

Rapport d'évaluation des risques d'inondation et de sécheresse

Projet Hawking | Mpanda, Burundi

Nom du document	Rapport d'évaluation des risques d'inondation et de sécheresse à Mpanda
Propriétaire du document	Comité de pilotage Projet Hawking
Code du document	PID122022
Documents à l'appui	<ol style="list-style-type: none">1. Rapport de visite sur le terrain2. Plan opérationnel SLAMDAM3. Présentation de l'atelier de localisation SLAMDAM

Table des matières

Contrôle des versions de documents	3
1. Introduction	4
2. Méthodologie d'évaluation des risques	5
3. Zone d'intérêt	8
3.1 <i>Visite sur le terrain</i>	8
4. Méthode de modélisation hydrodynamique	14
4.1 <i>Configuration du modèle hydrodynamique</i>	14
4.2 <i>Paramètres de simulation hydrodynamique</i>	14
5. Résultats de la modélisation hydrodynamique	16
5.1 <i>Résultats de la simulation hydrodynamique du bassin versant de Mpanda</i>	16
6. Sélection de la zone pilote SLAMDAM	23
6.1 <i>Matrice de décision risques et bénéfiques</i>	24
7. Conclusion évaluation des risques	27
7.1 <i>Risques de conclusion</i>	27
7.2 <i>Conclusion décision de localisation</i>	27

Contrôle des versions de documents

Date	Révision	Auteur	Notes
07/3/2022	Document original	Omar Saleh	Création de la première version de l'évaluation des risques

1. Introduction

L'objectif du projet Hawking est de sélectionner et de déployer une barrière contre les inondations à faible coût, résiliente au climat, réutilisable, facilement reproductible, évolutive et mobile pour prévenir les dommages causés par les inondations et assurer la disponibilité de l'eau en période de sécheresse dans la région de Musenyi de la commune de Mpanda en Bubanza, Burundi. Il est impératif de comprendre les risques d'inondation et de sécheresse et les vulnérabilités avant de décider de la meilleure façon de déployer SLAMDAM, étant une barrière mobile contre les inondations, pour améliorer efficacement la résilience.

L'évaluation des risques d'inondation et de sécheresse est divisée en trois étapes allant des analyses générales aux analyses détaillées. Ce rapport couvre la deuxième étape où nous analysons les défis des inondations et de la sécheresse à Bubanza avec des informations provenant de visites sur le terrain et un modèle hydrodynamique. Sur la base des résultats de cette recherche, nous sélectionnons des sites pilotes potentiels pour SLAMDAM afin de réduire l'impact des inondations et des sécheresses.

2. Méthodologie d'évaluation des risques

Une évaluation des risques est effectuée lors de la phase d'analyse de chaque projet afin de concevoir la solution de gestion des risques et de déterminer les prochaines étapes. En général, une évaluation des risques est un processus permettant d'identifier les dangers potentiels et d'analyser ce qui pourrait se produire si un danger survenait. Les risques sont classés en fonction de la probabilité et de l'impact associés. Une évaluation des risques fournit une base pour déterminer les mesures à prendre pour gérer les risques.

Les évaluations des risques d'inondation et de sécheresse sont impératives lors de l'évaluation des conséquences potentielles d'une inondation ou d'une sécheresse. Cet instrument est important lors de l'évaluation des options d'atténuation des catastrophes et des optimisations économiques de mesures possibles telles que SLAMDAM. L'élément moteur de ce projet est l'évaluation des risques d'inondation afin de déterminer les caractéristiques de la technologie SLAMDAM ; la même technologie sera utilisée pour gérer les risques de sécheresse. Le risque d'inondation est la quantification de la quantité, de l'étendue et de l'emplacement des inondations prévues pour une période de retour donnée. Cela signifie que la distribution spatiale de la profondeur d'inondation calculée en fonction de la période de retour peut être utilisée pour décrire l'aléa d'inondation. La vulnérabilité est la susceptibilité de la zone soumise aux inondations. Une façon d'exprimer la vulnérabilité consiste à évaluer le coût des dommages. Un cadre pour évaluer le risque d'inondation a été proposé par Zhou (2012) et une version adaptée de celui-ci est présentée dans la Figure 1.

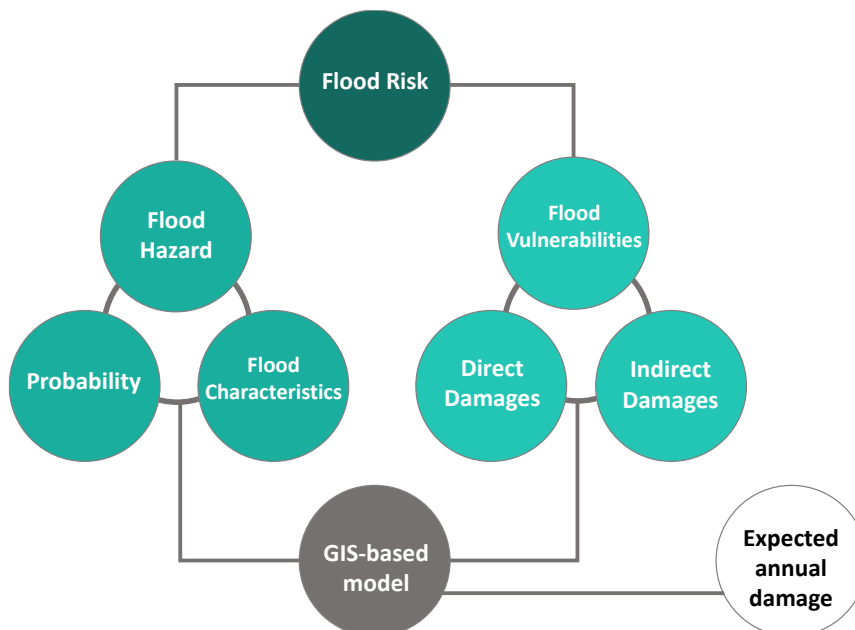


Figure 1: Un cadre pour le risque d'inondation

Pour calculer les risques, il est important de suivre une procédure claire et transparente, afin de préciser quels coûts sont inclus et comment ils sont inclus. Dans ce cadre, la méthode repose sur un cadrage approfondi de l'évaluation suivi de l'addition des classes de dommages. Il n'est pas nécessaire d'inclure toutes les classes de dommages, mais il est important de mettre en évidence celles qui le sont. Le projet a suivi plusieurs étapes pour définir l'évaluation des risques d'inondation.

Étape 1 : Définir l'évaluation des dommages

Il existe des limites de données, géographiques et temporelles que nous avons prises en compte avant d'effectuer l'évaluation des risques pour le projet Hawking. Les données disponibles n'ont pas la résolution et la fiabilité les plus élevées, par ex. il n'y a pas de données LiDAR pour le modèle numérique d'élévation (DEM). Les hydrologues qui développeront les modèles hydrologiques sont basés aux Pays-Bas même si l'emplacement du projet est au Burundi ; il existe une dépendance vis-à-vis des observations et des collectes de données par le partenaire local. Le temps disponible pour effectuer l'évaluation des risques était également limité étant donné que l'évaluation des risques devait être terminée bien avant la fin de la saison des inondations.

Étape 2 : Définir la complexité de l'évaluation des dommages

Le projet applique un modèle d'endommagement à méso-échelle et complexe. Le choix de cette complexité est dû au fait que le projet applique un logiciel de modélisation hydrodynamique 3Di de pointe prenant en compte les caractéristiques de l'inondation telles que la profondeur de l'eau.

