

en couverture

Luis Barragán, Casa Gilardi, Mexico, Mexique

Photo Anne Laffineur-Chevillotte, LOCI Tournai (mars 2023).

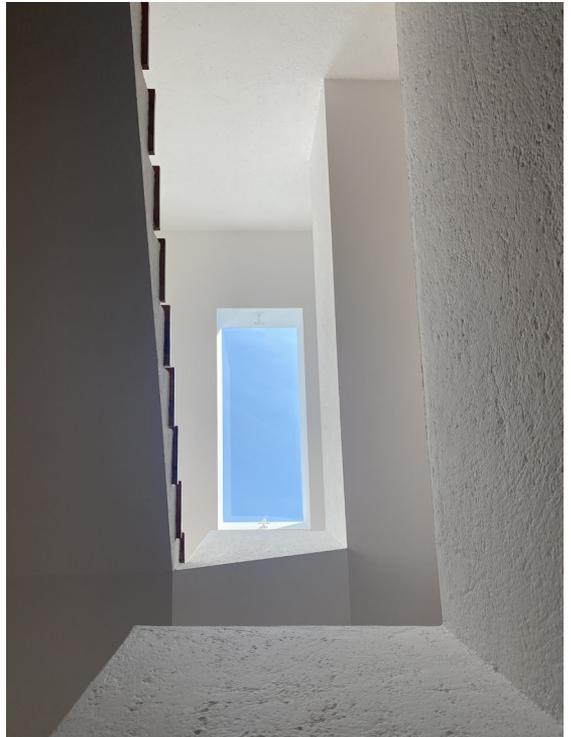
lieuxdits #26

Spécial *prix et distinctions*

Février 2025

édito	1
<i>Catherine Vanhamme</i>	
Manifeste de la Faculté LOCI	2
La frugalité, vers un renouveau de l'architecture	6
<i>Antoine Meinsier, lauréat du Hera Awards 2024 (Sustainable architecture), mention au Prix Van Hove 2023</i>	
Sur les traces de l'injustice urbaine	12
<i>Laura Ghabris, mention au Prix Van Hove 2023</i>	
Habiter la Ntahangwa : entre risques et résilience	18
<i>Brandon Ndikumana et Mathias Hauwaert, prix Ingénieurs sans frontières - Philippe Carlier 2023</i>	
Intégrer des éléments de réemploi dans la construction neuve	26
<i>Amandine Bodenghien, nominée aux HERA Awards 2024 (Sustainable architecture)</i>	
Learning From the South	30
<i>Pietro Manaresi, Géraldine de Neuville, Jean-Philippe De Visscher, Evelien Van den Bruel, Lucas Lerchs, Christophe Monfort, projet de recherche lauréat de la Bourse Leleux 2022</i>	
Autoconstruire son habitation (légère)	36
<i>Anaïs Angéras, projet de recherche lauréat de la Bourse Leleux 2019</i>	

lieuxdits #26
spécial *prix et distinctions*



Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme de l'Université catholique de Louvain
Louvain research institute for Landscape, Architecture, Built environment



Référence bibliographique :

Brandon Ndikumana, Mathias Hauwaert, "Habiter la Ntahangwa : entre risques et résilience",
lieuxdits#26, février 2025, pp.18-25

SEMESTRIEL

ISSN 2294-9046

e-ISSN 2565-6996



Éditeur responsable : Le comité éditorial, place du Levant, 1 - 1348 Louvain-la-Neuve (lieuxdits@uclouvain.be)

Comité éditorial : Damien Claeys, Gauthier Coton, Brigitte de Terwangne, Corentin Haubruge, Lucas Lerchs,

Nicolas Lorent, Pietro Manaresi, Catherine Massart, Giulia Scialpi, Dorothée Stiernon

Conception graphique : Nicolas Lorent

Imprimé en Belgique



Faculté d'architecture
d'ingénierie architecturale
d'urbanisme



LAB

Louvain research institute for
Landscape, Architecture,
Built environment

www.uclouvain.be/loci
www.uclouvain.be/lab

Habiter la Ntakangwa: entre risques et résilience

Stratégies d'adaptation urbaine et territoriale face aux risques hydrologiques à Bujumbura

