

Analyse de gestion des eaux pluviales dans le District de Musanze, Rwanda

Présenté par

Aimée Grâce MUSABWAMANA

Pour l'obtention du Master en Développement de l'Université Senghor

Département Environnement

Spécialité Gestion de l'Environnement

Directeur de mémoire : Dr. Rim ABD EL-HAMID HUSSEIN

Le 23 septembre 2021

Devant le jury composé de :

Dr. Louis SAWADOGO Président

Directeur de Recherche au Centre National de la
Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),
Burkina Faso.

Dr. Martin YELKOUNI Examineur

Directeur du Département Environnement à
l'Université Senghor à Alexandrie, Egypte.

Dr. Rim ABD EL-HAMID HUSSEIN Examinatrice

Professeur, au Département de la santé
environnementale à l'Institut Supérieur de Santé
Publique, Université d'Alexandrie, Égypte.

Remerciements

La rédaction de ce mémoire n'aurait pu se réaliser sans plusieurs bonnes volontés. Nous tenons à remercier sincèrement :

- L'Université Senghor et son corps professoral, pour la qualité des enseignements dispensés et la documentation mise à notre disposition ;
- Dr. Martin YELKOUNI, directeur du département environnement à l'Université Senghor à Alexandrie pour ses conseils et ses encouragements durant toute la durée de ce master ;
- Dr. Rim ABD EL-HAMID HUSSEIN, professeur invité à l'Université d'Alexandrie en Égypte qui, malgré ses occupations multiples, a accepté de diriger ce travail. Nous lui exprimons notre reconnaissance et lui témoignons notre considération pour ses orientations, ses conseils et ses encouragements ;
- Dr. Aimable Nsanzurwimo, professeur à l'Institut INES Ruhengeri des sciences Appliquées au Rwanda, pour sa disponibilité durant le stage, ses conseils et ses diverses orientations en vue de la réussite de ce travail ;
- Toute l'équipe de la structure d'accueil de stage (Nature Rwanda) pour nous avoir suivi en qualité d'encadreur professionnel ;
- Mes parents et sœurs pour leurs encouragements, leur amour et leur soutien moral au cours de la formation ;
- Aux camarades de la 17ème promotion, avec qui nous avons toujours travaillé dans la bonne humeur, pour leurs idées et leur objectivité durant toute la formation.

Dédicace

À ma mère Apolinarie UWIMANA, que ce travail soit l'accomplissement de tes sacrifices et le fruit de ton soutien avéré.

Résumé

Le district de Musanze au Rwanda est l'une des six villes secondaires et l'un des 5 districts de la Province Nord du Rwanda. Musanze comprend au Nord vers la frontière avec l'Ouganda et la République Démocratique du Congo (RDC) des hautes montagnes de la chaîne des volcans avec les forêts situées dans la zone nuageuse à végétation stratifiée, le long des pentes des montagnes. Ses caractéristiques physiques favorisent le ruissellement des eaux pluviales pendant la saison des pluies, ce qui le fait la région bioclimatique la plus vulnérable aux précipitations. Au cours des dernières décennies, l'augmentation des précipitations est devenue l'un des problèmes centraux causant des pertes de vies humaines, des dommages aux bâtiments et à d'autres infrastructures dans ce district à la suite d'inondations et de glissements de terrain. Les facteurs qui augmentent la vulnérabilité de la population dans cette région incluent les constructions anarchiques, la déforestation et l'urbanisation non planifiée qui entraîne une imperméabilisation des sols et augmente des ruissellements. Par ailleurs, il y a un manque d'informations de base sur l'état du système de gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze afin de pourvoir une amélioration. Cette étude visait à analyser le système de gestion des eaux pluviales dans le District de Musanze afin de faciliter la prise de décision. Plus précisément il était question d'(1) Identifier la problématique des eaux pluviales dans le district de Musanze (2) Cerner les enjeux d'une gestion durable des eaux pluviales à l'échelle de la communauté locale du district (3) Proposer des éléments de réflexion pour une gestion durable de cette thématique au niveau de la communauté locale du district. Cette étude ciblait les 30 ménages de trois secteurs à savoir Busogo, Cyuve et Muko. Parmi les défis de gestion des eaux pluviales au niveau de la communauté locale, infrastructure couteuse a été répondu par 96.3% de toute la population enquêtée, manque de connaissances d'installation des infrastructures de gestion des eaux pluviales répondu par 18.52%, manque de conformité aux réglementations répondu par 7.41% et manque de la nécessité répondu par 3.7%. Les résultats de cette recherche ont montré aussi que l'intervention des différents acteurs est encore faible là où seulement les institutions publiques font l'intervention dans la résolution de cette problématique. Vu que la quantité des précipitations est très élevée dans cette région et que la population locale n'est pas bien équipée pour s'adapter, il est nécessaire que les investissements soient faits pour aider cette communauté à trouver les infrastructures de collecte et de stockage de l'eau de pluie. D'autre part, l'intervention des différents acteurs pour renforcer des capacités dans ce domaine est très impérieuse.