Étape 3 : Définir les différentes classes de dommages

Le projet reconnaît différentes classes de dommages : matériels directs, matériels indirects, immatériels directs et immatériels indirects. Toutes les classes de dommages et les catégories correspondantes ne sont pas applicables au projet Hawking. Les catégories de dommages applicables sont mesurées et incluses dans la matrice de décision et le cadre logique.

Étape 4 : Définir les différentes classes de dommages

Le projet a collecté des données pertinentes pour étayer le calcul des risques. Des données hydrauliques et de superficie ont été recueillies, telles que les caractéristiques d'inondation et les données de superficie pour les catégories ci-dessous.

Catégorie de données	Description des données
L'utilisation des terres	Les cartes d'occupation des sols doivent définir les différents types d'utilisation des sols : terres agricoles, résidentielles, commerciales, urbaines, etc.
Infrastructure	Ces données décrivent différentes catégories de routes telles que les autoroutes, les routes régionales et les voies ferrées.
Ménages	Des données sur différents types de maisons (par exemple, de grande hauteur ou de faible hauteur) doivent être collectées afin de déterminer les dommages causés aux logements.
Résidents	Des données doivent être recueillies sur les résidents de la zone sélectionnée pour déterminer le nombre de personnes touchées. Dans la mesure du possible, ces données doivent refléter le sexe et l'âge des résidents. Une source de données possible est un ensemble de données fourni par Facebook.

Entreprises	Les données doivent être collectées sur les entreprises établies classées par industrie. Une source de données telle que Dunn & Bradstreet précise également le nombre d'employés de chaque entreprise.
Autre	D'autres données peuvent être disponibles, telles que des ensembles de données spécifiques sur les infrastructures critiques. D'autres données pertinentes doivent être utilisées si elles sont disponibles pour étayer les calculs de référence.

Étape 5 : Élaborer des scénarios d'inondation et un modèle hydrodynamique

Des simulations hydrauliques ont été réalisées pour trois événements différents avec des caractéristiques d'inondation différentes (profondeur d'inondation, durée, etc.) en utilisant les données collectées dans les étapes précédentes. Après avoir exécuté les simulations, le modèle a illustré les étendues d'inondation pour chaque événement considéré. Le modèle est validé avec les parties prenantes locales à Mpanda pour confirmer si le modèle développé est correct.

Étape 6 : Élaborer des scénarios d'inondation et un modèle hydrodynamique

Le modèle montre comment les dommages causés par les inondations sont répartis dans le bassin versant pour les différents événements à Mpanda. Le bassin versant a été divisé en cellules et agrégé les dommages au sein de chaque cellule.

Les chapitres suivants reflètent les résultats du modèle hydrodynamique et l'évaluation des dommages.

3. Zone d'intérêt

La province de Bubanza est l'une des 18 provinces du Burundi avec 338.023 habitants. Dans ce projet, nous nous concentrons sur le bassin versant contenant les rivières Mpanda et Musenyi, voir Figure 2. Dans ce bassin versant, les habitants sont confrontés à des problèmes d'inondation en raison de précipitations de forte intensité et de grands débits fluviaux et de problèmes de sécheresse dus au déficit en eau. Dans le bassin versant, deux emplacements spécifiques sont indiqués comme zones les plus vulnérables. A savoir, Gahwazi II au Nord et Rubira au Sud, voir Figure 3.

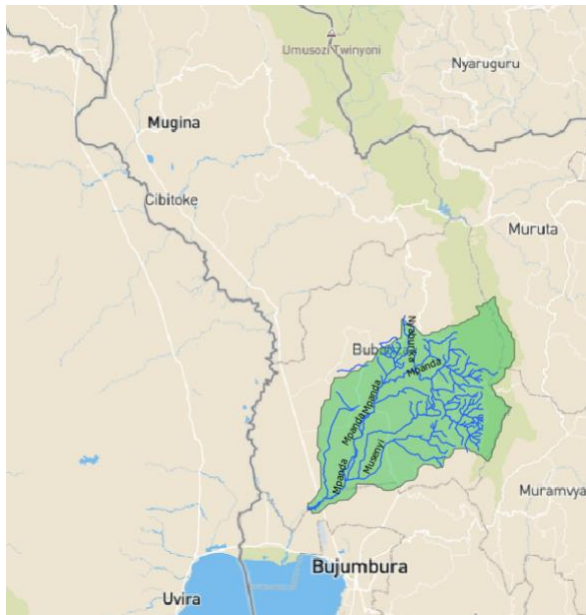


Figure 2 Bassin versant et rivières des collines de Rubira, zone de Musenyi autour de la commune de Mpanda à Bubanza, Burundi



Figure 3 Zones vulnérables dans le bassin versant de Mpanda concernant les inondations. L'emplacement nord en jaune représente Gahwazi II et l'emplacement sud en violet représente Rubira

3.1 Visite sur le terrain

Lors d'une visite sur le terrain à Gahwazi II et Rubira, nous avons réalisé des entretiens avec des habitants de la communauté pour mieux comprendre les problèmes d'inondation et de sécheresse. Pour chaque emplacement, dix habitants ont été interrogés pour découvrir l'étendue des inondations, les profondeurs d'eau et les temps de récurrence des inondations et sur les produits cultivés, les possibilités d'irrigation et les temps de récurrence des sécheresses. Les questions de l'entretien se trouvent dans le rapport de visite sur le terrain.

Outre les entretiens, des informations supplémentaires et des photos ont été recueillies lors de la visite sur le terrain. Les informations de la visite sur le terrain sont utilisées comme données

d'entrée pour le modèle hydrodynamique et pour la sélection du site SLAMDAM. Les paragraphes ci-dessous décrivent les principales conclusions de la visite de terrain pour Gahwazi II et Rubira.

SITE DE RUBIRA : Le site de Rubira est situé dans les communes Mpanda et Gihanga.

SITE DE GAHWAZI : Le site de GAHWAZI est situé dans les communes de Mpanda, Gihanga et Bubanza. Elle situé en amont du site de Rubira.

Du point de vue géographique, les deux sites dans la région de l'Imbo ayant des altitudes comprise entre 774 m, niveau du lac Tanganyika et 1000 m au début des escarpements côtiers des Mumirwa

La zone a un climat tropical à longue saison sèche qui dure 4 à 5 mois de Juin à Septembre ou Octobre. Elle connaît une grande saison pluvieuse dès le mois d'Octobre ou Novembre suivie d'une petite saison sèche en Février qui précède la petite saison de pluie de Mars à Mai. Cependant ce climat est variable suivant le relief. La saison sèche devient très sévère et plus longue dans la plaine de l'Imbo que dans les hauteurs de Mumirwa. La végétation naturelle a complètement disparue et les boisement artificiels sont rares dans la zone du projet

La pluviométrie moyenne annuelle varie de 800 à 1000 mm tandis que la température moyenne est 27° C. Concernant l'hydrographie, la commune Mpanda est traversée par 10 cours d'eau à savoir 4 rivières (Mpanda, Gifurwe, Nyakadahwe et Musenyi) et 6 ruisseaux (Kidwebezi, Kazirabagore, Nyamuyumpu ou Gahwazi, Gatagura, Nzorya).