Auteurs

Brandon Ndikumana
Ingénieur civil architecte,
diplômé en 2023, LOCI,
UCLouvain

Mathias Hauwaert
Ingénieur civil architecte,
diplômé en 2023, LOCI,
UCLouvain

Résumé. Couronné du prix *Ingénieurs sans frontières - Philippe Carlier 2023*, le travail de fin d'études de Brandon Ndikumana et Mathias Hauwaert intitulé *Habiter la Ntakangwa : entre risques et résilience* s'intéresse à l'adaptation urbaine et territoriale de Bujumbura. Il a été encadré par Pr Chiara Cavaliere, Pr Sandra Soares Frazao et Pietro Manaresi et a bénéficié du soutien de Louvain Coopération. Cet article y fait écho. La ville de Bujumbura est de plus en plus exposée à trois risques hydrologiques : les inondations et crues, les effondrements de berges et les ravinements. Les récentes catastrophes dites "naturelles" de la ville ont initié ce TFE. Les bassins versants traversant la ville ont été employés comme clés de lecture du territoire et la rivière Ntakangwa a été choisie comme cas d'étude. Une approche transdisciplinaire ancrée dans le contexte de la ville a été adoptée pour répondre à la question centrale de ce travail : quelles stratégies d'adaptation peuvent être envisagées face aux risques hydrologiques afin de renforcer la résilience de Bujumbura et ses habitant-es ?

Mots-clés. recherche par le projet · adaptation urbaine/territoriale · risque hydrologique · bassin versant · modélisation hydraulique/hydrologique

Abstract. Brandon Ndikumana and Mathias Hauwaert's master thesis, entitled *Living the Ntakangwa: Between risks and resilience*, was awarded *Ingénieurs sans frontières - Philippe Carlier 2023* prize. It focuses on the urban and territorial adaptation of Bujumbura. It was supervised by Pr Chiara Cavaliere, Pr Sandra Soares Frazao and Pietro Manaresi and received support from Louvain Coopération. This article is an echo of it. The city of Bujumbura is increasingly exposed to three hydrological risks: floods, bank collapses, and gully erosion. The city's recent 'natural' disasters initiated the master thesis. The watersheds crossing the city were used as keys to understanding the territory, and the Ntakangwa River was selected as the case study. A transdisciplinary approach anchored in the city's context was adopted to address the central question of this work: what adaptation strategies can be envisioned in the face of hydrological risks in order to strengthen the resilience of Bujumbura and its inhabitants

Keywords. research through design · urban-territorial adaptation · hydrological risk · watershed · hydrological-hydraulic model

1 - Le logiciel de modélisation pour la gestion des eaux pluviales SWMM (Storm Water Management Model) a été choisi pour quantifier les impacts des interventions suggérées. Ce logiciel prend en compte un ensemble de sous-bassins qui sont connectés à un réseau de drainage permettant de modéliser un débit d'eau de ruissellement et d'évaluer la mise en œuvre des Stormwater Control Measures (SCMs). Ces mesures favorisent le stockage et l'infiltration de l'eau afin de réduire les ruissellements urbains et les risques qui y sont liés.

2 - Le principe de solidarité de bassin versant est un principe selon lequel les habitant-es résidant en amont d'un bassin versant se soucient de celles et ceux en aval, plus exposés aux risques d'inondation.

① Bujumbura et le lac Tanganyika.



Habiter la ville : Bujumbura

La situation est critique. Une partie des habitations baigne actuellement sous les eaux du lac Tanganyika.

— Habitante d'un quartier de Bujumbura touché par les inondations de 2021

En avril et mai 2021, Bujumbura, la capitale économique du Burundi, située à l'ouest du pays, s'est retrouvée en partie submergée par les eaux, suite à l'augmentation du niveau d'eau du lac Tanganyika. Cet événement a fait l'effet d'un électrochoc sur les résident·es et a remis au premier plan les questions de gestion et prévention des risques hydrologiques à Bujumbura. En effet, les quinze années précédentes, d'autres catastrophes hydrologiques s'étaient produites à Bujumbura. À titre d'exemple, la ville a également connu de fortes crues en 2014 et d'importants effondrements de berges en 2017.

Bujumbura s'est développée sur une plaine située entre le lac Tanganyika et un ensemble d'escarpements à pentes raides (fig. 1). Ce développement s'est accompagné d'une croissance démographique accrue et d'une urbanisation non contrôlée en raison du contexte socio-politique du pays. Cette pression a entraîné un processus d'imperméabilisation des sols et de déboisement qui ont contribué à l'accroissement des risques hydrologiques, en parallèle des perturbations pluviométriques causées par le dérèglement climatique. Les rivières prenant leurs sources dans les collines surplombant Bujumbura sont aujourd'hui une menace potentiellement plus dangereuse que le lac, étant donné qu'elles traversent le cœur de quartiers densément peuplés (Kubwarugira, 2019).