Mots-clefs : Aléa, Changement climatique, Eaux pluviales, Inondation, Musanze, Risque, Rwanda, Vulnérabilité.

Abstract

Musanze district is one of six secondary cities and one of five districts in Rwanda's Northern Province. Musanze includes high mountains of the volcanic chain to the north, near the border with Uganda and the DRC, with forests located in the cloudy zone with stratified vegetation, along the mountain slopes. These physical characteristics encourage storm water runoff during the rainy season, making it the most precipitation-vulnerable bioclimatic region. Increased rainfall has become one of the major issues causing loss of life, damage to buildings and other infrastructure in this district as a result of floods and landslides in recent decades. Uncontrolled construction, deforestation, and unplanned urbanization, which result in soil waterproofing and increased runoff, are factors that increase the vulnerability of the population in this region. Furthermore, there is a lack of basic information on the state of the Musanze district's storm water management system in order to provide for improvement. The purpose of this study was to analyze the rainwater management system in the Musanze District in order to aid decision-making. More specifically, it was a matter of (1) identifying the storm water problem in Musanze's district (2) Identifying the challenges of sustainable storm water management at the district's local community level (3) Proposing reflective elements for long-term management of this theme at the district's local community level. This study focused on 30 households from three sectors: Busogo, Cyuve, and Muko. Among the challenges of storm water management at the local community level, expensive infrastructure was answered by 96.3% of the entire surveyed population, lack of knowledge of installing stormwater management infrastructure answered by 18.52%, lack of compliance with regulations answered by 7.41% and lack of necessity answered by 3.7% . The findings of this study also revealed that the intervention of various actors is still limited, with only public institutions intervening in the resolution of this problem. Given the high amount of precipitation in this region and the local population's inability to adapt, it is critical that investments be made to assist this community in locating water collection and storage infrastructure. On the other hand, the intervention of various actors to build capacities in this area is critical.

Key words: Climate change, Flood, Hazard, Musanze, Rainwater, Risk, Rwanda, Vulnerability.

Liste des acronymes et abréviations utilisés

CCNUCC : Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

DDS: District Development Strategy

EM-DAT: Emergency Events Data base

ENSO: El Niño – Southern oscillation

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

GIEC : Groupes d'experts intergouvernementaux sur l'Evolution du Climat

GEP : Gestion des Eaux Pluviales

GoR : Government of Rwanda

IFDD : Institut de la Francophonie pour le Développement Durable

MINITERE : Ministère des terres, de l'environnement, des forêts, de l'eau et des mines

MININFRA : Ministère des infrastructures

NISR : National Institute of Statistics of Rwanda ou Institut National des Statistiques du Rwanda

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

RDDP: Rwanda Dairy Development Project

REMA : Rwanda Environmental Management Authority

RNRA: Rwanda Natural Ressources Authority

WHO: World Health Organization

Tables des matières

Tables des matières	vi
Introduction	1
1. Contexte Général	1
3. Objectif de cette étude	5
3.1. Objectif général	5
3.2. Objectif spécifiques	5
4. Questions de recherche	5
5. Hypothèse de recherche	5
1 Cadre de l'étude	6
1.1. Impact du changement climatique sur le cycle de l'eau et modification du régime pluviométrique	6
1.2. Impact de la modification du régime pluviométrique au Rwanda	7
1.2.1. Impacts environnementaux des eaux pluviales	8
1.2.1.1. Pollution et qualité de l'eau	9
1.3. Urbanisation et gestion des eaux pluviales	9
1.4. Aléas, danger et vulnérabilité causés par les fortes pluies dans la zone d'étude	10
1.5. Les évènements récents	11
1.6. Gestion durable des eaux pluviales et parties prenantes	11
1.6.1. Eaux pluviales et son parcours	11
1.6.2. Historique de la gestion des eaux pluviales	12
2 Méthodologie de recherche	14
2.1. Présentation de la zone d'étude	14
2.1.2. Climatologie, pluviométrie et température	16
2.2.1. Données primaires	17
2.2.2. Taille de la population de l'échantillon	17
2.2.3. Données secondaires	18
2.3. L'analyse des données	18

