

Etude Projective D'aménagement Durable De La Ville d'Uvira En République Démocratique Du Congo

Jacques Kavimba Kahindo¹; Valery Muhaya ²; Adelin MULENDA M ³ ;
Balezi-Zihahirwa ⁴; Katcho Karume Celestin ⁵ Géant Basimise Chuma⁶

1. Université Officielle de Bukavu / Bukavu, B.P. 570, Sud-Kivu / Bukavu, R.D. Congo;
2. Université Pédagogique Nationale / Kinshasa, B.P. 8815, Kinshasa / Binza, R.D. Congo ;
3. Institut Supérieur Pédagogique / Bukavu, B.P. 854, Sud-Kivu / Bukavu, R.D. Congo. ;
4. Université Officielle de Bukavu / Bukavu, B.P. 570, Sud-Kivu / Bukavu, R.D. Congo;
5. Evangelical University in Africa (U.E.A), B.P. 3323, Bukavu, R.D. Congo
6. Université Evangélique en Afrique (U.E.A), B.P. 3323, Bukavu, R.D. Congo

Résumé

Depuis plus de trois décennies, plusieurs villes du monde souffrent de problèmes d'inondation, érosions, glissement de terrain suite à un problème d'aménagement. La ville d'Uvira en R.D.C n'est pas épargnée par ces fléaux. Quelle serait alors les zones aménageables à Uvira pour lutter contre ces fléaux ? Le présent travail vise alors à prévoir l'espace aménageable de la ville d'Uvira en 2020, 2050 et 2070 dans les perspectives du développement durable. Cette étude permettra également de faire une projection de la population d'Uvira pendant les deux dernières périodes dans l'approche de l'aménagement durable.

Mots clés : Projection ; aménagement durable, zone aménageable.

Date of Submission: 14-04-2023

Date of Acceptance: 27-04-2023

I. Revue de la littérature

L'essentiel de cet article est lié aux théories de l'aménagement urbain et ses différents contours tels que : la croissance démographique, la densité et l'étalement urbain d'autant plus que la maîtrise des effectifs des populations dans le temps et dans l'espace, élément capital dans l'aménagement urbain. La croissance démographique incontrôlée peut avoir un impact négatif sur l'environnement. Il nous faudra connaître les différents types d'aménagements urbains. Aussi l'impact sur le littoral du fait que notre zone d'étude est étendue tout au long du lac Tanganyika.

Nouvelles villes

Au cours des dernières décennies, plusieurs changements urbains ont pu être observés à l'échelle planétaire (Pinson, 2006). On remarque que peu à peu, l'environnement est pris en considération dans les plans de développement urbain (Fleurke, 2010). Des espaces verts sont créés, le recyclage et même le compostage, pour certaines villes, sont introduits à la gestion des matières résiduelles. Des systèmes de transport en commun sont développés et/ou modernisés, des mesures sont adoptées pour améliorer la qualité de l'eau et de l'air, le design et les matériaux de construction sont actualisés et les sources d'énergie renouvelables sont privilégiées lorsque c'est possible (Mallet, 2012). L'augmentation de la population dans des villes naissantes résulte parfois de l'exode rural, surtout si les migrants jeunes maintiennent un modèle de fécondité du type rural (Véron, 2006 cité par Manirakiza, 2015).

Modalités de l'urbanisme

Historiquement, l'urbanisation s'est produite, et continue de se produire, selon deux modalités principales (Vilmin, 2015) :

- **L'urbanisation spontanée** lorsque les constructions s'implantent à l'initiative des individus le long des voies de circulation existantes ou s'agglutinent sans organisation préconçue autour d'un édifice imposant tel que l'église, monastère, château. L'urbanisation spontanée se réalise en général à un rythme relativement lent. Si elle doit s'accélérer sous la pression des besoins, elle se traduit par un désordre qui compromet le bon fonctionnement futur de la ville. Lorsque le rythme d'urbanisation est soutenu, le plan préalable devient nécessaire pour imposer un minimum d'ordre aux initiatives constructives des multiples acteurs (Vilmin, 2015).

- **L'urbanisation intentionnelle** à partir d'un plan préétabli par une autorité locale. Cet urbanisme intentionnel s'applique aussi à des secteurs urbains qui s'étaient auparavant construits de manière spontanée mais qu'il devient nécessaire de restructurer pour un meilleur fonctionnement urbain (Vilmin, 2015).

Il peut même s'appliquer à des secteurs qui avaient déjà fait l'objet d'une urbanisation intentionnelle mais qu'il convient de réadapter à un nouvel usage, par exemple un quartier industriel qui doit évoluer vers de l'habitat et des activités tertiaires. La mise en œuvre d'un plan et de règles de construction s'accompagne d'un processus foncier : maîtrise des terrains, remembrement, lotissement. Elle s'accompagne également de la création d'équipements publics : voies et réseaux, infrastructures, services publics (Piquet, 2002).

Du plan d'aménagement en R.D. Congo

À l'échelle nationale, la planification urbaine est presque inexistante. La loi sur l'urbanisme de 1957 est obsolète, et les seuls schémas directeurs existants datent de plus de 30 ans. Par ailleurs, cette loi reconnaît qu'un plan d'aménagement doit être revu pour un délai de 10 à 20 ans. Malheureusement certains plans de référence urbains et plans de développement local ont été élaborés récemment avec le concours de la banque mondiale, mais le caractère globalement limité des capacités institutionnelles et techniques de planification conduit à des constructions non planifiées sur des terrains non aménagés. La construction par les propriétaires eux-mêmes étant la norme. Aussi, les morcellements abusifs des parcelles rendent difficile la circulation des biens et de personnes. Ceci expose les sites à des risques de catastrophes naturelles (Phanzu, 2013).

En RDC, l'absence de recensement (le dernier datant de 1984) fait qu'il est bien difficile de cerner la dynamique démographique du pays. Les chiffres de la population totale et de la population urbaine sont fondés sur des projections faites à partir de deux sources (dont la durée acceptable est de 30 à 50 ans) : le Rapport des Nations Unies sur les perspectives de l'urbanisation (Nations Unies, 2014) et Léon De Saint Moulin, historien et démographe (De Saint Moulin, 2010). Si les tendances restaient les mêmes, au cours de la prochaine décennie, la croissance de la population urbaine en RDC devrait passer de 30 millions de citoyens à 44 millions à la fin du siècle (Pourtier, 2018). Ce phénomène pourra créer une forte demande d'infrastructures, d'équipements et autres structures physiques, et de services d'utilité publique. Actuellement, compte tenu des distorsions importantes qui caractérisent les marchés fonciers, les plans et réglementations devraient favoriser de meilleures affectations des terres, mais ils devraient aussi permettre un changement des affectations et des usagers à mesure que la demande évolue (Muhaya, 2020).