Habiter le territoire du risque : objectifs

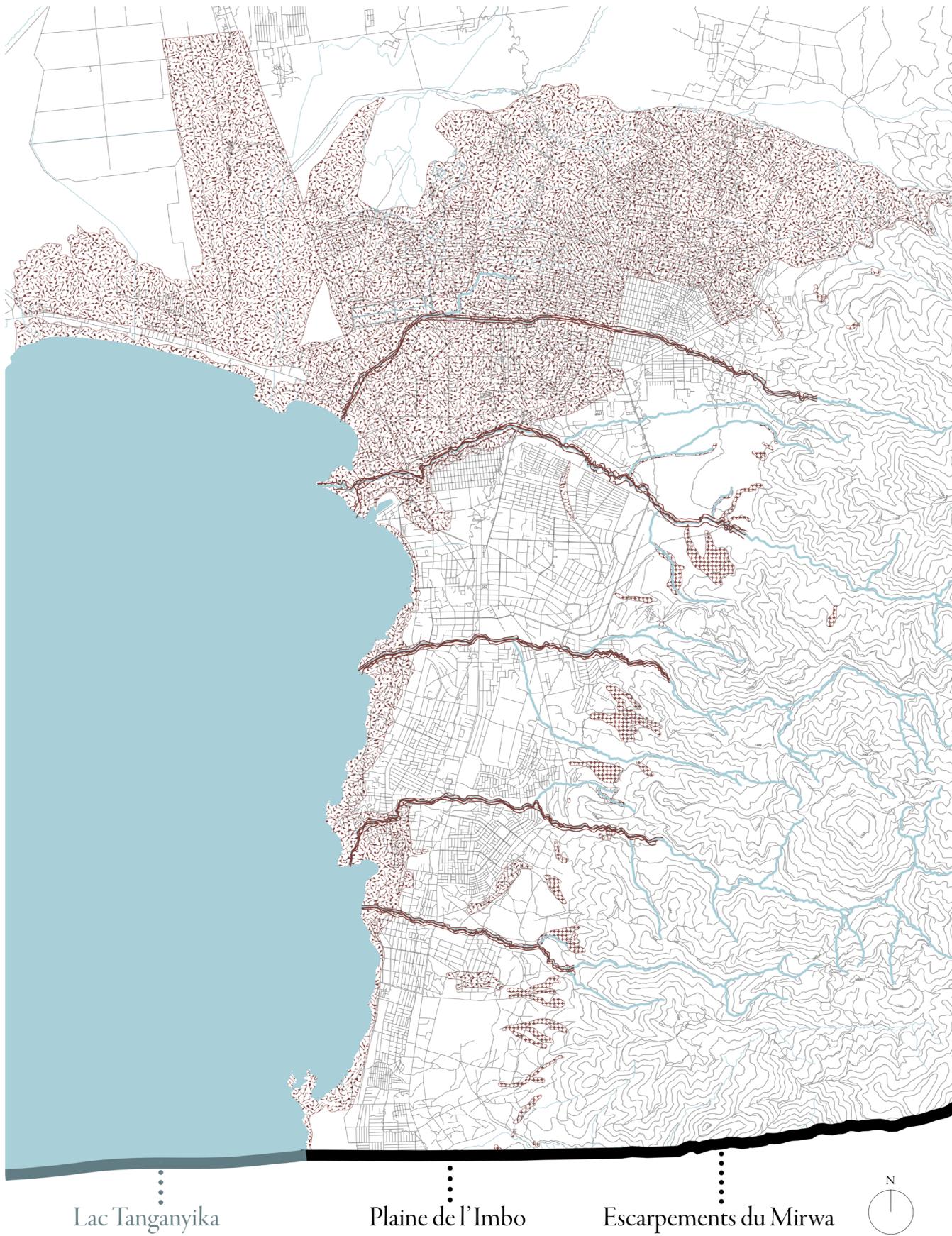
Afin de nous positionner, nous nous sommes alignés sur les objectifs de l'ancien groupe de recherche URBASUDS (LAB, UCLouvain) :

[Ce groupe] veut mettre en lumière les connaissances, les approches et les problématiques visant des régions du monde qui recueillent la grande majorité de la croissance urbaine du ^{xx}e siècle. Il relève la sous-représentation de ces terrains d'études dans la recherche urbaine compte tenu de leur importance dans les dynamiques urbaines mondiales. Mieux, il considère que ces villes et ces territoires peuvent contribuer à nourrir la théorie de l'urbanisme en général — sortant ainsi d'un schéma largement répandu dans la recherche comme dans la pratique urbanistique, de transfert du Nord vers le Sud des concepts ou des modèles urbains.