Les sols : la partie de la plaine possède des sols limoneux argileux tandis que le Mumirwa est essentiellement occupé par des sols limoneux graveleux. Dans l'Imbo, les sols sont détruits par le climat d'une part et la surexploitation d'autre part. La fertilité exportée par les cultures d'une saison n'est pas souvent restituée à la saison suivante sous le prétexte que les sols ne s'érodent pas. L'appauvrissement unidirectionnel causé par l'exploitation pendant plusieurs années d'une même culture puisant toujours les mêmes éléments au sol est un handicap pour les sols occupés par les rizières de la plaine

POPULATION DES COMMUNES DE LA PROVINCE BUBANZA EN 2008 ET PROJECTION 2022: DENSITE 310 Hab/KM2 EN 2008 ET 425 HAB/KM2

Nom de commune	Sexe		POPULATION 2008	PROJECTION 2022
	1. Masculin	2. Féminin		
Bubanza	42 062	41 616	83 678	114 261
Gihanga	30 339	25 005	55 344	75 571
Mpanda	29 313	29 600	58 913	80 445
Musigati	41 035	41 172	82 207	112 252
Rugazi	31 719	26 162	57 881	79 036
Total	174 468	163 555	338 023	461 565

SITUATION ACTUELLE :

- La population est à plus de 95 % de la population agricole
- le secteur agricole qui est pratiqué sur une superficie d'environ 35 ares par ménage est caractérisé par une agriculture de subsistance, l'usage d'outils rudimentaires (houes), une carence en intrants améliorés et par l'utilisation d'une main d'œuvre essentiellement familiale .Il en résulte des rendements généralement faibles avec une production insuffisante.

Les principales cultures vivrières pratiquées dans les deux zones sont notamment le haricot, le soja , le riz, le manioc, le bananier, le maïs, la patate douce. Les cultures de rente : Le palmier à huile est la principale culture de rente cultivée malheureusement aucune structure d'encadrement en place alors qu'il génère des revenus assez substantiels pour les ménages ruraux de la zone du projet.

Les cultures maraîchères :Les cultures maraichères pratiquées dans la zone du projet sont : la tomate, l'aubergine, le chou, l'ognon, le poivron, le concombre. Ces cultures maraichères sont exploitées à petite échelle dans la commune suite à la rareté des intrants y relatifs à savoir les engrais, les pesticides et les semences de qualité.

La saison qui va de septembre à février appelé : saison A

La saison qui va de mars à juin appelé : Saison B

La saison qui va de Juin à décembre : pour les cultures les périmètres irrigués : Saison C

L'association des cultures est le mode de culture prédominante avec des associations de trois à quatre cultures excepté pour les périmètres rizicoles

100 % des terres sont occupées par les cultures dans les plaines,

Pas de jachères à cause de l'exiguïté des terres

L'irrigation est pratiquée dans les périmètres irrigués avec une superficie de 4029 Ha dont 1695 Ha en commune Gihanga, 563 Ha en Commune Mpanda et 500 Ha pour Bubanza

Les productions animales

L'élevage pratiqué dans la zone est de type traditionnel et est constitué des bovins, caprins, ovins, porcins et de la volaille. Mais la grande majorité des animaux élevés dans la zone sont de race locale et reçoivent rarement des soins de santé de base.

Quelques personnes pratiquent l'élevage en stabulation permanente mais ce sont les personnes qui ont des moyens financiers suffisants dans la mesure où ils achètent journalièrement les herbes pour nourrir le bétail suite à l'atomisation des terres qui est un problème réel et est dû à la forte pression démographique.

PROBLEMES D'INONDATION

Pendant la saison pluvieuse, la rivière Mpanda qui sépare la commune Mpanda des communes Bubanza et Gihanga déborde de son lit et provoque très souvent des inondations des champs de la

vallée de Mpanda à l'extrême Ouest de la commune Mpanda et à l'extrême Est des communes Bubanza et Gihanga.

Ces inondations occasionnent une forte perte de la production vivrière étant donné qu'elles sont presque régulières et interviennent avant la récolte et les eaux stagnent pendant longtemps dans les champs.

Deux zones ont été identifiées :

Zone de Gahwazi située en amont-Nord

Le site se trouve dans les communes Mpanda, Bubanza et Gihanga.

La zone inondée se situe le long des rives de la rivière Mpanda, en amont en aval de la RN 9.

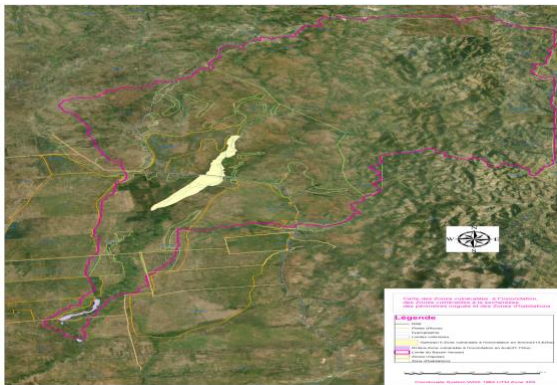
la zone inondée est plus vaste : 213.62 Ha

Zone de Rubira située en amont-Sud

Le site se trouve dans les communes Mpanda et Gihanga.

La zone inondée se situe le long des rives de la rivière Mpanda

Les superficies inondées sont petites : 27.27 Ha.



Dans cette zone, on cultive deux types de cultures :

les cultures pérennes : palmiers à huiles, les bananiers.

les cultures saisonnières : le riz, la patate douce, le haricot, le soja, le maïs, la tomate

Lors des inondations :

- les cultures pérennes ne sont pas affectées
- Les cultures saisonnières sont affectées de différentes manières selon qu'elles peuvent s'adapter sous l'eau :
- Pour le riz qui peut s'adapter sous l'eau, il n'y a pas de pertes de rendement si les inondations se produisent avant la floraison, par contre si les inondations se produisent après la floraison mais pas le jour de la cueillette 50 % du rendement escompté est perdu. Si par contre l'inondation se produise le jour de la cueillette 100 % de la production est perdu.
- Pour les plantes ne pouvant pas s'adapter sous l'eau comme la patate douce, le haricot, le soja, le maïs, la tomate 100 % de la production est perdue en cas d'inondation.
- des infrastructures publiques comme les ponts dont celui qui relie la capitale économique Bujumbura et le chef-lieu de la province Bubanza sont menacées par ces inondations

IMPACTS DES INONDATIONS DANS LA ZONE DU PROJET

- Une adduction d'eau potable est aussi menacée par les inondations qui ont déterrés en partie les tuyaux
- A part les inondations, la zone du projet souffre du déficit hydrique pendant la saison sèche excepté les périmètres irrigués représentant moins de 1% des zones agricoles ou 3 récoltes sont réalisées par an alors que dans les zones non irrigués on effectue deux récoltes par an

Rubira:



Gahwazi :



4. Méthode de modélisation hydrodynamique

Dans le projet, nous utilisons un modèle hydrodynamique pour simuler l'hydrodynamique de cas d'inondation particuliers. Il y a trois raisons d'utiliser un modèle hydrodynamique :

- 1) visualiser et comprendre l'hydrodynamique du modèle
- 2) pour simuler des inondations précédentes
- 3) pour déterminer l'effet de SLAMDAM

Sur la base des visites de terrain, de l'expertise locale et des données disponibles, nous avons construit un modèle hydrodynamique. Les paragraphes ci-dessous détaillent la configuration du modèle.