À mesure que les villes grandissent, elles doivent fournir des équipements sociaux et des routes ; éléments qui constituent souvent un moteur du plan d'urbanisme étant donné qu'ils nécessitent des ressources pour l'investissement. Ceci dit, on néglige généralement l'aspect conceptuel de la planification urbaine. La planification de l'expansion urbaine dans des schémas directeurs qui affectent des terrains à des routes futures, à des équipements sociaux, et des réseaux d'adduction d'eau, d'assainissement et d'électricité rendra les villes beaucoup plus vivables tout en aidant à arrimer les investissements aux possibilités de financement qui se présentent. Le manque de planification, même sans investissement dans les infrastructures, est l'une des principales causes de l'instauration de droits de propriété informels et de la formation des bidonvilles (Banque Mondiale, 2018).

Types d'aménagements urbains

L'extension de maison a pour avantage de gagner plus d'espace habitable et constitue une manière d'ajouter de la valeur aux maisons en cas de la revente. De ce fait, dans ce contexte, il existe deux manières de construire une extension de maison, soit on opte pour l'extension verticale, soit on choisit l'extension horizontale (Ramier, 2022).

Aménagement vertical de formes urbaines

Dans ce cas on construit plus les maisons en étages. Ainsi une ville verticale apparaît aujourd'hui comme un moyen incontournable d'éviter l'étalement urbain par rapport à l'aménagement horizontal (Huang et al., 2012) et répond davantage à la nécessité de maîtriser l'étalement urbain qui menace la biodiversité avec l'artificialisation des sols et allonge les temps de trajets au quotidien pour les populations les plus éloignées du centre névralgique d'une ville (ADESOL, 2021). L'impact de l'aménagement vertical de formes urbaines est beaucoup plus fort sur la performance solaire (Huang et al., 2012).

Dans le cas où le terrain disponible serait limité, ou si les marges de recul sont restrictives, il est favorable d'opter pour une extension verticale. En effet, ce procédé vous permettra d'augmenter favorablement la surface habitable sans avoir besoin d'occuper le terrain environnant (Ramier, 2022).

Il est à noter que la reconstruction de l'après-guerre a laissé derrière elle de nombreux bâtiments incapables de relever les défis climatiques de demain dans le pays tel que la France. Ainsi, suite au manque des surfaces, la verticalité doit s'adapter et répond non seulement à la croissance démographique mais aussi elle doit se plier à d'autres exigences environnementales et sociétales. De ce fait, les bâtiments qui restent encore

minoritaires en hauteur se doivent à terme se développer afin de répondre à l'accroissement démographique, aux enjeux climatiques et aux exigences de confort de vie des habitants (ADESOL, 2021).

Un des avantages majeurs de ce type d'aménagement est de conserver la luminosité et la ventilation des maisons, de préserver les espaces et maintenir l'espace vert.

Aménagement horizontal

Dans ce type d'aménagement, les maisons construites ne sont pas en étage.

En général, l'impact de la variation de l'aménagement horizontal de formes urbaines sur la performance solaire est moins fort. (Huang et al., 2012).

En effet ce type d'aménagement est composé d'espace diversifiés et le critère d'horizontalité fait partie des dernières étapes de développement urbain marquée par des densités qui s'affaiblissent et un type de résidence qui s'uniformise vers l'habitat individuel à mesure que l'on s'éloigne des centres (Houssemand, 2020).

Ce type d'extension s'avère plus économique que l'extension verticale car sa construction est moins onéreuse. Il est important de préciser que ce type d'aménagement ne prend pas en compte les frais liés à la vente et au rachat d'une maison ou d'un terrain. Dans ce cas, ce projet est une solution économique pour gagner des surfaces habitables. Il est primordial pour cet aménagement que d'avoir une surface constructible suffisante au sol pour accueillir l'extension. (Ramier, 2022). Bien que cela oblige à sacrifier une partie de la cour, augmenter la superficie perturbe beaucoup moins l'espace de vie existant.

Outre ce deux forme d'aménagement ci-haut, il existe aussi une forme mixte dont on décrit ci-dessous

Aménagement mixte

La société mixte d'aménagement des villes est constituée pour faire face à de nouveaux besoins en logements et en équipements publics. Selon Douchin (2016), la qualité des archives d'aménagement conservées invite à étudier plus particulièrement le fonctionnement des sociétés mixte comme outils privilégiés d'aménagement du territoire.

II. Méthodologie

Description du milieu d'étude

Localisation géographique du milieu

La ville d'Uvira est située à l'extrémité du bassin nord-ouest du Lac Tanganyika à l'Est de la République Démocratique du Congo dans la province du Sud-Kivu ; entre 3°20' et 4°20' de latitude Sud, 29° et 29°30' de longitude Est ainsi que 800 m d'altitude (Amina, 2012). Cette ville est limitée au Nord par la plaine de la Ruzizi (Rivière KAWIZI) et au Sud par le Territoire de Fizi (Rivière ZENGEZA), à l'Ouest par les chaines des Mitumba dont le plus haut point est le mont Munanira et enfin à l'Est par le lac Tanganyika qui lui donne une ouverture vers les Républiques du Burundi, de la Tanzanie et de la Zambie à partir du port de Kalundu (Amina, 2012).

La figure 1 présente la carte de la ville d'Uvira.

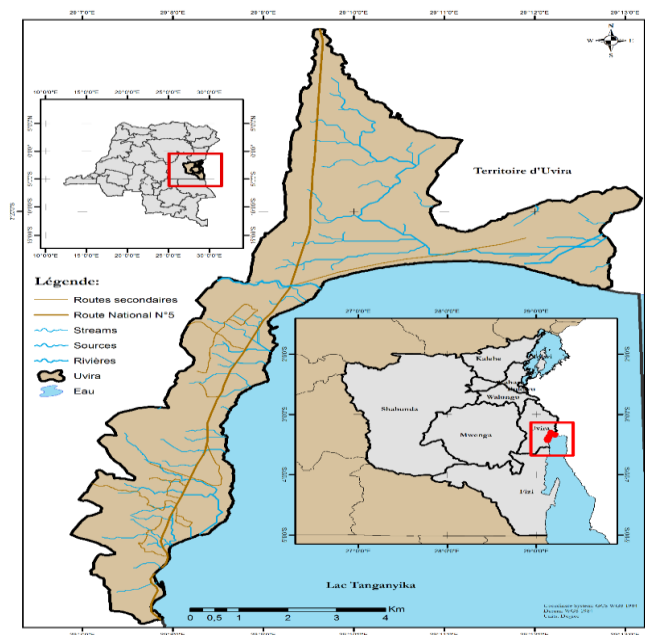


Figure 1. Limites de la ville d'Uvira en territoire d'Uvira, Province du Sud-Kivu (Source : Auteur)

Climat

De par sa latitude, la ville d'Uvira se situe entièrement dans la zone intertropicale dont la température moyenne avoisine les 30 °C (au niveau de la mer). Son altitude moyenne adoucit les températures à raison de ~0,65 °C tous les 100 m ; les moyennes mensuelles oscillant entre 24,4 (en juillet) à 25,1°C (vers novembre-décembre). La moyenne de l'année est estimée à 24,2 °C avec une amplitude thermique annuelle très faible de l'ordre de 0,7 °C. Le climat est de type Aw « savane à hiver sec » selon la classification de Köppen-Geiger. Les précipitations sont en moyenne comprises entre **800 et 1000 mm chaque année** (Ilunga, 2006 ; Nachishali et al., 2021).