Notre recherche considère l'adaptation urbaine et territoriale à travers différentes approches, notamment le *water urbanism* visant à redonner une place centrale à l'eau dans les territoires habités (Shannon, De Meulder, d'Auria & Gosseye, 2008). Nous avons également opté pour une approche croisant ingénierie hydraulique, urbanisme et aménagement du territoire. Visant une gestion intégrée des risques hydrologiques, cette transdisciplinarité s'est traduite par l'emploi de deux outils de recherche : l'un quantitatif, la modélisation hydrologique et hydraulique à l'aide du logiciel SWMM¹; l'autre qualitatif : le projet urbain et territorial. Ces outils ont été employés conjointement afin de mener à la définition et à l'évaluation de stratégies d'adaptation. L'idée était de comprendre quel pouvait être l'apport d'un outil de modélisation hydrologique dans un processus de recherche par le projet.

Habiter le bassin versant : la Ntakangwa

Afin de guider la problématisation de la relation risques-territoire, trois axes ont été suivis : la saisie des risques (1), la place des catastrophes dans la réflexion sur le risque (2) et la spatialité des risques (3) (November et al., 2011). Dans un premier temps, trois risques principaux ont été identifiés : les inondations et crues, les effondrements de berges et les ravinements. Ensuite, la distribution spatiale des catastrophes antérieures, complétée par la spatialisation des risques identifiés sur terrain, ont été utilisées comme indicateur de l'exposition aux risques. La superposition de ces risques a mis en évidence que, tout comme les rivières, les risques hydrologiques suivent une structure territoriale transversale. Afin de travailler sur les trois risques identifiés, les rivières et leurs bassins versants sont devenus nos clés de lecture du territoire. Cette approche s'inscrit dans une démarche de gestion intégrée des risques hydrologiques et permet de s'intéresser aux dynamiques entre habitant·es, en amont et en aval, à travers le principe de "solidarité de bassin versant"². Les rivières traversant Bujumbura présentant des caractéristiques similaires, un cas d'étude a été choisi : le bassin versant de la rivière Ntakangwa. À l'image du nom qu'elle porte — le terme Ntakangwa signifiant "qui ne peut être affrontée" en kirundi — elle a été sélectionnée en raison du risque qu'elle représente aujourd'hui pour les habitant·es de Bujumbura (fig. 3).



Lac Tanganyika

Plaine de l'Imbo

Escarpements du Mirwa



② Géographie du risque de Bujumbura. Sources : Nsabimana, 2022 ; Google, 2022 ; Kubwimana et al., 2019 ; OpenStreetMap, 2022.

-  Risque d'inondations
-  Risque d'effondrement de berges
-  Risque de ravinement

Habiter les sous-bassins versants : Buyenzi, Kigobe et Gikungu

Afin de nous informer davantage sur l'occupation du territoire par ses habitant-es, une analyse de la morphologie urbaine du bassin versant a été effectuée sur base d'images satellites. Une confrontation entre morphologie urbaine et zones à risque a ensuite été réalisée. Cette synthèse *géomorphologique* a permis une sélection de trois sous-cas d'étude visant à travailler sur les trois risques identifiés (fig. 8) : à l'échelle du sous-bassin versant. Les quartiers de Buyenzi, Kigobe et Gikungu ont été sélectionnés sur base des morphologies urbaines distinctes qu'ils présentent et du risque auquel ils sont, chacun, exposés. Le sous-bassin versant de Gikungu est situé à l'amont de la vallée de la Ntakangwa, dans sa partie escarpée et agricole (fig. 4) et est exposé au risque de ravinements. Il abrite des quartiers récents dits spontanés et présente un tissu dense à certains endroits et diffus à d'autres. Le sous-bassin versant de Kigobe est situé à mi-chemin entre l'amont et l'aval, au cœur de la ville, et est exposé au risque d'effondrements de berges (fig. 5). Son tissu peu dense est constitué d'un grand nombre d'habitats pavillonnaires disposant de grandes parcelles cloisonnées. Le sous-bassin versant de Buyenzi est celui le plus à l'aval de la Ntakangwa et est exposé au risque d'inondations et crues. Il accueille un quartier historique, dit populaire et densément peuplé, qui suit une trame quadrillée (fig. 6).

