susceptible à l'érosion et à l'inondation.

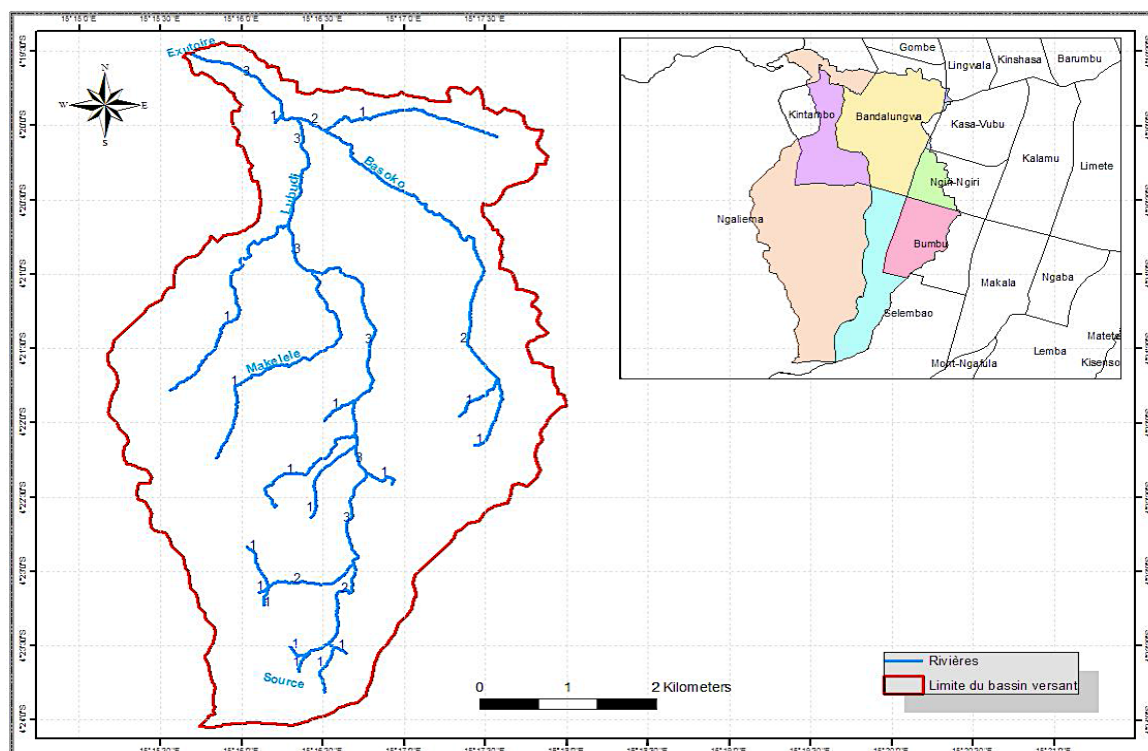


Figure 10. Réseau hydrographique du bassin versant de la Lubudi

Evaluation de l'occupation du sol au niveau du bassin versant de la Lubudi

Les figures 11 et 12, ainsi que le Tableau 2 présentent les données sur l'évolution de l'occupation du sol entre 1974 et 2014. En 1974, l'habitat occupait 17 km^2 soit 62,3% de la superficie totale du bassin et l'espace vert occupait $10,3 \text{ km}^2$ soit 37,7 %. Pour la période 2014, la superficie de l'espace habité est passée à $24,04 \text{ km}^2$, soit 88,04 % de la superficie du bassin et

celle de l'espace vert à $3,18 \text{ km}^2$, soit 11,63 % de la superficie totale. Il ressort que la superficie associée à l'habitat a considérablement augmentée, et s'est étendue tant aux zones de collines caractérisées par des pentes raides qu'au niveau de bas-fonds qui sont de zones prédisposées aux inondations. Par contre, la savane établie le long des rivières et les cimetières sont envahis par des constructions anarchiques et présentent de ce fait une diminution de superficie.