Faune et végétation

Dans la cité d'Uvira et la Plaine de la Ruzizi en général, cinq principaux types de végétations y existent et combinant : (i) la végétation hygrophile retrouvée dans les bas-fonds et zones humides de la zone. Il s'agit des marais et prairies mouilleuses (à prédominance des saprophytes ou roseaux). (ii) Les savanes herbeuses à prédominance d'*Imperata cylindrica*, *Hyparrhenia* spp, *Eragostis* spp, *Brachiaria ruziziensis* et *Pennisetum* spp. Ceci constituent les principales réserves pastorales et agricoles des agriculteurs et éleveurs autochtones. (iii) Les savanes boisées avec des *Acacia kirkii* essentiellement. (iv) Les bosquets xérophiles et (v) Les forêts n'existant plus qu'à l'état de reliques, spécialement dans les zones de transition entre la savane et la forêt dans la partie ouest (Amina, 2012).

Durant les dernières guerres successives qui ont eu lieu à l'Est du pays, la plupart de toutes les dernières forêts ont été l'objet des déboisements massifs suite à la forte demande en bois de chauffe et de construction des abris pour les camps des réfugiés et pour la population de la Plaine de la Ruzizi en particulier (Kaboyi et al., 2021 ; Nachishali et al., 2021).

Sol et géologie

a. Sol

Au regard de l'analyse, les roches métamorphiques du Burundian sont les plus anciennes et comprennent les gneiss, les quartzites, micaschistes, amphibolites, schistes, granites, etc. Les sols sont sableux, par endroit sablo-limoneux. Le bassin nord-ouest du lac Tanganyika qui englobe le territoire d'Uvira est caractérisé par des affleurements des roches très anciennes (Précambrien) et très récentes (Quaternaires) (Amina, 2012). On constate que Les quartzites, roches dures et compactes à grains fins d'aspect hétérogène sont les plus abondantes à Uvira. Les géologues considèrent les alluvions lacustres déposées pendant les périodes glaciaires et pluviales du Quaternaire comme les formations que traversent la rivière Ruzizi dans la fosse du Tanganyika (Nachishali, 2021). En bref, un examen morphologique rapide des terres de cette plaine de la Ruzizi qui occupe une grande partie du Territoire d'Uvira suggère la classification suivante : terres noires du groupe de Tchernozium ; des sols du genre Solontchak¹ et des sols alcalins (Amina, 2012).

b. Hydrographie

L'hydrographie de la ville d'Uvira et la plaine de la Ruzizi en général est caractérisée par plusieurs rivières d'importance variable. La plus importante d'elles est la rivière Ruzizi, reliant le lac Kivu au lac Tanganyika. Elle constitue la frontière naturelle entre la RDC, le Rwanda et le Burundi. Cette rivière récolte les eaux des plusieurs rivières venant des collines du Burundi et de la partie ouest de la plaine de la Ruzizi (Kitambala, 2010).

Les rivières qu'on rencontre dans la Cité d'Uvira sont : les rivières Kiliba (se jette dans la Ruzizi), Kavimvira, Mulongwe et Kalimabenge sont les trois grandes rivières de la Ville qui se jettent directement dans le lac Tanganyika. La rivière Ruzizi forme une grande zone humide transfrontalière (Burundi et RDC). Dans la partie congolaise, le marais le plus important qui est formé par la Ruzizi s'appelle Nyangara qui joue un rôle économique et social important pour les habitants de Kiliba et de la Cité d'Uvira et qui est alimenté en saison de pluie par les eaux de la rivière Kala (Nacishali, 2021 ; Manikariza *et al.*, 2022).

Population et vie socio-économique

La population de la ville d'Uvira est répartie en plusieurs groupes ethniques, tribus et clans. Du point de vue dominance, on a respectivement les Fuliro, les Vira, les Bembe et quelques Shi. La principale activité signalée est celle d'occupation tertiaire (bureaucratie, administration publique, paraétatiques et sociétés) ainsi que quelques activités privées comme le petit commerce (Nyangamwita, 2013). D'après les données de la division provinciale de l'intérieur, la ville d'Uvira comptait en 2003, 72 791 hommes adultes et 85 330 Femmes, 116 570 garçons et 122 571 filles. Soit 284 415 comme total de la population. Actuellement, sa population se calcule à plus de 397 262 personnes (Kitulo, 2010). La population reste également très jeune (plus de 84% des jeunes). Les principales

¹ Le **Solontchak** est un type de sol de forte salinité, se formant lorsque l'évaporation est supérieure aux apports par les pluies, sous l'influence d'une nappe phréatique affleurante, voire sur les côtes par des infiltrations d'eau salée.

activités des ménages dans les zones sont notamment, le commerce, agent de l'état, l'enseignement et les activités génératrices de revenus (agent dans les ONG, agriculteurs, etc. Toutefois, un grand nombre de cet effectif est constitué des sans-emplois (DSCR, 2010 ; SNSA, 2015 ; Vercus et al., 2021).

Approche méthodologique

Matériels

- ✓ Les images satellitaires Landsat 7TM et Sentinel 2A ;
Le Landsat 7 TM possède une altitude de 705 km, une inclinaison de 98 degrés, une Orbite quasi polaire héliosynchrone (horaire de passage à 45° latitude nord : 09h30) avec une période de révolution de 99 minutes. Le Landsat 7 TM a une résolution de 15 mètres en panchromatique et de 30 mètres en multi spectral. Quant au Sentinel-2A, il dispose de 13 bandes spectrales dont 3 dans le moyen infrarouge (MIR). Les images ont un champ de vue de 290 km de large, et une résolution de 10m, 20m ou 60m en fonction des bandes spectrales. L'image Sentinel-2A a été considérée car ayant une bonne résolution spatiale. Pour ce cas, seules les bandes à 10m de résolution (B2, B3, B4, B8) ont été utilisées. Par contre, pour les images passées Landsat 7 TM a été utilisée. Ceci est lié au fait que les images Sentinel-2A ne sont disponibles que depuis quelques années (2015).
- ✓ Les logiciels : ArcGIS 10.7, ENVI;
ArcGIS est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde.
En utilisant l'outil ArcGIS 10.7 dans l'onglet « *Spatial Analyst tools* ». En effet, nous avons tout d'abord débuté par une extraction du MNT avec un masque du fichier de forme de la ville. L'outil « *Extract by mask* » a été utilisé pour cette fin.
Avec le logiciel ENVI 5.3 une classification supervisée était effectuée. Cette classification s'appuyait sur l'algorithme du « Maximum de Vraisemblance ». Cette méthode, permet de comparer la signature spectrale de chaque pixel dans les bandes choisies, avec celle des zones d'intérêts, puis affecter chaque pixel à la classe dont laquelle la signature spectrale est proche (Tanyobe et Djangi-Kasweka, 2015 ; Bigombe, 2021). Cette méthode semble être la plus appropriée pour les analyses de changements d'occupation du sol. Cet algorithme repose sur les statistiques des zones d'entraînement, en calculant la probabilité d'appartenance d'un pixel à une classe donnée afin de l'affecter à l'occupation du sol la plus probable (Salomon *et al.*, 2021 ; Kabanyegeye *et al.*, 2021).