Enquêtes de terrain

Dans le but de mieux comprendre et appréhender le contexte du terrain d'étude, nous avons employé le relevé de terrain à l'échelle du quartier comme porte d'entrée sur le territoire. Durant l'analyse, nos outils principaux étaient la prise de photo et le relevé par le dessin (fig. 7). Nous avons aussi été à la rencontre d'acteur-ices du territoire, organisé des entretiens individuels non directifs avec divers-es expert-es (professeur-es d'université, ingénieurs et membres de plateformes [inter]nationales...) et conduit des entretiens individuels semi-directifs avec les résident-es et responsables administratifs des sous-bassins versants.

Au fil du temps passé sur le terrain, une base de données constituée d'initiatives pour lutter contre les risques hydrologiques a été établie. Nous avons tenté de reconstruire le processus d'implémentation de projets caractérisés par un effort collectif, par la conjonction d'approche *bottom-up* et *top-down* ainsi que par les réponses d'habitant-es et

de responsables administratifs. C'est le cas, par exemple, du projet de reforestation nationale *Ewe Burundi Urambaye* ("Oh Burundi, que tu es bien vêtu"). Il s'agit d'une initiative gouvernementale qui a rapidement été réappropriée par une partie de la population qui y a vu un bénéfice direct en termes d'augmentation de la fertilité des sols ou encore de réduction des risques hydrologiques.

Habiter la Ntakangwa : voies vers la résilience

Les relevés de terrain, entretiens et modélisations ont permis d'établir les descriptions territoriales des sous-bassins versants, comprises comme une démarche active "entre lecture et écriture" (Corboz, 1983) nous permettant d'élaborer cinq stratégies d'adaptation : infiltrer, consolider, révéler, connecter et récupérer. L'observation des projets sur place, les retours d'experts locaux et les allers-retours entre modélisation et projet nous ont servi d'appui (fig. 9). Les stratégies ont été déclinées en interventions spécifiques à chaque sous-bassin versant. Plus particulièrement, en raison d'une position à l'amont et du risque de ravinements à Gikungu, l'infiltration des eaux de ruissellement a été favorisée à l'aide de jachères améliorées et de fossés antiérosifs suivant la structure paysagère de la vallée. Face au risque d'effondrements à Kigobe, l'accent a été mis sur la consolidation des berges à l'aide de plantes fixatrices et terrassements permettant la création d'une promenade le long des berges. Concernant le risque d'inondations et crues à Buyenzi, l'approche a consisté à révéler l'ancien tracé de la rivière à l'aide de noues agricoles afin de lui rendre l'espace qu'elle revendique lorsqu'elle sort de son lit.