4.1 Configuration du modèle hydrodynamique

Le logiciel de modèle utilisé pour le modèle hydrodynamique est 3Di. 3Di est un logiciel de simulation hydrodynamique de pointe pour les inondations pluviales, fluviales et côtières. 3Di est appliqué dans les zones urbaines et rurales du monde entier. Unique à propos de 3Di est la combinaison de simulations rapides, de modélisation interactive, de détails de la schématisation et de capacités avancées pour modéliser les processus hydrodynamiques. Pour plus d'informations sur 3Di, voir <https://3diwatermanagement.com/>

Le modèle hydrodynamique utilise plusieurs couches raster en entrée. Le tableau 1 répertorie les couches raster avec leur source et leur résolution utilisées comme entrée pour le modèle. En plus des rasters, le modèle tient compte de la contraction accrue de l'écoulement aux ponts et des conditions aux limites en amont et en aval.

Tableau 1 couches raster utilisées comme entrée pour le modèle hydrodynamique

Couche raster	La source	Résolution
Modèle numérique d'élévation (DEM)	Gouvernement local	10x10 m
Friction	Basé sur la carte d'occupation du sol - ESA	10x10 m
Infiltration	Basé sur la carte des sols - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture	30 arc-second

4.2 Paramètres de simulation hydrodynamique

Une fois le modèle configuré avec les rasters et les informations supplémentaires, nous pouvons exécuter le modèle avec une source de précipitations pour simuler un certain événement. Pour ce projet, nous avons sélectionné un événement normatif pour les inondations survenues à Gahwazi II

et Rubira. Les inondations se produisent principalement pendant la saison des pluies, avec les plus fortes inondations de fin mars à mai.

Pour déterminer l'intensité des précipitations, utilisée comme forçage sur le modèle, nous avons utilisé deux sources. Tout d'abord, nous avons utilisé les mesures quotidiennes d'une station météorologique nationale et estimé le 90-percentile des précipitations en 24h en mars et avril. Nous avons supposé que ces précipitations avaient eu lieu en moins de deux heures. Après cela, nous avons utilisé deux événements d'inondation précédents comme deuxième source et validé les intensités de précipitations dérivées. Les deux inondations se sont produites à Bujumbura en 2018 et 2019 et sont supposées être des événements normatifs car à la fois des décès et/ou des personnes évacuées. La combinaison des mesures quotidiennes des précipitations et des crues précédentes a donné lieu à une simulation de modèle avec des précipitations de 35 mm/h pendant deux heures.

5. Résultats de la modélisation hydrodynamique

Après l'achèvement de la configuration du modèle hydrodynamique, nous avons exécuté le modèle avec une précipitation de 35 mm/h pendant deux heures. Soit 70 mm de précipitations au total. Les résultats de cette simulation sont décrits ci-dessous, pour l'ensemble du bassin versant Gahwazi II et Rubira séparément. Tous les résultats du modèle sont validés lors d'une session avec des hydrologues locaux et le travail de terrain exécuté.

5.1 Résultats de la simulation hydrodynamique du bassin versant de Mpanda

Le bassin versant de Mpanda montre des zones très élevées et montagneuses du côté est, voir Figure 3. Ici, les altitudes peuvent atteindre 920 mètres. La différence d'élévation avec le côté ouest peut atteindre 130 mètres. En conséquence, lors d'un événement pluvieux, l'eau est collectée dans de nombreux canaux dans la partie amont du bassin versant. Lorsque les canaux sont suivis plus en aval, ils convergent vers des rivières plus définies, telles que la rivière Mpanda, voir la flèche la plus haute de la figure 4.

La rivière Mpanda continue son chemin vers la partie sud-ouest du bassin versant. Au cours de la rivière Mpanda, plusieurs canaux latéraux se déversent dans la rivière et augmentent le débit total. Juste au sud de Rubira, la relativement grande rivière Musenyi se déverse dans la rivière Mpanda.

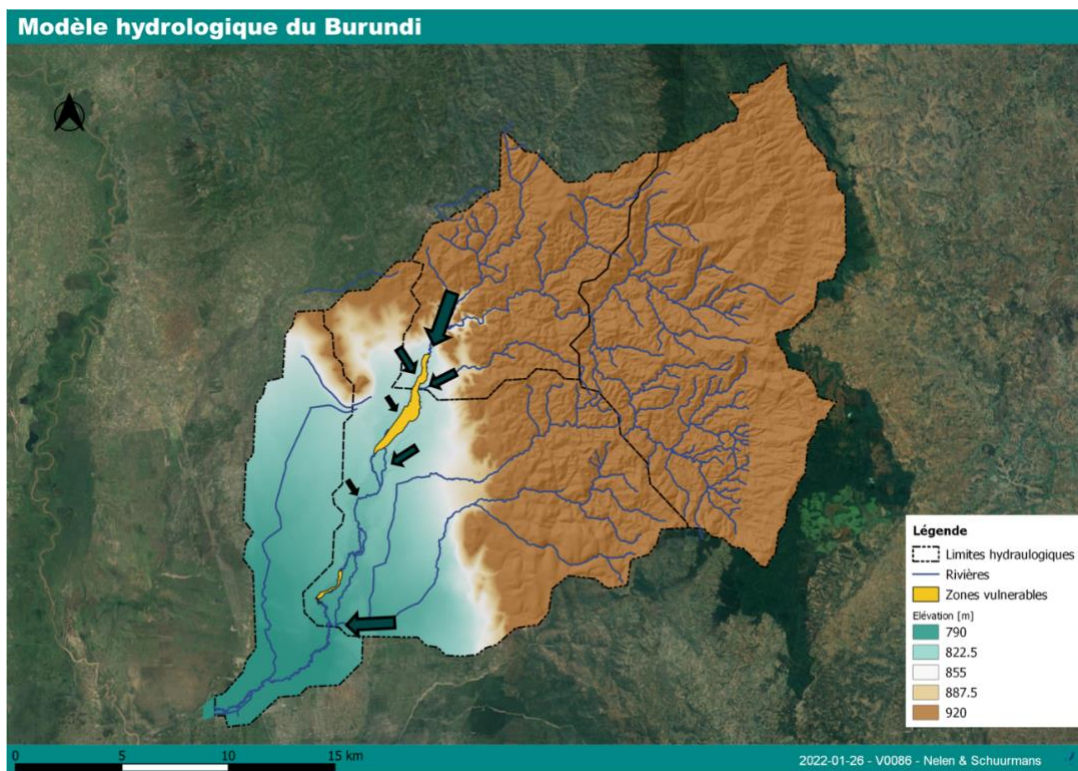


Figure 4 Fonctionnement du Bassin versant de Mpanda, avec la zone vulnérable Gahwazi II au Nord et la zone vulnérable Rubira au Sud.

En raison du fonctionnement hydrologique du bassin versant, où l'eau est collectée dans les cours d'eau des zones amont puis suit son chemin vers le sud-ouest du bassin versant, la crue arrive plus tôt dans la partie amont du bassin versant que dans la partie aval du bassin versant. La figure 5 montre le nombre d'heures depuis le début de la simulation jusqu'à ce que la profondeur d'eau maximale soit atteinte.

Comme on peut le voir sur la figure, les profondeurs d'eau maximales à Gahwazi II se produisent après 3 à 5 heures à compter du début de la simulation. Cela signifie que les profondeurs d'eau maximales se produisent une heure après la précipitation simulée à trois heures après la précipitation. En revanche, les profondeurs d'eau maximales à Rubira surviennent 5 à 7 heures après le début de la simulation (3 à 5 heures après les précipitations).