Démarche méthodologique

a. Subdivision de la ville en zones aménageables ou non

La méthodologie adoptée pour cette première partie du travail a permis de déterminer les zones aménageables de la ville d'Uvira. Elle s'est basée sur celle proposée par Muhaya et al., (2022). Elle a consisté tout d'abord à isoler la ville de toute les entités du territoire, un polygone a été réalisé dans Google Earth et ayant permis de déterminer les limites de la ville (en se servant des limites présentes dans la loi et la connaissance des experts et habitants de la ville). Cette délimitation a pris en compte les différentes limites géographiques de la ville ; cette étape a conduit à la création d'un fichier de forme de la ville. Cette étape a été suivie d'un ensemble d'analyses spatiales en utilisant l'outil ArcGIS 10.7 dans l'onglet « *Spatial Analyst tools* ». En effet, nous avons tout d'abord débuté par une extraction du MNT avec un masque du fichier de forme de la ville. L'outil « *Extract by mask* » a été utilisé pour cette fin. Au même moment, l'extraction des images Sentinel a été effectuée en suivant la même procédure. L'étape suivante consistait à déterminer les classes de pentes de la ville. L'outil « *slope* » a été utilisé pour cette fin. L'image obtenue a été reclassifiée afin d'obtenir 9 classes. Ces classes ont été ensuite regroupées en trois classes : celles dont les pentes $\leq 2\%$, entre 2 et 15% et $\geq 15\%$. L'image a ensuite été reclassifiée et convertie en fichier de forme (polygonisée) afin de déterminer la surface de chaque classe. Les outils « *Reclassify* » et « *Raster to Polygon* » ont été utilisés. Ainsi, la superficie de chaque classe de pente a été déterminée tels que présenté sur le schéma de la figure 3.

Afin de déterminer les zones aménageables, quatre autres éléments ont été intégrés au polygone de pente comprise entre 2 et 15% (car constitue les zones d'aménagements selon les normes congolaises). Il s'agit premièrement des surfaces, de servitudes respectivement pour les routes, lac ainsi que les rivières. Dans cette étude, nous avons considéré les servitudes de 5 m, 50 m et 100 m pour les routes, lac et rivières respectivement. Pour obtenir ces surfaces, l'outil « *Buffer zone* » a été utilisé pour le fichier de forme (shapfile) respectivement des routes, rivières et les cotes du lac Tanganyika retrouvés dans la ville d'Uvira. Ainsi pour avoir la zone aménageable finale, les zones de servitude, les zones à pentes $\geq 15\%$ et celles $\leq 2\%$ ont été combinées par l'outil « *union* » en suite « *dissolve* » pour avoir les zones dites « non aménageables » ; de ces zones, nous avons soustrait de la surface totale de la ville et des zones à pente comprise entre 2 et 15% grâce à l'outil « *erase* ». Les tableaux attributaires de ces deux zones ont été exportés sous format « *.txt* » et ouvertes dans MS Excel 2016 pour la

description. Les différentes étapes décrites ci-dessus pour la subdivision de la ville en zones aménageables et non aménageables sont présentées dans la figure 2.

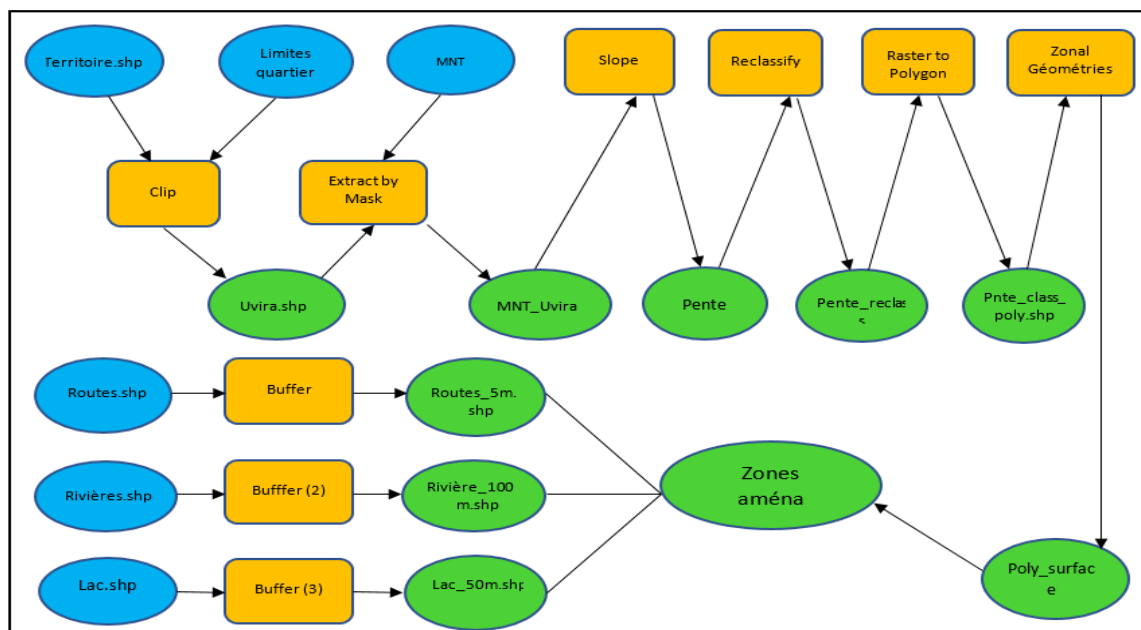


Figure 2. Schéma de la méthodologie adoptée pour la détermination des zones aménageables et non aménageables dans la ville d'Uvira (Source : Auteur)

b. Evolution de la population de la ville

Sur base de données démographiques, une projection de la population aux horizons 2050 et 2070 a été réalisée. Cette idée de projection de la population pour ces horizons a pour but de préserver un développement durable de la ville sans pression anthropique. Pour ce faire, les deux scénarios de projection, se sont basés sur la formule $P_t = P_o \times (1+r)^t$. Ces analyses se sont réalisées avec le logiciel R i386 10.15.0 ; sous les commandes développer par Schacht depuis 1980. Ainsi, dans cette formule, P_t : représente la population probable pour les horizons considérées (2050 et 2070) ; P_o : la population initiale (actuelle), r : taux d'accroissement démographique et t : c'est l'intervalle de temps entre l'année de projection et l'année de référence (Schacht, 1980). La valeur du taux d'accroissement démographique pour le cas de la région est de 3.1%, tel que trouvé par le ministère de la santé de la RD Congo en 2016.