3	Résultats et discussion	19
3.1.	Caractéristiques socio démographique de la population enquêtée.	19
3.2.	Les moyens de subsistance de la communauté locale dans le milieu d'étude	20
3.2.1.	Source des revenus et de nourriture de la communauté locale dans le milieu d'étude	21
3.2.2.	La comparaison des précipitations récentes et celles des années précédentes ainsi que la dimension de leurs impacts	21
3.2.4.	Perception sur les facteurs à l'origine des impacts accrus des fortes pluies	22
3.2.5.	Les perception des enquêtes sur les impacts des fortes pluies sur la santé des populations du district de Musanze	23
3.3.	Présence d'infrastructures de récupération des eaux de pluie pour une efficace utilisation	24
3.3.1.	Les sources d'eau courantes utilisées par la communauté locale dans la zone d'étude	24
3.3.2.	Le nombre des personnes ayant installé le système de récupération d'eau de pluie	25
3.3.3.	Méthodes utilisées pour collecter et stocker l'eau de pluie sur les toits ainsi que l'utilisation de l'eau de pluie par la communauté du district de Musanze	26
3.3.4.	Les défis liés à la gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze	27
3.4.	Activités pour augmenter l'infiltration et la recharge des eaux souterraines dans le district de Musanze.	28
3.4.1.	Méthodes utilisées pour contrôler l'érosion des sols dans la zone d'étude	28
3.4.2.	L'existence des projets communautaires de gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze	29
3.4.3.	Collaboration entre les institutions publiques avec les communautés locales pour faire face aux problèmes causés par les eaux pluviales	30
3.4.4.	L'existence des réglementations pour la mise en œuvre de la gestion des eaux pluviale au niveau de la communauté locale	30
3.4.5.	La perception des répondants de qui devrait être en charge de gestion des eaux pluviales	31
3.4.6.	Présence d'un système en place pour avertir les gens de l'émergence de fortes pluies dans la région	31

3.4.7. Les solutions proposées par la communauté locale pour faire face aux impacts liés aux fortes pluies dans le district de Musanze	32
3.5. Les défis et les opportunités existant dans la gestion des eaux pluviales aux niveaux institutionnels	33
3.5.1. Les défis existant au niveau de la municipalité dans le domaine de gestion des eaux pluviales	33
3.5.2. Les opportunités existant au niveau de la municipalité dans le domaine de gestion des eaux pluviales	33
Conclusion	35
Références bibliographiques	37
Liste des illustrations	a
Liste des tableaux	a
Glossaire	a
Annexes	c
Annexe 1 : Questionnaire administré pour collecter les informations au sein de la communauté locale	c
Annexe 2 : Questionnaire administré pour collecter les informations au sein de la municipalité	h
Annexe 3 : Quelques images des zones inondées du district Cyuve	j

Introduction

1. Contexte Général

En Afrique Centrale, il existe un climat tropical humide qui se caractérise par une température régulière et élevée toute l'année combinée à des précipitations élevées. L'alternance de saisons humides et de saison sèche peut être unimodal (régions sous influence de la mousson atlantique autour du golfe de Guinée) ou bimodal (majeure partie de l'Afrique centrale) ; là où les saisons sèches s'étalent généralement sur un à trois mois. La zone de convergence intertropicale, où se rencontrent les masses d'air des hémisphères nord et sud, engendre de hautes valeurs de précipitation. Celles-ci sont largement sous le contrôle des températures de surface océanique. Ces précipitations et leur étalement sur l'année constituent des facteurs déterminants de la persistance du couvert forestier de la région (Gond & Doumenge, 2012).

Plusieurs auteurs ont unanimement suggéré que l'Afrique a connu un réchauffement climatique continu dans les 50-100 ans passés et une réduction des précipitations annuelles. De même, une augmentation des événements météorologiques extrêmes a été observée au cours des 30 à 40 dernières années en Afrique Centrale et Ouest tel que rapporte *Ouermi et al.* (2019). Selon Dara dans *Gemenne et al.* (2017), les inondations, sécheresses, perturbation des saisons pluvieuses et vagues de chaleur sont les événements météorologiques extrêmes les plus tangibles qui affectent les populations en Afrique de l'Ouest.