3



4



5

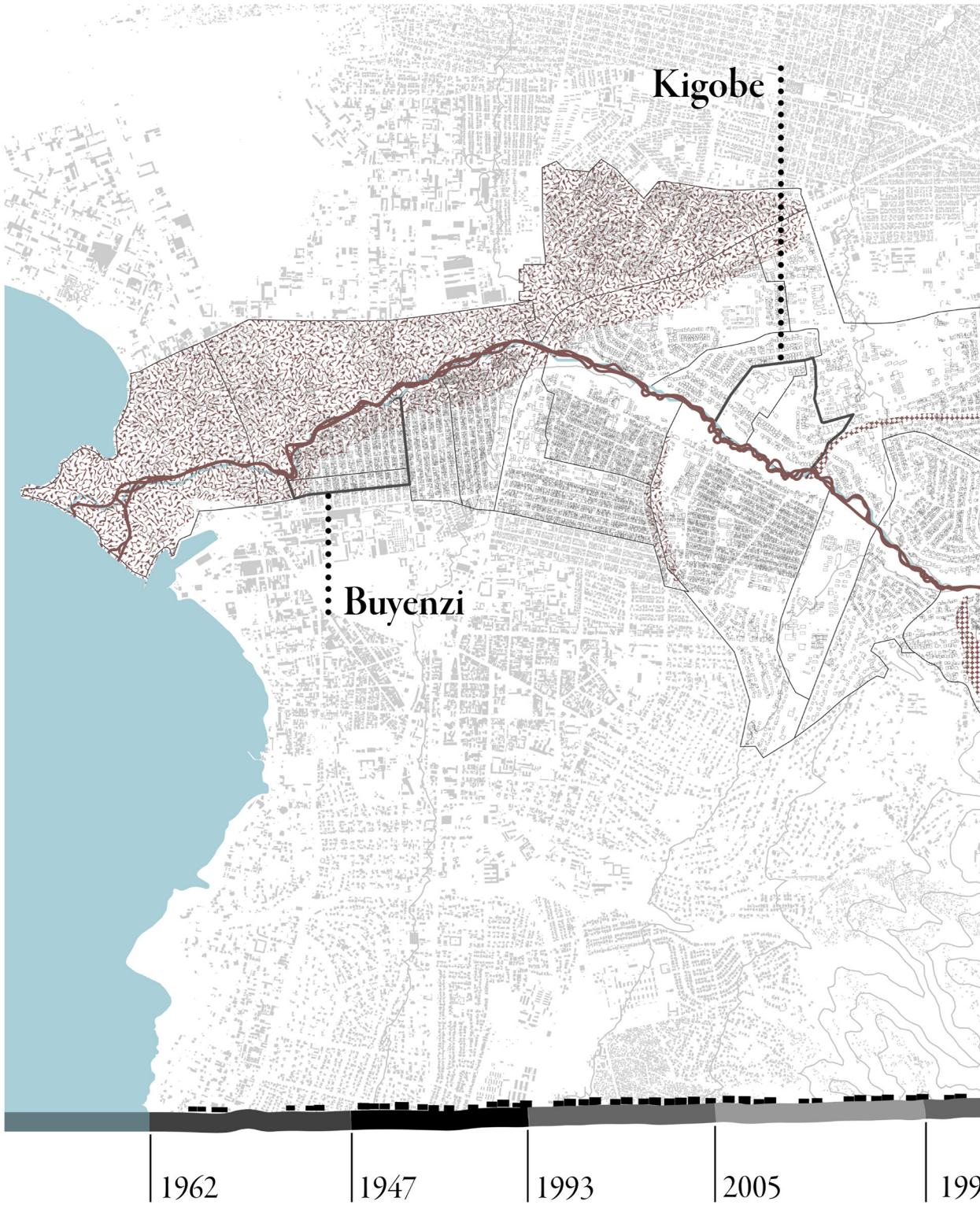


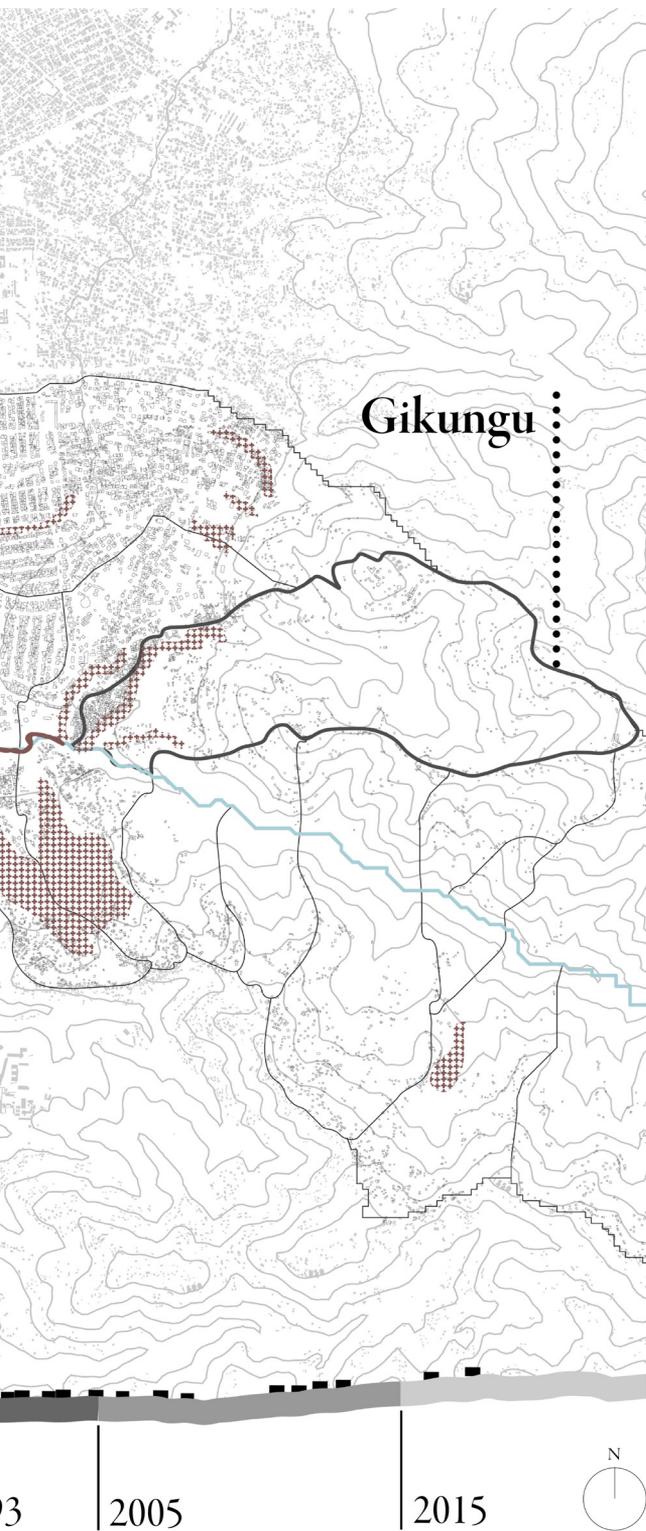
6



7

- ③ La rivière Ntakangwa et sa berge.
- ④ Gikungu et ses plans agricoles.
- ⑤ Kigobe et son front bâti.
- ⑥ Buyenzi et son quadrillage de rues.
- ⑦ Les relevés par le dessin ont été réalisés à l'aide d'une planche au format A2, d'un fond de plan satellite et d'une palette de crayons de couleur. Une attention particulière a été accordée aux fonctions des bâtiments, à la couverture des sols, aux clôtures et aux systèmes d'évacuation des eaux. L'échelle du quartier a été choisie car elle était la seule dont nous pouvions efficacement nous emparer en peu de temps.





Risque d'inondation et crue



Risque d'effondrement de berges



Risque de ravinement

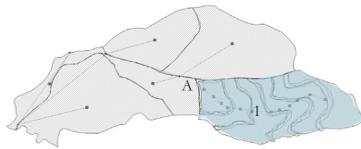


Analyse morphologique



Ⓢ Synthèse "géomorphologique".
Sources : Nsabimana, 2022 ;
Google, 2022 ; Kubwimana et
al., 2019 ; Microsoft, 2022.

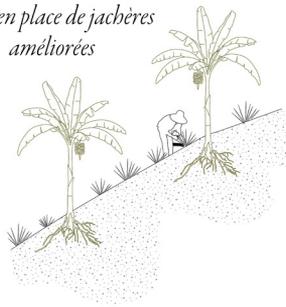