III. Résultats et analyse

Partition d'Uvira en zone aménageable et non aménageable

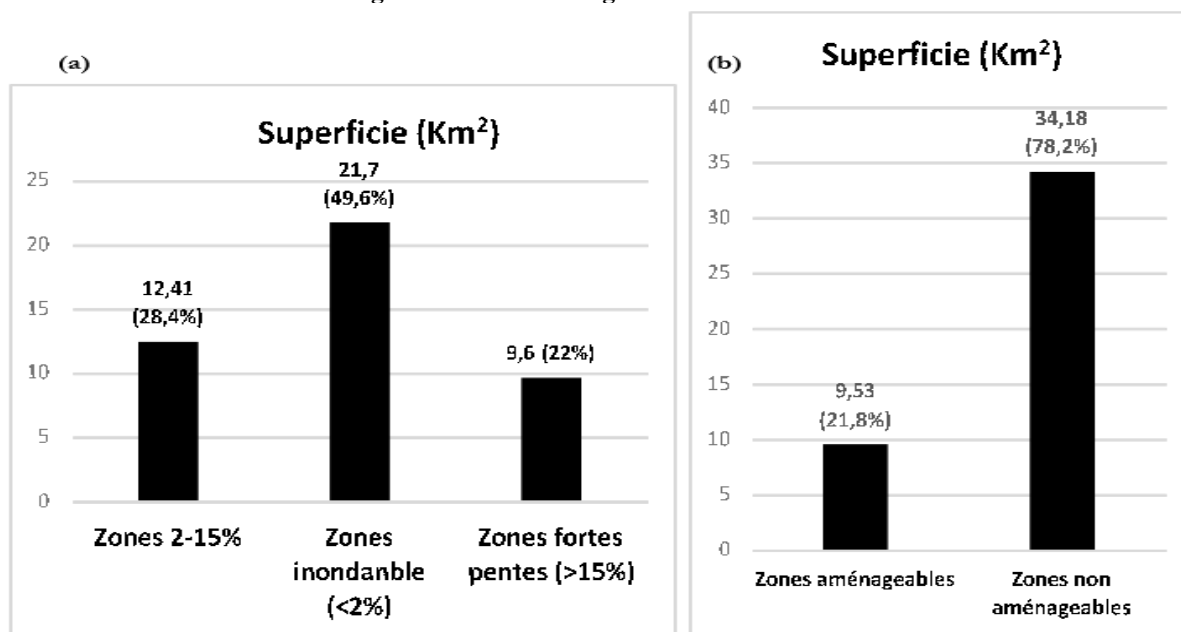


Figure 3. Les zones aménageables et non aménageables brutes (a) et les zones aménageables et non aménageables retrouvées dans la ville d'Uvira (les zones aménageables englobent les zones à fortes pentes, inondables et les zones tampons de lac, rivières et routes)

La surface totale (43,7 km²) de la ville d'Uvira se caractérise par des zones aménageables et des zones non aménageables. Les analyses spatiales réalisées montrent que les zones aménageables brutes (2-15%) couvrent ~28,5% (12,5 km²) de la superficie totale ; les zones non aménageables brutes couvrent quant à elles ~71,5% (31,3 km²) de la surface totale de la ville. Ces dernières sont subdivisées en zones sensibles aux inondations (la pente <2%) et représentent 61,9% (27,1 km²) et les zones de forte pente (>15%) représentant ~9,6% (4,2 km²) de la superficie totale de la ville (Figure 3a).

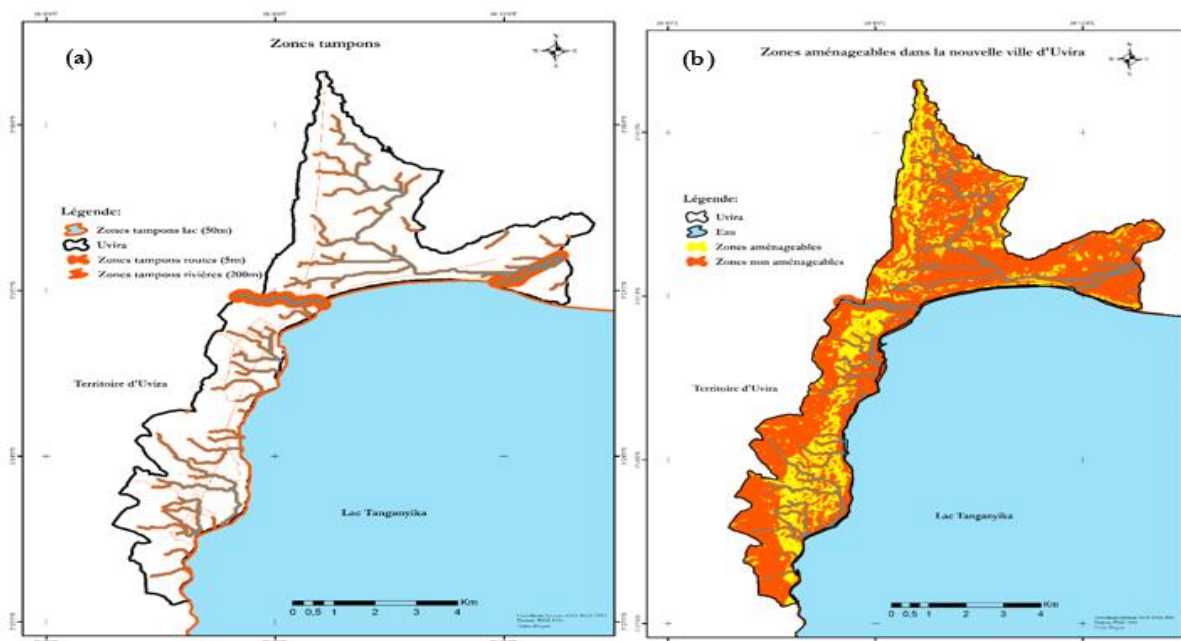


Figure 4. Surfaces de servitude du lac (50 m), rivières (100 m) et routes (5 m) (a) et les zones aménageables (b) dans la ville d'Uvira. (Source : Auteur) De ces zones aménageables brutes (Figure 3b et 4) la considération des zones de servitude, présentées sur, est capitale pour l'estimation des zones aménageables propre. Ces zones de servitude, sont des aires protégées ; entre autre les zones de servitude pour le lac, rivière et routes. De ce fait, ces zones de servitude ajoutées aux zones non aménageables laissent la surface totale destinée à

l'aménagement. Ainsi, la totalité des zones non aménageables est estimée à 78,2% (34,2 km²) du totale (soit ~6,7% des zones de servitude). Les zones aménageables couvrent, de ce fait ~21,8% (9,5 km²) (Figure 3b). La ville d'Uvira présente donc une faible portion aménageable (9,5 km²). La cartographie de ces deux zones est présentée sur la figure 4.