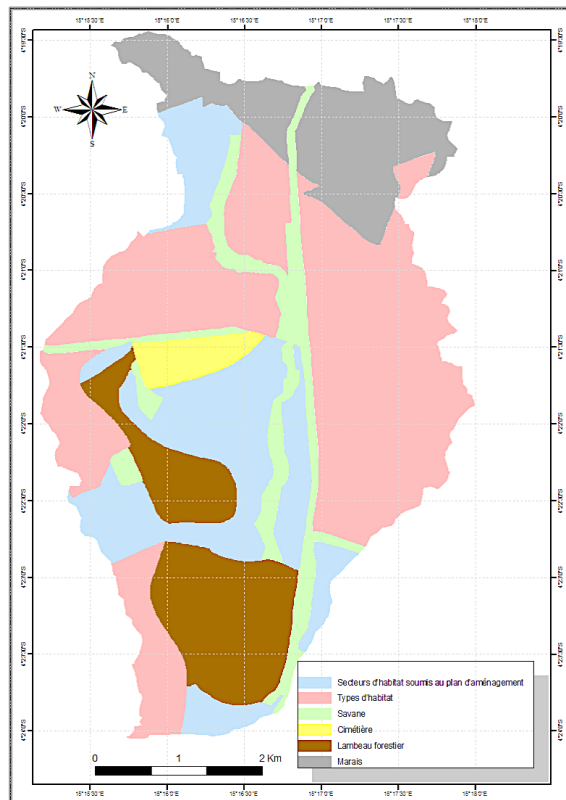


Figure 11. Occupation du sol en 1974 du bassin versant de la Lubudi.

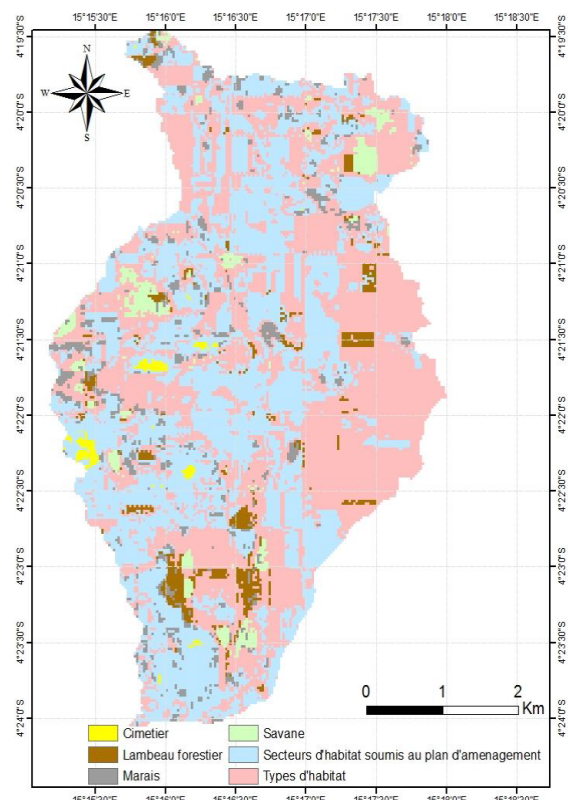


Figure 12. Occupation du sol en 2014 du bassin versant de la Lubudi

Tableau 2. Superficie des différentes classes d'occupation du sol.

Classes d'occupation du sol	Année				Changement (km²)
	1974		2014		
	Superficie (km²)	Superficie (%)	Superficie (km²)	Superficie (%)	
Lambeau forestier	3,7	13,7	0,9	3,3	-2,8
Savane	2,5	8,9	0,8	2,9	-1,7
Secteurs d'habitat soumis au plan d'aménagement	5,6	20,4	11,4	41,6	5,8
Marais	3,5	12,7	1,3	4,9	-2,1
Types d'habitat	11,4	41,9	12,7	46,5	1,3
Cimetière	0,7	2,4	0,17	0,6	-0,5
Habitat	17	62,3	24	88	7
Espace vert	10,3	37,7	3,2	11,6	-7,1
Total	27,3	100	27,3	100	

L'espace vert a perdu 7,12 km² de sa superficie au profit de l'habitat. Cette conversion de classes d'occupation de sols serait le résultat d'une occupation

anarchique du bassin et serait également à la base des différents problèmes environnementaux relevés au cours

de dernières années (des érosions au Sud, Sud-ouest et des inondations vers le Nord et l'Est).

Quelques mesures de gestion intégrée du bassin versant de la Lubudi

Les résultats de l'occupation des sols du bassin versant de la Lubudi montrent que ce bassin est à 88,04% de sa superficie totale (en 2014) habitée. Il s'en suit de nombreux problèmes environnementaux entre autres érosions, inondations et ensablement, etc., ceci nécessite une attention particulière pour une gestion intégrée du bassin et une mise en place des outils permettant d'atténuer les divers risques et catastrophes environnementaux.

Pour ce faire, quelques mesures méritent d'être initiées pour la gestion intégrée de ressources en sol et en eau dans le cadre d'une gestion intégrée du bassin. Il s'agit entre autre de :

- la construction des puits et des bassins de rétention parcellaires dans le but d'atténuer la puissance des eaux de ruissellement et favoriser l'infiltration ;
- la construction des cordons pierreux, parallèlement aux courbes de niveau et l'intensification de reboisement des versants afin de restaurer le couvert végétal dans les zones menacées par l'érosion, consolider le sol et d'augmenter sa capacité à résister aux érosions ;
- le développement d'un plan d'aménagement des cités anciennes et nouvelles en vue d'améliorer les infrastructures hydrauliques et les adapter à une population croissante et réduire la densité de la population occupant les zones à risque ;
- le redimensionnement et le débouchage des canaux d'évacuation des eaux des pluies ;
- la construction de canaux de dérivation des eaux sur la partie aval des rivières afin d'évacuer les eaux d'inondation ;
- Le couvert végétal devrait être protégé ou restauré car il assure la protection durable des versants des collines et réduit les phénomènes d'érosion.