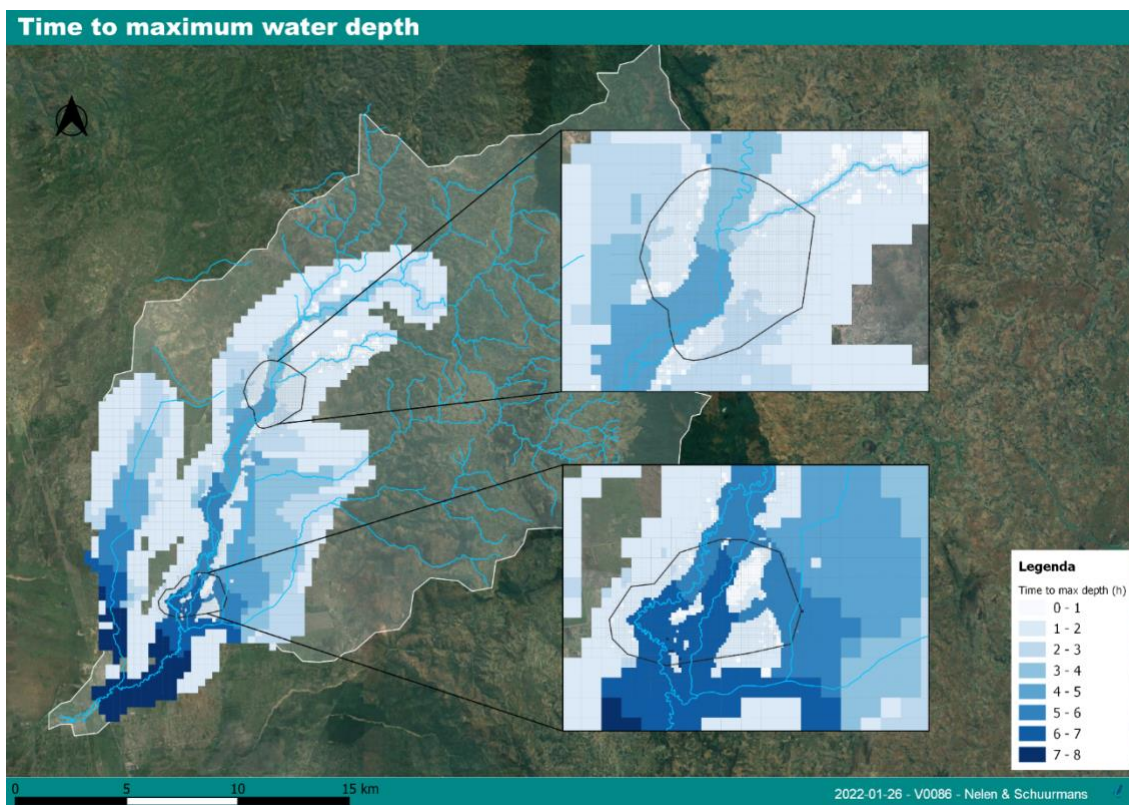


Figure 5 Le temps jusqu'à ce que la profondeur d'eau maximale soit atteinte en heures après le début de la simulation. L'emplacement nord représente Gahwazi II et l'emplacement sud représente Rubira.

Gahwazi II

Les inondations de Gahwazi II proviennent principalement de la zone en amont du bassin versant de Mpanda. La rivière Mpanda traverse Gahwazi II où les berges de la rivière sont survolées en raison des niveaux d'eau élevés. La figure 6 montre l'origine de l'eau à Gahwazi II en rouge, qui sont principalement des sources fluviales.

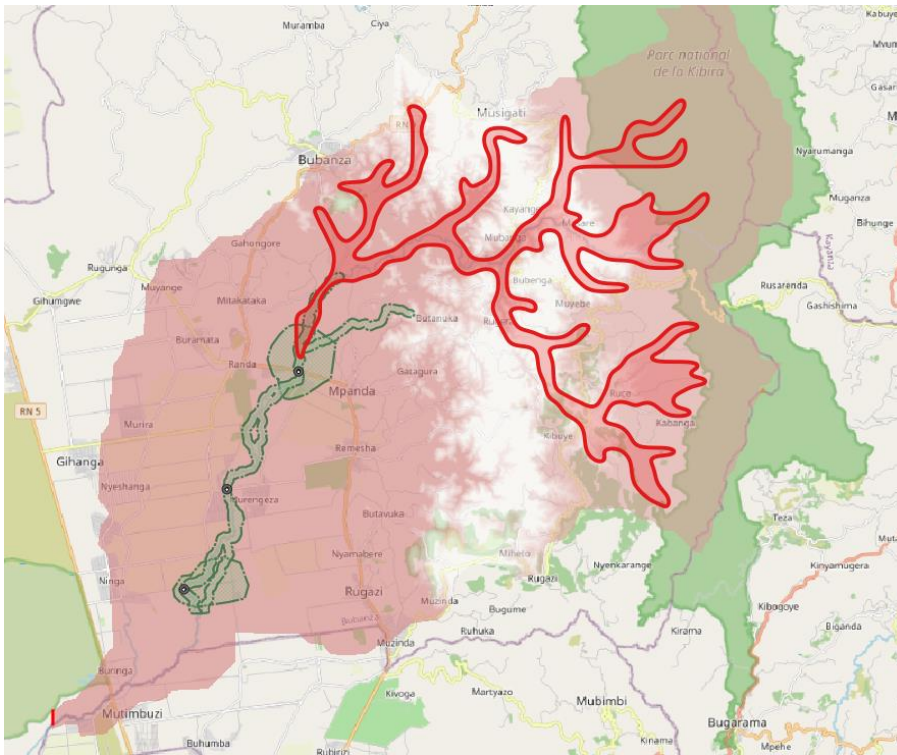


Figure 6 Sources d'eau causant des inondations à Gahwazi II

Si nous examinons de plus près Gahwazi II sur la figure 7, nous pouvons voir des sources d'inondation légère et d'inondation grave. Le ruissellement pluvial direct provoque de légères inondations avec des profondeurs d'eau allant jusqu'à 0,5 m, tandis que les inondations fluviales combinées au ruissellement pluvial provoquent de graves inondations jusqu'à 2 m. Le moment des profondeurs d'eau maximales résultant des précipitations et du ruissellement est différent des profondeurs d'eau maximales résultant des inondations fluviales. L'inondation résultant du ruissellement des pluies se produit directement après les précipitations, tandis que pour les inondations fluviales, cela prend une à trois heures après les précipitations lorsque la profondeur maximale de l'eau est atteinte.