a. Evolution de l'occupation du sol de 1998 à 2019

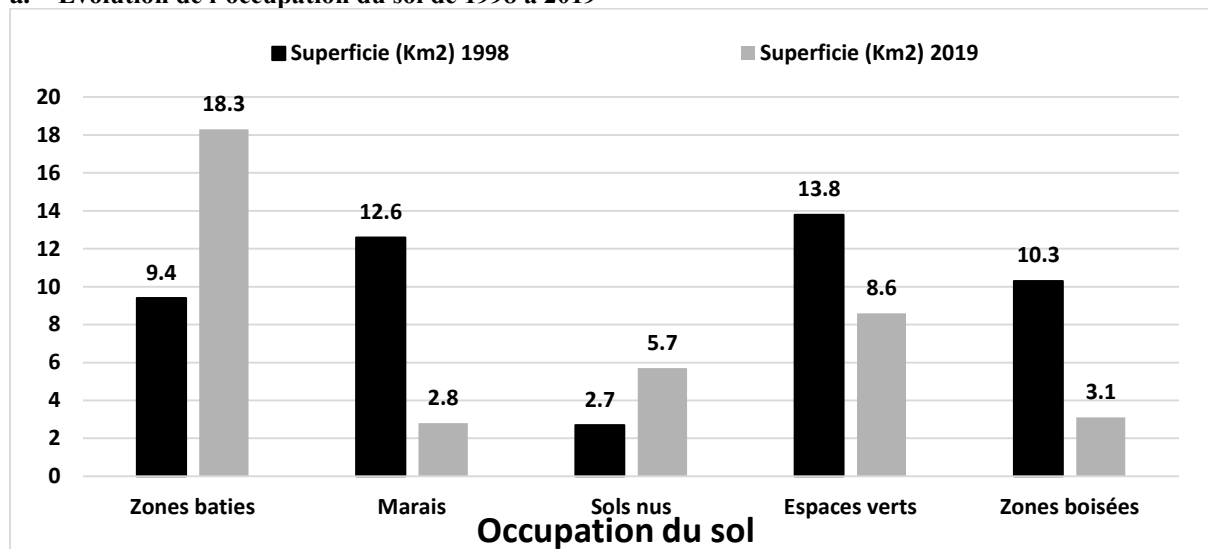


Figure 5. Variation de l'occupation du sol entre 1998 et 2019 dans la ville d'Uvira (Source : Auteur)
Entre 1998 et 2019, des changements importants dans l'occupation du sol se sont observés dans la ville d'Uvira.

La figure 5 présente les cartes d'occupation et utilisation du sol dans la zone. En effet, pendant la période sélectionnée, différentes classes d'occupation et utilisation du sol ont significativement changé dans le temps.

La classification supervisée effectuée a permis d'avoir une précision globale de 78% et 83%, soit un indice Kappa de 0,74 et 0,81 respectivement pour les deux années.

De cette figure 5 ci-haut, il ressort qu'entre 1998 et 2019 (soit plus de 20 ans après) les zones bâties de la ville d'Uvira ont doublé passant de 9,4 km² à 18,3 km² par contre les zones marécageuses (surtout localisées vers Kanvinvira, Kivovo, etc.) ont subi des pertes significatives de l'ordre de 77,8% (de 12,6 km² à 2,8 km²) ; la même tendance s'est observée pour les zones boisées qui sont passées de 10,3 km² à 3,1 km² (réduction de près de 70%). Seuls les sols nus et les espaces verts urbains se sont développés passant respectivement de 2,7 à 5,7 km² et 8,6 à 13,8 km². On constate donc que les zones bâties et les sols nus se sont significativement développés au détriment des écosystèmes de la ville notamment les zones marécageuses et les zones boisées dans et même autour de la ville.

b. Modèle d'aménagement avec l'évolution de la population

c. Evolution de la population

Tableau 1. Evolution de la population de la ville d'Uvira aux horizons 2040, 2050 et 2070

Année	2020	2040	2050	2070
Populations	267569	492 730	668 645	1 231 315
Situation par rapport à l'initial	Initial	Double	Triple	Quadruple

Ce tableau montre que la population a tendance à doubler tous les 20 ans suivant le modèle exponentiel.

En 1998 la population d'Uvira donnée par le ministère de la santé était de 136 690 personnes (individus). Ce même ministère de la santé donne en 2020 la population d'Uvira de 267 569 individus. C'est cette dernière année que nous avons pris comme année de référence pour établir la croissance de la population d'Uvira dans le temps.

Les résultats sur l'évolution de la population de la ville sont présentés ci-dessous. Il en ressort qu'en fonction du temps (années), la population de la ville d'Uvira ne cesse d'augmenter. Les projections effectuées de la population aux horizons 2050, et 2070 prévoient que la ville d'Uvira aura doublé sa population et triplé aux horizons 2050. Avec une population de 267 569 en 2020 ; elle atteindra probablement plus de 668 645 et 1 231 315 individus respectivement pour les deux années (Voir tableau 1).

a. Présentation de la ville d'Uvira suivant l'aménagement

Uvira en aménagement horizontal

Tableau 2. Modèle d'aménagement horizontal de la ville d'Uvira

Année	Population	Modalité	Pourcentage	Surface requise (Km ²)	Surface disponible	Ration de satisfaction (%)
2020	267 569	Habitation	60	15,61	9,53	-172,9
		Equipement	40	10,41		
		Total requis	100	26,01		
2050	668 645	Habitation	60	39,00	9,53	-582,2
		Equipement	40	26,00		
		Total requis	100	65,01		
2070	1 231 314	Habitation	60	71,83	9,53	-1 156,1
		Equipement	40	47,88		
		Total requis	100	119,71		

En fonction de l'évolution de la population de la zone d'étude ; les surfaces exigées, pour le cas d'aménagement horizontal, sont variables. De ce fait, les analyses présentées dans le tableau 2 montrent qu'au total, la population de cette dernière aurait besoin, en terme de surface de 26,01 km² ; 65,01 km² et 119,71 km² respectivement pour les années 2020, 2050 et 2070. Malheureusement, les surfaces disponibles restent statiques voir en réduction avec des perturbations naturelles des écosystèmes. Ainsi pour l'aménagement horizontal, avec une surface disponible de 9,53 km², la ville ne devra répondre dans ce sens qu'à 36,63% ; 14,66% et 7,96% de la surface exigée par la population pour les années 2020, 2050 et 2070 respectivement.