⑨ Élaboration de la stratégie "infiltrer" et ses interventions. Elle consiste en deux interventions, ancrées dans la vision du projet de reforestation nationale Ewe Burundi Urambye et choisies en raison du caractère agricole du sous-bassin versant de Gikungu (les fossés antiérosifs productifs et les jachères améliorées). Au vu des résultats obtenus sur le logiciel SWMM, la combinaison de ces interventions semble se montrer efficace dans la lutte contre le ruissellement et les risques de ravinements. À titre d'exemple, pour une pluie linéaire d'une durée de 10 min et d'un temps de retour de 10 ans, les interventions suggérées permettent de passer d'un débit maximal de $4,35 \text{ m}^3/\text{s}$ à $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$, à l'exutoire A.



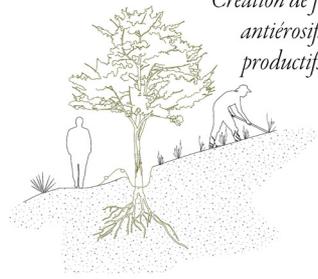
"Il serait intéressant de mettre en place des systèmes d'infiltrations."

- Dr. Ir. Henri Niyongabo
(Université du Burundi)

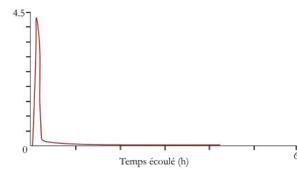
Mise en place de jachères améliorées



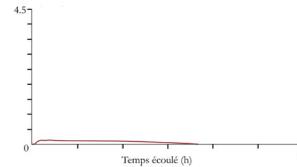
Création de fossés antiérosifs productifs



Débit avant intervention (m^3/s)



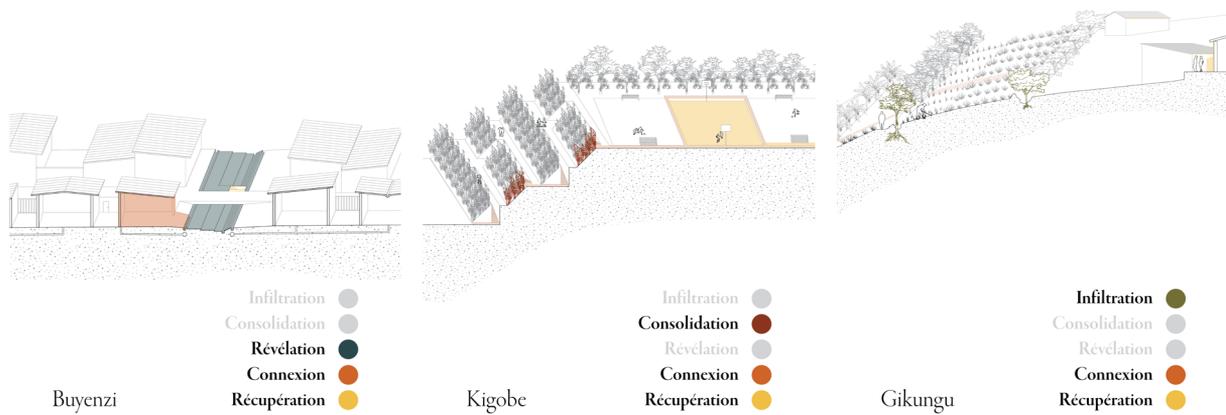
Débit après intervention (m^3/s)