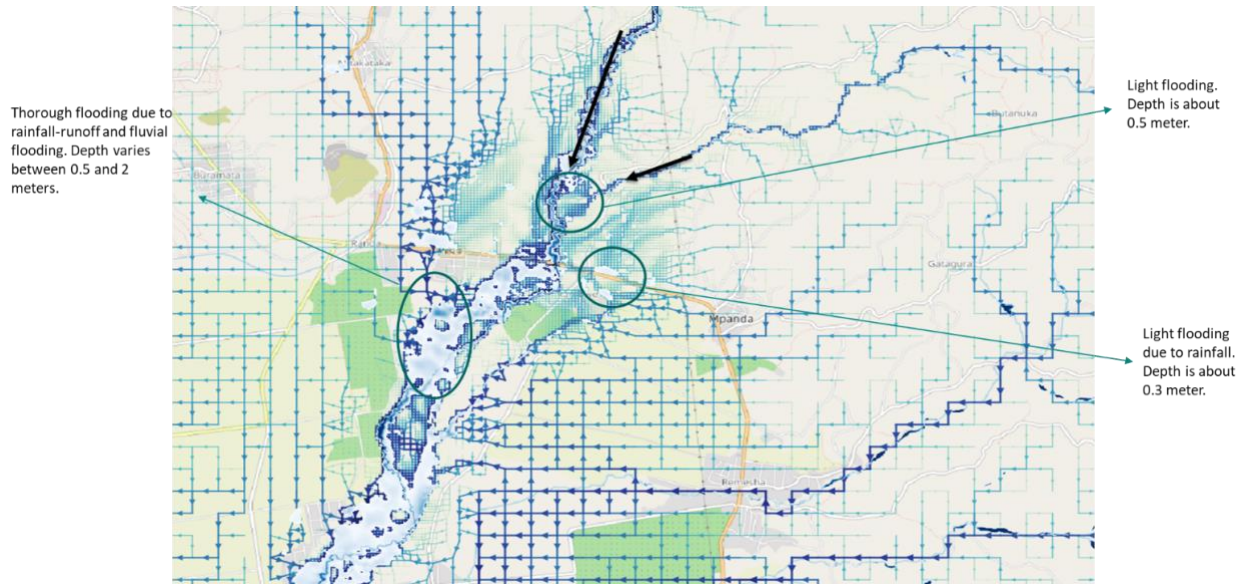


Figure 7 gravité des inondations à Gahwazi II

Les étendues d'inondation et les zones vulnérables de Gahwazi II coïncident avec des altitudes basses. La figure 8 montre la coupe transversale de trois emplacements le long de la rivière Mpanda dans Gahwazi II. Comme on peut le voir sur la figure, les emplacements dans les sections transversales proches de la rivière ont une altitude beaucoup plus basse que leur environnement. Cette élévation plus faible est le résultat de la migration de la rivière au fil du temps. Aux endroits où la rivière est ou a été présente, l'élévation est plus faible en raison de l'érosion du lit de la rivière. Comme la rivière est toujours active, on s'attend à ce qu'elle change de cours au fil des ans. De plus, la figure 8 montre des élévations plus élevées du côté est, par rapport aux élévations du côté ouest.

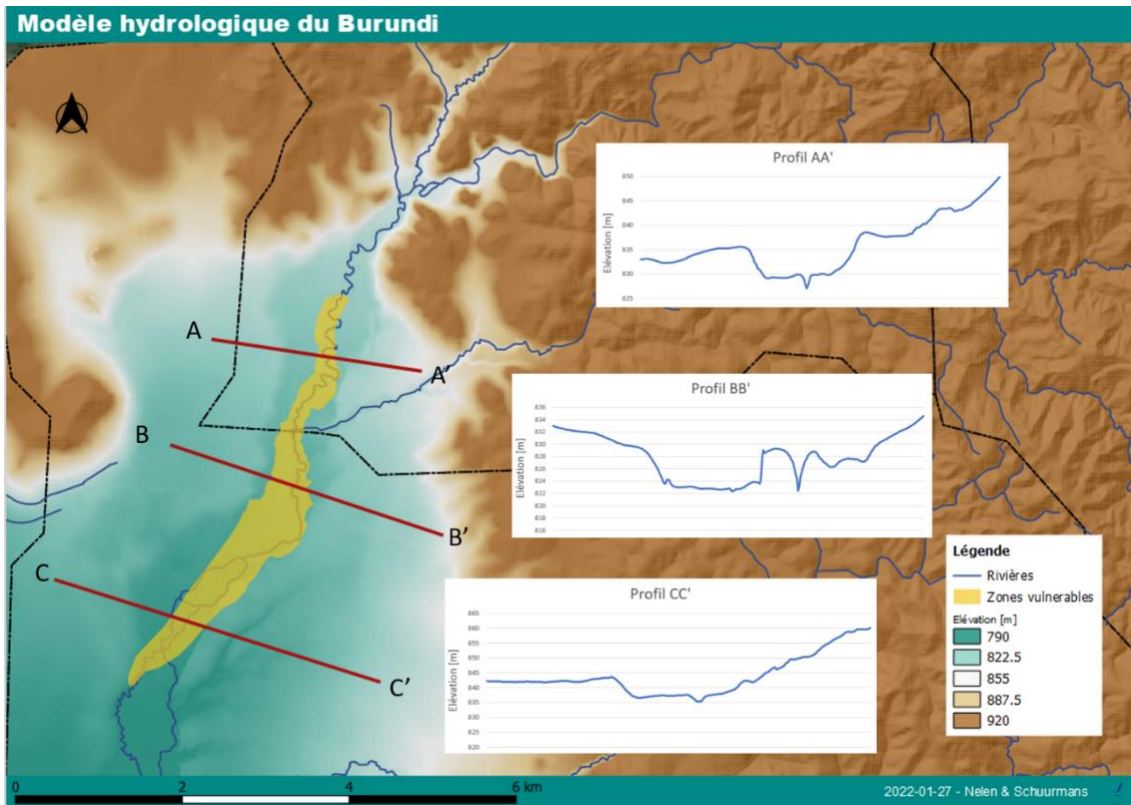


Figure 8 Coupe transversale à trois endroits à Gahwazi II. Les emplacements dans les (anciens) lits de rivière ont des altitudes plus basses par rapport à leurs environs.

Rubira

Les inondations à Rubira proviennent à la fois de la rivière Mpanda du côté ouest, d'un autre cours d'eau principal du côté est et des précipitations-ruissellement, voir Figure 9. Au plus haut débit de la rivière Mpanda, la rivière déborde et continue son chemin à travers Rubira, voir les lignes blanches claires sur la figure 9.

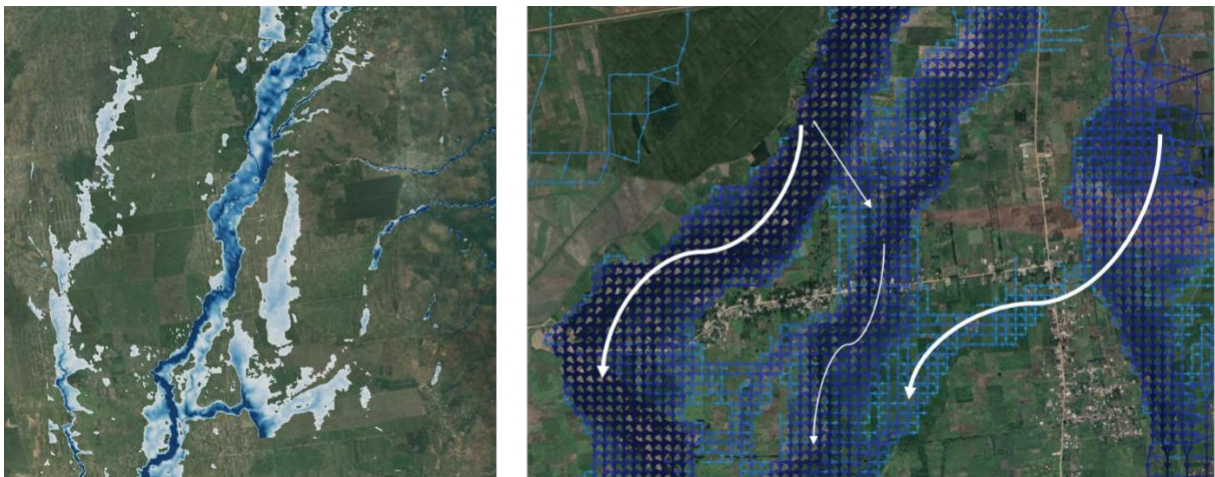


Figure 9 Profondeurs d'eau (à gauche) et fonctionnement (à droite) du système d'eau à Rubira. La ligne blanche pensée à l'ouest dans la figure de droite représente la rivière Mpanda. La petite ligne blanche à l'est dans la figure de droite représente un cours d'eau principal dans la région.