Uvira en aménagement vertical

Tableau 3. Aménagement vertical suivant les standings retenus (Source : Auteur)

Année	Population	Standing	Nbre des parcelles	Superficie en m ²	Superficie total en m ²	Superficie en km ²	Ratio surface requise et surface disponible
2020	267 569	<i>Très économique</i>	6332	160	1013194,61	1,01	
		<i>Economique</i>	4385	250	1096289,65	1,10	
		<i>Moyen</i>	2557	500	1278385,22	1,28	
		<i>Haut</i>	1591	800	1272439,24	1,27	
		Total				4,66	
2050	668 645	<i>Très économique</i>	15825	160	2531936,62	2,53	
		<i>Economique</i>	10958	250	2739588,12	2,74	
		<i>Moyen</i>	6389	500	3194638,35	3,19	
		<i>Haut</i>	3975	800	3179779,56	3,18	
		Total				11,65	
2070	1 231 315	<i>Très économique</i>	29141	160	4662578,28	4,66	
		<i>Economique</i>	20180	250	5044969,90	5,04	
		<i>Moyen</i>	11766	500	5882947,95	5,88	
		<i>Haut</i>	7319	800	5855585,40	5,86	
		Total				21,45	

Le tableaux 3 montre le nombre des parcelles que la ville devra avoir pour que ce scénario d'aménagement vertical réponde aux besoins de la population au maximum. De ceci, 4,66 ; 11,65 et 21,45 km²

sont des surfaces requises pour 2020, 2050 et 2070 respectivement. Avec le 9,53 km² des zones habitables de la ville 48,9%, 122,2% et 225,04 % des surfaces requises seront compatible avec la surface totale des zones aménageable de la ville. Le -22,2% et -125,04% expliquent que la totalité des zones habitables seront occupées et plus de 22% et 125% de cette dernière seront manquantes pour que ces trous soient comblés.

Uvira en aménagement mixte

Tableau 4. Etalement mixte suivant les standings retenus.

Année	Population	Standing	Nbre des parcelles	Superficie en m ²	Superficie total en m ²	Superficie en Km ²	Ration surface requise et surface disponible
2020	267569	Très économique	6332	160	1013194,61	1,01	
		Economique	4385	250	1096289,65	1,10	
		Moyen	3835	500	1917577,83	1,92	
		Haut	4772	800	3817317,73	3,82	
		Total					7,84
2050	668645	Très économique	15825	160	2531936,62	2,53	
		Economique	10958	250	2739588,12	2,74	
		Moyen	9584	500	4791957,52	4,79	
		Haut	11924	800	9539338,69	9,54	
		Total					19,60
2070	1231315	Très économique	29141	160	4662578,28	4,66	
		Economique	20180	250	5044969,90	5,04	
		Moyen	17649	500	8824421,92	8,82	
		Haut	21958	800	17566756,20	17,57	
		Total					36,10

Le tableaux 4 présente les différents nombres des parcelles relativement aux ménages dans la ville ; respectivement pour 2020, 2050 et 2070. Par ce mode d'aménagement dans l'année de référence (2020), ~82,31% de la superficie totale des zones aménageables seraient occupées. En 2050 la totalité des zones habitable sera rempli et plus de 105% de cette surface sera en déficit. De la même manière, plus du triple de la surface totale des zones aménageables seront en déficit pour les horizons 2070.

IV. Discussion de Résultats

Nous pouvons nous demander premièrement quelles seraient les zones aménageables sur l'ensemble de la ville d'Uvira ?

Les images satellitaires nous permettent de voir qu'il ne nous reste que 21,8% d'espace aménageable dans la ville, cet espace équivaut à 43,7 km² des terres d'Uvira actuel.

D'après Muhaya et al. (2022), les zones aménageables devront avoir une pente comprise entre 2 et 15 %. Ceci peut-il nous permettre de déterminer les zones aménageables ? Les tableaux 2, 3 et 4 montrent que c'est seulement en 2020, qu'avec une construction verticale ou mixte, il y a encore de terre disponible. Le ratio donne respectivement 48,9 % (pour une construction verticale seulement) et 82,27% (pour un aménagement mixte) des terres disponibles. Au-delà de 2020, nous voyons un ratio négatif de terres disponibles. Pouvons-nous trouver des terres d'extension ailleurs ?

La population d'Uvira indique que la plaine de la Ruzizi serait la mieux indiquée pour cette extension. Mais vu que cette partie est le grenier agricole de la ville d'Uvira si pas de la province du Sud-Kivu, il faudrait voir quelle partie aménagée dans ce coin. Dans cette extension, faudrait-il éviter d'aménager dans les zones côtières des lits de rivières. Ainsi pour une extension d'Uvira, nous préconisons un aménagement plus vers le territoire Fizi (et un peu vers la plaine de la Ruzizi (Territoire d'Uvira).

Bref : La ville actuelle d'Uvira est peu aménageable pour les horizons 2050 et 2070. Pourquoi ? Puisque les projections faites sur l'occupation du sol disponible actuellement, montrent qu'il y a un déficit de terrain aménageable. Ainsi il faudra songer à l'extension de la ville vers le nord (dans la plaine de la Ruzizi) ou vers son sud (du côté de la zone de Fizi). Avec une urbanisation prédéfinie par les autorités compétentes (Vilmin, 2015)

Nous nous demandons si nous pouvons prévoir l'effectif de la population d'Uvira d'ici 2050 à 2070 ?

La réponse est nuancée. Oui et Non. Nous pouvons dire non si la croissance future de la population de la ville ne respecte plus le taux de croissance exponentielle actuelle.

Nous répondons par Oui, en tenant compte du modèle de croissance exponentielle que nous avons observé de 2016 à 2022, et qui respecte le modèle de Banque Mondiale pour la population de la R.D. Congo, depuis 1960 (Ryerson, 2010 ; Chimère Diaw et Franks, 2019).

Ainsi suivant ce modèle, la population de la ville d'Uvira est passée de 236 811 en 2016 à 267 569 en 2020. Ceci respecte ainsi le modèle $P_t = P_0 (1+0.31)^t$, exponentiel de croissance. Fort de cette réalisation, en prenant $P_0 = 267 569$ habitants en 2020 ; nous pouvons dire :

- ✓ Qu'en 2050, pour $t = 30$ ans, la ville d'Uvira aurait autour de 668 645 habitants et ;
- ✓ Qu'en 2070 ; pour $t = 50$ ans, la population d'Uvira serait autour de 1 231 314 habitants.

Ce modèle exponentiel de la population est-il satisfaisant toujours ? Nous ne pouvons pas l'affirmer, Pourquoi ? C'est parce qu'il ne considère que le taux de croissance de la population dans son établissement. Un modèle logistique qui tient compte des limites socio-économiques de stabilité, serait le mieux adapté. Nous pouvons aborder cette approche dans la suite de nos recherches, puis qu'il nous a d'abord fallu établir les limites de capacité d'accueil, il ne serait pas possible d'exploiter le modèle logistique de croissance de la population. Modèle logistique de croissance (Georges & Thomas, 2000).

$$\frac{dP}{dt} = k(M - P)P$$

M : Population maximum d'accueil

k : coefficient de proportionnalité

P : population

V. Conclusion

Cette étude avait comme objectif de contribuer à l'aménagement durable de la ville d'Uvira en 2020 ; 2025 et 2070. Elle nous a permis d'identifier les zones aménageables disponibles dans la ville. Cette étude propose un plan d'aménagement (vertical) tenant compte de l'accroissement de la population, et de types d'aménagement (horizontal, vertical ou mixte), et cela en suivant deux scénarios futurs (2050 et 2070). Il découle de résultats obtenus les conclusions ci-dessous :

- ✓ La ville d'Uvira présente une faible proportion aménageable estimée à 9,53 km² soit (21,8%) de la surface totale actuelle de la ville. Le reste (34,18 km²) est constitué des zones à très fortes pentes susceptibles aux inondations et aux érosions (sous toutes ses formes), et surtout des zones de restriction (zones tampons) qui sont non convenables pour la construction.
- ✓ La population de la ville ne cesse de croître et va doubler, tripler et quadruplera respectivement dans vingt, trente et cinquante ans, il est donc impérieux de proposer des plans d'aménagement pouvant abriter cette population dans le futur.
- ✓ Cette expansion de la ville implique une augmentation de la tache urbaine (zones bâties et sols nus) aux détriments des écosystèmes de la zone notamment les zones marécageuses et les zones boisées.