Par ailleurs, la pression anthropique s'exprimant par la déforestation intense (Afrique, Amérique du Sud...), mais aussi le surpâturage et/ou la surexploitation agricole, qui en sont le plus souvent les conséquences directes, ont des effets sur le cycle hydrologique, en exposant les sols à l'érosion, en diminuant leurs capacités de stocker de l'eau, en augmentant le stress hydrique, en induisant une plus forte désertification (réduction de la végétation, donc diminution de l'évapotranspiration), une augmentation de l'albédo et donc le risque de diminution du régime des pluies en bout de chaîne (Givone, 2005).

L'humanité se préoccupe des crues et des inondations, en raison des atteintes aux personnes et aux biens qu'elles sont susceptibles de provoquer (Hubert, 2005). Ces dernières, la plupart des pays de l'Afrique subsaharienne ont été sujets à une variabilité pluviométrique de plus en plus marquée résultant des changements climatiques. Le Bénin par exemple, a connu l'une des inondations les plus désastreuses de son histoire avec pour conséquences d'incalculables dégâts matériels et des milliers de sinistrés en 2010 (*Ahouangan et al.*, 2010).

Malgré l'importance des précipitations, les eaux résultant des pluies fortes et intenses peuvent être difficiles à contrôler; elles s'accumulent dans les points de basse altitude, inondent les

entourages et créent les eaux stagnantes. Quand il y a une défaillance du système de drainage ou drainage inefficace, associée à l'endroit qui n'est pas couverte de végétation pour absorber de grandes quantités d'eau, les eaux provoquent des risques pour la santé, des dommages aux infrastructures de base et aux biens qui peuvent demander la capacité and le temps suffisant pour les réparer. Ces problèmes sont particulièrement aggravés par l'augmentation de la pente du sol et par la population qui n'a aucune notion de récupération et gestion des eaux de pluie (WHO, 1991). D'autre part, Mpounza & Samba-Kimbata (1990), PNUD (2019) ajoutent aux facteurs des précipitations les types de vents, la température de l'air, le type de végétation, de même que la quantité de rayonnements solaires reçus.

Il y a une trentaine d'années que les précipitations fortes et intenses ont été considérablement enregistrées dans les régions tropicales ou équatoriales que dans les zones tempérées telles que mentionnées par WHO (1991). Ces précipitations fortes causent des problèmes très difficiles à contrôler surtout dans les pays en voie de développement, qu'on peut expliquer en matière de gestion des eaux et des terres, types d'agriculture, la pauvreté, les fréquences des précipitations, les couts les plus élevés pour les évacuer (Nouaceur *et al.*, 2013).

Dans d'autres manières, l'urbanisation non planifiée, constitue un des facteurs liés à la gestion des terres est commun dans les pays en voie de développement. Elle peut être expliquée par l'installation spontanée de nouveaux habitants dans des zones fragiles qu'on peut définir comme les zones à haut risque (bassins, zones inondables, marécages, rivages, zones humides etc.) où un manque de gestion des eaux pluviales (GEP) qui peut entraîner de graves conséquences sanitaires, environnementales, économiques ou sécuritaires (Le Jallé, 2013). Selon Chocat *et al.* (2007), l'imperméabilisation du sol résultant de l'urbanisation, augmente le ruissellement en matière de volume et de débit d'écoulement. Le même auteur assure que les facteurs aggravants incluent l'insuffisance de la gestion des déchets ménagère où les eaux de ruissellement pendant que des fortes pluies deviennent polluées par les eaux usées, déchets, sédiments et représentent un vecteur de risque majeur des maladies.

Ce genre de catastrophe est exacerbé par le changement climatique et le manque d'accès aux services essentiels d'atténuation ou d'adaptation, ainsi, la GEP devient un enjeu de développement critique dans les pays en développement (Le Jallé, 2013).

L'eau issue des précipitations va pour partie s'infiltrer, et pour partie ruisseler sur les versants, en se concentrant progressivement pour rejoindre des thalwegs secs, fossés, réseaux d'assainissement, jusqu'à atteindre un cours d'eau. Le ruissellement est un processus naturel, modifié par certaines pratiques agricoles, l'occupation des sols, les infrastructures linéaires et bien sûr l'urbanisation. Le milieu urbain est une zone d'enjeux, affectée par le ruissellement venant de l'amont, mais aussi une cause de perturbation du ruissellement renvoyé à l'aval :

l'imperméabilisation accentue les pics de ruissellement, les réseaux artificiels le détournent des axes naturels de transfert (Poulard *et al.*, 2013).