De mesures de renforcement de capacité de la population habitant le bassin versant de la Lubudi devraient également être envisagées, notamment par l'éducation environnementale ; et la mise en place d'une plate forme regroupant tous les usagers de ressources en eau et en sol du bassin comme se fait dans le bassin de la Lukaya.

CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif l'évaluation spatio-temporelle de l'occupation du sol et une gestion intégrée du bassin versant de la Lubudi. Cette étude a utilisé les outils d'information spatiale pour la caractérisation morphologique et hydrologique du bassin et l'identification des zones à risque afin de formuler les recommandations appropriées pour une meilleure gestion durable.

Il s'est avéré qu'entre 1974 et 2014, le taux d'occupation de l'habitat a évolué de 62,3% à 88,04 % par rapport à la superficie totale. Par ailleurs, ce taux a évolué de 37,7% à 11,63% pour l'espace vert. De ceci, il découle que la population a occupé 26,1% de la superficie réservée à l'espace vert, principalement les espaces verts qui couvraient les zones à risque d'inondation et d'érosion.

Les résultats obtenus orientent vers les propositions suivantes afin de préserver le bassin versant de la Lubudi :

- La création de nouvelles agglomérations urbaines à Kinshasa dans les quartiers peu peuplés tel que Maluku et Nsele, en prenant en compte le fait que les hommes choisissent de s'installer aux lieux où ils accèdent plus facilement à un meilleur équipement (eau et électricité), à plus de confort, aux soins et services d'urgences, à l'emploi, à l'enseignement et à la vie culturelle ;
- L'application des mesures de conservation et de restauration du sol telles que la construction des puits parcellaires, la plantation du gazon dans des parcelles ;
- Le respect des normes d'urbanisation.

RESUME

Il a été développé anarchiquement l'occupation des zones dans le bassin versant de la Lubudi, à cause du manque de conformité aux normes d'urbanisation. Comme on aurait pu s'y attendre, les dommages sont considérables ; les inondations et l'érosion affectent des zones de basses et hautes altitudes, respectivement. Le changement de l'utilisation de la terre et de la couverture de terre est une composante clé dans le règlement de terre.

Cette étude a permis d'évaluer le changement de l'occupation du sol au niveau du bassin versant de la Lubudi, à Kinshasa, entre 1974 et 2014, par l'application de techniques d'informations spatiales. Les résultats montrent qu'en quarante ans, le taux d'occupation de l'habitat a évolué de 62,3% à 88,04 %, soit un taux annuel moyen de 0,64 %, pour une superficie totale du bassin

évaluée à 27,2 km². Par ailleurs, la population a occupé 26,1 % de la superficie réservée à la végétation, particulièrement dans les zones à risques d'inondation et d'érosion. Le bassin versant de la Lubudi est ainsi en proie aux érosions, inondations et ensablement, lesquels sont induits par le non-respect des normes standard d'urbanisation. Ce bassin nécessite une attention particulière pour sa bonne gestion.

Mots clés : bassin versant, Lubudi, Kinshasa, gestion intégrée, SIG, télédétection.

REFERENCES ET NOTES

- ANONYME** [2002]. Phénomène de déboisement, évaluation par télédétection entre le début des années 1990, 1999-2000 régions le-centre-du Québec, Ministère de l'agriculture de la pêche et de l'alimentation du Québec, Québec, 24p.
- ANONYME** [2006]. Plan d'aménagement de Kinshasa, Bureau d'étude et d'aménagement urbain, Kinshasa.
- ANONYME** [2008]. « Etude du plan d'actions pour l'assainissement de la ville de Kinshasa », Comité national de l'action de l'eau et de l'assainissement, Kinshasa, 40p.
- ASTE** [(2001)]. Nouvelles perspectives pour la gestion du sol, du sous-sol et des risques en site urbain, In Gestion spatiale des risques dans la série (32 volumes) Information Géographique et Aménagement du Territoire, Hermès, pp.3-14
- FOURNIER** [1967]. La recherche en érosion et conservation des sols dans le continent africain, *Sols africains* 12 : 53-96.
- KAPAGAMA P.** et WATERHOUSE, R. [2009]. Portrait of Kinshasa : A city on (the) edge. Crisis states research centre, Houghton Street, London, 30p.
- SAAM.** [1998]. Analyse SIG et caractérisation écologique des bassins versants de petits d'eau en relation avec leur biodiversité, Thèse de doctorat, Université de Genève, département d'Anthropologie et d'Ecologie, 146p.



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