Les inondations à Rubira sont moins extrêmes que les inondations à Gahwazi II, ce qui entraîne une baisse des profondeurs d'eau maximales dans la région. Les principales sources d'inondation à Rubira sont les précipitations directes et les inondations fluviales de la rivière Mpanda. Les deux emplacements inondés de lumière à l'est de la figure 10 montrent des inondations avec des profondeurs d'eau allant jusqu'à 0,3 m. L'emplacement à l'ouest, près de la rivière Mpanda, montre de graves inondations fluviales avec des profondeurs d'eau allant jusqu'à 1,5 m.



Figure 10 Gravité des inondations à Rubira

L'étendue des inondations à Rubira coïncide avec les basses altitudes de la partie orientale de la zone. La figure 11 montre la coupe transversale de deux emplacements le long de la rivière Mpanda à Rubira. Comme on peut le voir sur la figure, les emplacements dans les sections transversales du côté est de la rivière ont une altitude inférieure à celle des emplacements du côté ouest de la rivière. En conséquence, les emplacements du côté ouest de la rivière Mpanda sont inondés plus sévèrement.

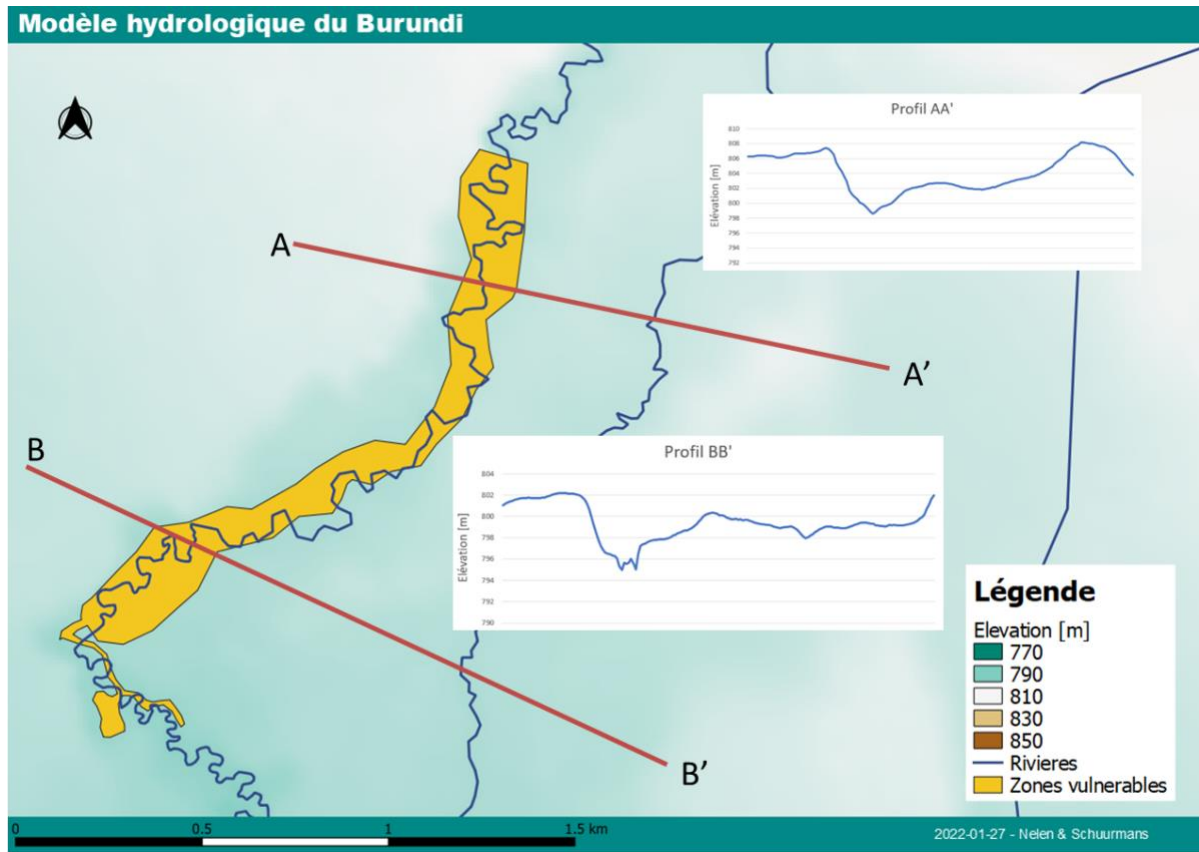


Figure 11 Coupe transversale à deux endroits à Rubira.