Ce travail présente également le fait que l'aménagement vertical rez de chaussée plus deux étages pourrait permettre le désengorgement de la ville, le type horizontal et mixte ne favorisent pas un aménagement harmonieux et durable de la ville d'Uvira. Les décideurs devront donc penser à l'implémentation d'une telle proposition afin d'assurer les conditions saines de population et ainsi réduire les risques des catastrophes qui fléchissent la sécurité des populations de la ville.

Bibliographie

- [1]. ADESOL, (2021). Villes verticales, l'avenir de l'urbanisme.
- [2]. Amina, C., K. (2012). Du mode de traitement des ordures ménagères dans la cité d'Uvira, cas des fractions biodégradables et non biodégradables, Mémoire de licence, Inédit, ISDR.
- [3]. Banque Mondiale, (2018). Revue de l'urbanisation en République Démocratique du Congo ; des villes productives et inclusives pour l'émergence de la RD Congo, Washington.
- [4]. Chimère D., M. et Franks, P. (2019). Production alimentaire, expansion agricole et déforestation au MaiNdombe, RDC. IIED document de travail, IIED, Londres.
- [5]. Chuma, G. B., Mondo, J. M., Sonwa, D. J., Karume, K., Mushagalusa, G. N., & Schmitz, S. (2022). Socio-economic determinants of land use and land cover change in South-Kivu wetlands, eastern DR Congo: Case study of Hogola and Chisheke wetlands. Environmental Development, 43, 100711.
- [6]. FAO, 2018. Migration rurale, agriculture et développement. Forum global sur la sécurité alimentaire et la nutrition
- [7]. Houssemand, J. (2020). Conceptualisation et évaluation d'une typologie de lotissement vertical pour un aménagement urbain durable (Doctoral dissertation, Université Bourgogne Franche-Comté).
- [8]. Huang, Y., Musy, M., Hégron, G., Chen, H., & Li, B. (2012). Méthodologies de conception climatique de quartiers urbains pour l'efficacité énergétique des bâtiments. Energy and Buildings, 11, 103-113.
- [9]. Ilunga, L. (2006). Etude des sites majeurs d'érosion à Uvira (RD Congo). Géco-Eco-trop, 30(2), 1-12.
- [10]. Kaboyi, G. I., wa Rusaati, B. I., Nfizi, I. B., Ndabaga, C. M., Gendusa, P. A., Matendo, A. F., & Kang, J. W. (2021). Quantitative Ethnomedicinal Study of Plants Used by the Population in the Middle Plateaux of Uvira Territory (DR of Congo).
- [11]. Kitambala, C. (2010). Analyse des déterminants de l'exploitation des essences indigènes ligneuses utilisées comme combustibles dans la plaine de la Ruzizi en territoire d'Uvira/RDC, Mémoire de Licence, ISDR/Uvira.

- [12]. Mallet, J. (2012). LES villes vertes : analyse de leurs réalisations et proposition de recommandations pour leur développement. Essai présenté au Centre universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env). Québec, Canada.
- [13]. Manirakiza, D., Namubamba, A. M., & Bagula, E. M., (2022). Analysis of Rice Farmers' Adaptation to Climate Change in the Ruzizi Plain (DRC). Available at SSRN 4083388.
- [14]. Manirakiza, V. (2015). La problématique de l'urbanisation spontanée face à la modernisation de la ville de Kigali (Rwanda). Thèse. Université Catholique de Louvain.
- [15]. Muhaya V.N., Chuma, G. B., Kavimba, J. K., Cirezi, N. C., Mugumaarhahama, Y., Fadjala, R. M., ... & Karume, K. (2022). Uncontrolled urbanization and expected unclotting of Congolese cities: Case of Bukavu city, Eastern DR Congo. Environmental Challenges, 100555.
- [16]. Muhaya, N. (2020). La ville de Bukavu : urbanisation effrénée et perspective de désengorgement, Mémoire de Master, UEA.
- [17]. Nacishali, N. J. (2021). Cartographie de l'érosion hydrique des sols et priorisation des mesures de conservation dans le territoire d'Uvira (République démocratique du Congo). Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement, 20(3).
- [18]. Njangamwita, N., K. (2013). Livre d'Or des Bavira : au centre de la gloire passée de l'Empire Baluba ; l'ethnohistoire revue et corrigée des peuples d'Upemba, d'Uvira et du Rwanda-Urundi, (inédit).
- [19]. Pinson, D.P.D. (2006). De l'échec d'une charte à la poursuite d'une réflexion. J.-L. Bonillo, C. Massu, D. Pinson (Dir.). La Modernité Critique, Autour du CIAM 9 d'Aix-en-Provence, 1953, Editions Imbernon, Marseille, p. 242-257.
- [20]. PNUD, (2016). Stratégie à l'appui d'une urbanisation durable. New York.
- [21]. Pourtier, R. (2018). La République Démocratique du Congo face au défi démographique. Paris: Notes de l'Institut Français des Relations Internationales, Centre Afrique Subsaharienne.
- [22]. Ramier, S. (2022). Extension de maison verticale ou horizontale : quelle est la meilleure solution ?
- [23]. Ryerson, W. N. (2010). Population: The Multiplier of Everything Else, Chapter 12 in Richard Heinberg and Daniel Lerch, eds., The Post-Carbon Reader: Managing the 21st Century's Sustainability Crisis, Healdsburg, California: Watershed Media.
- [24]. SNSA, (2016). Annuaire statistique 2015-2016. Ministère de l'agriculture : Secrétariat général de l'agriculture, pêche et élevage, Kinshasa, RD Congo, 110 pages.
- [25]. Vercus, L. K., Ndikumana, T., Tamungang, N. E. B., Dieu-Donné, M., Alain, L. M., Camille, N. I., ... & Van Der Bruggen, B. (2021). Determination of the Toxicological Risk of Urban Waste from the City of Uvira Dumped into the North-Western Coast in Lake Tanganyika (Democratic Republic of Congo). Journal of Environmental Protection, 12(10), 677-693.
- [26]. Vilmin, T. (2021, Octobre 20). De l'analyse systémique de l'aménagement urbain à la réalisation d'un jeu sérieux. Récupéré sur OpenEdition : <http://journals.openedition.org/netcom/5617>

Jacques Kavimba Kahindo, et. al. " Etude Projective D'aménagement Durable De La Ville d'Uvira En République Démocratique Du Congo." *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 17(4), (2023): pp 18-23.