⑨



⑩ Carte synthèse à l'échelle du bassin versant.



11 Coupe synthèse : Solidarité de bassin versant.

À la différence des stratégies d'infiltration, de consolidation et de révélation, les stratégies de connexion et de récupération sont transversales aux trois sous-bassins versants. La récupération des eaux pluviales permet la création de lieux de rassemblement autour de l'eau tels que des clusters sur les crêtes ou des bassins de rétention accueillant des équipements sportifs. La connexion vise à créer de nouveaux voisinages à différentes échelles à l'aide, par exemple, de ponts situés en fond de vallée ou d'escaliers paysagers permettant une reconnexion entre rivières et habitant-es. Enfin, toutes les stratégies et interventions peuvent se transférer à l'échelle du bassin versant de la Ntchangwa (fig. 10). Ce saut du local au territorial met en évidence le principe de solidarité de bassin versant (fig. 11), ici suivi en proposant des interventions tant pour les personnes exposées aux risques que pour les autres.

Conclusions

Face aux risques hydrologiques, le bassin versant de la Ntchangwa peut être vu comme une unité géomorphologique servant de projet pilote à l'échelle de la ville de Bujumbura, traversée par plusieurs rivières. Ce projet pilote est le résultat de la méthodologie adoptée dans ce travail qui visait à recourir à une approche de bassin versant et à créer une base de données à partir d'enquêtes de terrain. Cette méthodologie nous a amenés à employer la modélisation numérique ainsi que le projet urbain et territorial comme outils de recherche et à démontrer le potentiel de leur combinaison. De possibles pistes de recherche peuvent être formulées sur base de ce travail. Il est envisageable de prendre en compte de nouveaux risques hydrologiques ou d'élargir l'approche transdisciplinaire à d'autres disciplines telles que la bio-ingénierie ou la sociologie. De plus, ce mémoire suggère une démarche replaçant l'eau au centre de la pratique urbanistique et pouvant être étendue à d'autres territoires habités. ■

Médiagraphie sélective

- Corboz, A. (1983). Le Territoire comme palimpseste. *Diogenes*, 121, 14-35. [En ligne] http://www.marcellinbarthassat.ch/files/le_territoire_comme_palimpseste.pdf
- Curtis, D.E.A. (2019). What Is Our Research For? Responsibility, Humility and the Production of Knowledge about Burundi. *Africa Spectrum*, 54(1), 4-21. doi: 10.1177/0002039719852229
- Kubwarugira, G. (2019). *Étalement urbain dans les villes moyennes africaines : processus et formes d'urbanisation spontanée, cas de la ville de Bujumbura (Burundi)*. [Thèse de doctorat]. Université Sultan Moulay Slimane, Beni Mellal.
- Kubwimana, D., Brahim, L.A., Nkurunziza, P., Dille, A., Depicker, A., Nahimana, L., Abdelouafi, A., Dewitte, O. (2021). Characteristics and Distribution of Landslides in the Populated Hillslopes of Bujumbura, Burundi. *Geosciences* 2021, 11, 259. doi: 10.3390/geosciences11060259
- Nsabimana, J. (2022, août). Exposition aux catastrophes hydrologiques : cas de la ville de Bujumbura. [Communication] Conférence du CREDES, 28/08/2022, université du Burundi, Bujumbura.
- November, V., Penelas, M. & Viot, P. (2011). *Habiter les territoires à risques*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Shannon, K., De Meulder, B., d'Auria, V. & Gosseye, J. (2008). *Water Urbanisms*. Amsterdam : SUN.
- Sindayihebura, B. (2005). De l'Imbo au Mirwa. Dynamique de l'occupation du sol : croissance urbaine et risques naturels dans la région de Bujumbura (Burundi). [Thèse de doctorat]. Université de Toulouse-II-Le Mirail.