6. Sélection de la zone pilote SLAMDAM

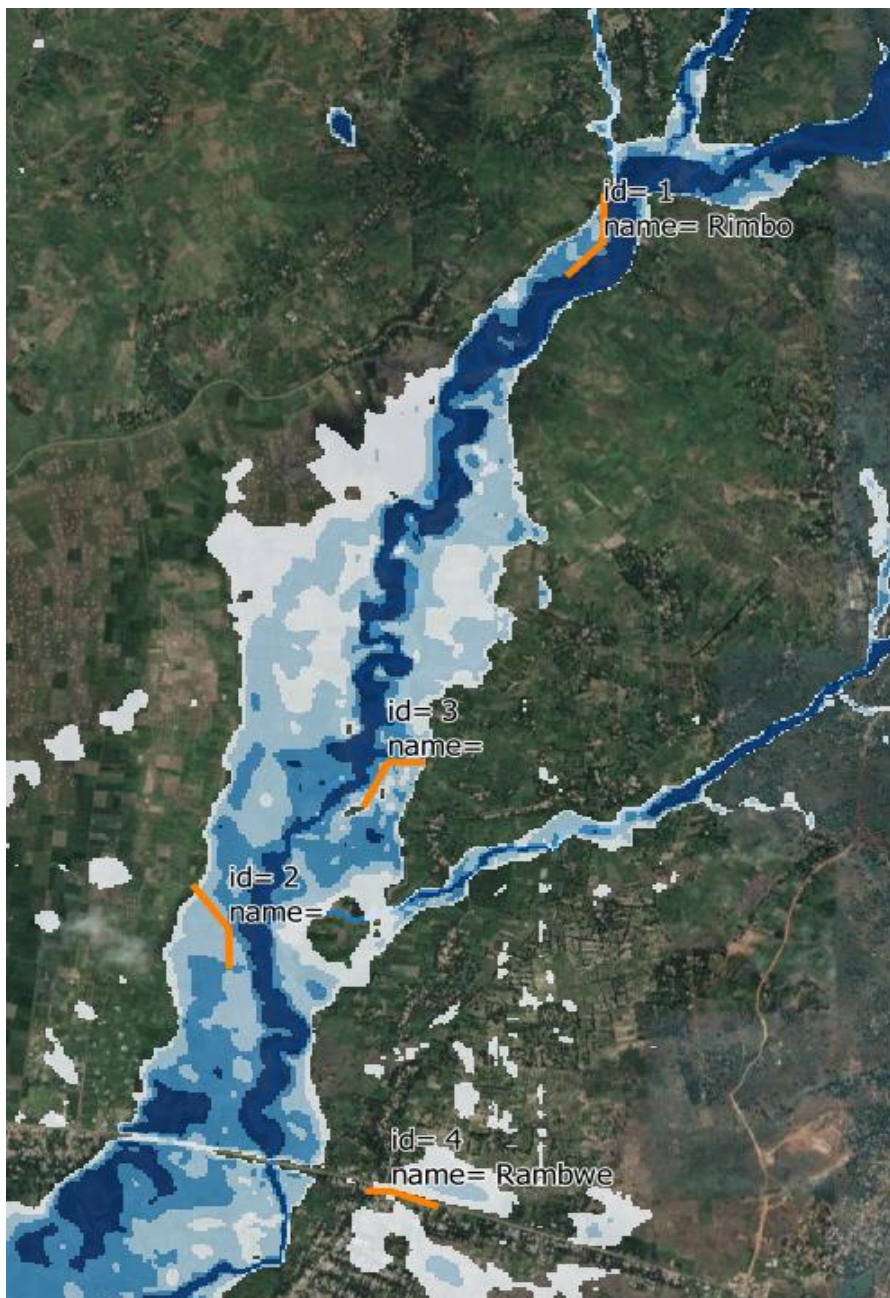


Figure 12 Emplacements possibles à Gahwazi

6.1 Matrice de décision risques et bénéfiques

Sur la base de la visite sur le terrain, de l'expertise locale et du modèle hydrodynamique, nous déterminons les emplacements appropriés pour SLAMDAM. Pour décider quel emplacement présente le plus d'avantages, nous utilisons la matrice de décision comme indiqué dans le tableau ci-dessous. La matrice de décision nous permet de noter les avantages de SLAMDAM. Il a été décidé de positionner la barrière anti-inondation sur le côté droit de la rivière comme le montre la figure 12, considérant que cela a été discuté en tant que tel avec la communauté locale, c'est-à-dire la commune de Mpanda. Nous avons complété la matrice de décision pour les emplacements 3 et 4 dans le tableau.

Tableau 2 : Matrice de décision de localisation

		GAHWAZI, MPANDA	
		3	4
	Numéro de localisation		
	Nom de la localisation	Gahwazi2- right	Rambwe
Caractéristiques SLAMDAM	Lieu	3271790.3,-351002.6	3271680.63,-352388.89
	Longueur (m)	300	250
	Hauteur (m)	1	1
Caractéristiques des crues	Profondeur d'inondation prévue (m)	medium	low
	Vitesse d'écoulement prévue (m/s)	medium	low
	Temps de retour crue (T)	yearly (avril)	
	Efficacité attendue (++/--)	+	
Adéquation de l'emplacement	Type de surface au sol	close to the river: plants, bamboo. contains pebbles deposited by the river. 3m right to the river: agricultural area --> suitable	
	Quantité de débris / objets tranchants (++/--)	flat, low slope	

	Amount of debris / sharp objects (++/--)	not sharp, much debris from upstream	
	Distance à la source d'eau (m)	around 200	400
Bénéfices attendus	Nombre de personnes protégées des inondations (hommes / femmes)	0	48With 28 Women
	Nombre de ménages protégés contre les inondations	0	8
	Réduction des surfaces agricoles avec des vitesses d'écoulement critiques (m2)	0	0
	Réduction des zones agricoles avec des profondeurs d'eau > 0,5 m (m2)	275.000	10.000
	Réduction des tassements avec des profondeurs d'eau > 0,5 m (m2)	375.000	20.000
	Dommages évités aux terres agricoles (USD / Km2)	340.909 Based on rice with 02 harvests per year	340.909 Base on rice with 02 harvests per year
	Dommages indirects éventuels pouvant être évités (tels que routes bloquées, réseau électrique, bâtiments importants (écoles, bâtiments communautaires, édifices religieux, ...) (USD)	The flood may destroy the RN 9 Bridge and the RN9 road, and a Water line Which supply Mpanda and Musenyi community along the RN 9	There are no possible indirect damages
	Superficie agricole pouvant être irriguée en saison sèche (m2)	375000	0
Équipe d'intervention en cas d'inondation	Heure d'arrivée des crues (h)	2 to 5	0,5 to 1 depending on the rainfall intensity
	Distance parcourue (km)	0,7	0,05
	Vitesse de déploiement (h)	1,5	0,6
Critères opérationnels	Durée du déploiement (saison/événement)	Events in rain season during the flood and While they are irrigating in rain season and the	Every day When it is raining during the flood and While they are irrigating in rain

		season during the dry season	season and the season during the dry season
	Accessibilité (++)/--)	--	++
	Déclencheur (++)/--)	From Mpanda river during flood	From run off during rainfall

7. Conclusion évaluation des risques

7.1 Risques de conclusion

Pour l'évaluation des risques, les connaissances d'experts, la visite sur le terrain et la modélisation hydrodynamique ont contribué à comprendre le risque d'inondation et de sécheresse à Bubanza. On peut conclure que les localités le long de la rivière Mpanda sont exposées au risque d'inondation, pendant la saison des pluies de fin mars à mai. En raison des débits élevés de la rivière Mpanda et de ses affluents, ces rivières sortent de leur lit. Les vitesses d'écoulement élevées entraînent directement l'érosion des sols fertiles des zones agricoles. Pendant la saison de récolte, la présence prolongée d'eau entraîne des pertes de rendement. Ces pertes sont pires pour les cultures saisonnières, comme le riz, la patate douce, les haricots, le soja, le maïs, les tomates par rapport aux cultures pérennes, comme les palmiers à huile et les bananes.

En ce qui concerne les défis de la sécheresse à Bubanza, on ne constate pas beaucoup d'écart entre les cultures et les emplacements souffrant de sécheresse. La majorité des agriculteurs n'ont pas la possibilité en termes d'équipements disponibles d'irriguer leurs terres. Par conséquent, pendant la saison sèche en août et septembre, il n'y a pas de récolte et le nombre de récoltes est limité à deux fois par an. En cas d'irrigation, ce nombre peut monter jusqu'à trois fois par an.

De plus, les avantages de l'irrigation deviennent plus importants en raison du changement climatique. D'une part, en raison du changement climatique, la sécheresse s'aggrave. D'autre part, cependant, les précipitations deviennent plus imprévisibles et plus extrêmes en raison du changement climatique. Pour faire face aux risques d'inondation, les agriculteurs essaient de récolter avant les inondations. Pour compléter l'ensemble du cycle de croissance, ils sont contraints de planter pendant la saison sèche, bien qu'aucune irrigation ne puisse être appliquée.

7.2 Conclusion décision de localisation

En conclusion de l'évaluation des risques d'inondation et de sécheresse, l'emplacement Gahwazi2-droite est choisi comme l'emplacement le plus approprié pour déployer le SLAMDAM. À cet endroit, les avantages attendus de la recherche documentaire et des visites sur le terrain sont les plus élevés, comme indiqué également dans la matrice de décision. Cependant, il est recommandé d'étendre cette analyse à l'observation en cas d'inondation. En outre, il est recommandé d'élaborer le plan de suivi et d'évaluation lors d'une inondation pour trouver itérativement le meilleur emplacement approprié à Gahwazi2-right.