La gestion des eaux pluviales vise à contrôler les inondations, à gérer les débits, à améliorer la qualité de l'eau et à exploiter les eaux pluviales pour compléter l'eau de distribution à des fins non potables (Britto & Barraqué, 2020). Chouli (2006) atteste que malgré ses importances, la gestion des eaux pluviales reste un thème qui n'attire pas l'attention des nombreux acteurs par rapport à l'assainissement des eaux usées, il est un sujet de second ordre considéré uniquement lors d'événements catastrophiques tels que les inondations, glissement de terrain entre autres.

Le Rwanda, comme d'autres pays d'Afrique centrale et orientale, est vulnérable à des sécheresses prolongées et à de graves inondations depuis le début des années 1980. Les précipitations varient de 725 à 1240 mm bien au-dessus des précipitations de référence normales d'octobre à décembre. La sécheresse, les inondations et les glissements de terrain sont les catastrophes naturelles liées au climat les plus courantes au Rwanda, qui perturbent l'économie du pays, créent des risques sanitaires et affectent l'environnement (MINITERE, 2006).

Le Rwanda fait également partie des pays ayant la plus faible disponibilité en eau par habitant (670 m³/habitant/an) et à plus faible capacité de stockage en Afrique. Outre la disponibilité insuffisante par habitant, les inondations accompagnées d'érosion de sols sont un problème courant au Rwanda. Compte tenu de cette situation, il est nécessaire d'examiner le scénario existant d'approvisionnement en eau et de gestion des eaux pluviales comme une source alternative de satisfaire la demande et de s'adapter aux risques environnementaux mentionnés ci-haut (Matto & Jainer, 2019).

Bien que le Rwanda soit connu comme un pays équatorial avec de fortes précipitations, une mauvaise gestion de l'eau, une faible fertilité des sols, des précipitations peu fiables et irrégulières ont continué à menacer la production alimentaire dans les principales régions arides et semi-arides (Munyaneza *et al.*, 2016).

La Province du Nord est l'une des régions les plus sensibles au climat du Rwanda, elle est confrontée à de fortes précipitations chaque année et elle possède des montagnes à forte pente qui sont une source d'inondations intenses pendant la saison des pluies. Ces crues submergent rapidement les systèmes de drainage, qui sont insuffisants et le débordement des rivières cause la destruction des cultures plantées aux alentours, des pertes en vies humaines et économiques, d'infrastructures, ...(MINITERE, 2006).

Musanze comprend au Nord vers la frontière avec l'Ouganda et la RDC des hautes montagnes de la chaîne des volcans avec les forêts situées dans la zone nuageuse à végétation stratifiée, le long des pentes des montagnes sont particulièrement importantes en tant que refuges pour les plantes et les animaux indigènes et en tant que d'abondantes sources d'eau comme le prétendent Takahashi *et al.*(2011).

En plus de l'augmentation de l'évapotranspiration et de surcroît des précipitations élevées par rapport à l'ensemble du pays avec des excédents pluviométriques, caractérisé par la fréquence des précipitations dépassant 50 mm par jour, ce district est très vulnérable aux effets néfastes causés par les pluies torrentielles notamment à une érosion ravageuse, une dégradation considérable des terres, des glissements des terrains et des inondations (MINITERE, 2006). Le sol étant perméable et volcanique pour la majeure partie du district, lors des saisons de pluies, les eaux se canalisent dans d'importants torrents tels Mpenge, Kigombe, Rwebeya, Muhe, Susa et Mutobo.

Au cours des dernières décennies, Musanze district a été confronté à des précipitations de plus en plus abondantes qui sont devenues l'un des problèmes centraux causant des pertes de vies humaines, des dommages aux bâtiments et à d'autres infrastructures à la suite d'inondations et de glissements de terrain. Les facteurs aggravants incluent les constructions anarchiques au sommet et aux flancs des collines qui augmentent le coefficient de ruissellement, l'absence ou faible canalisation entraînent une multitude de problèmes notamment la destruction des propriétés et des routes publiques et la propagation de bactéries pathogènes (MININFRA, 2004). En plus de cela, la pauvreté ainsi que de la topographie de cette région fait que la plupart des habitants de la zone d'étude vivent dans des zones fragiles, notamment des plaines inondables et des collines escarpées qui augmentent la vulnérabilité.

À mesure que les précipitations deviennent plus irrégulières, avec une intensité et une incertitude croissantes quant au début et à l'arrêt des pluies, il y aura de graves implications pour les communautés rurales vivant dans cette zone, qui sont mal équipés pour répondre et s'adapter à ces risques. Par ailleurs, il y a un manque d'informations de base sur l'état du système de gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze afin de pourvoir une amélioration. La plupart des études réalisées ont porté sur la situation des fortes pluies dans le pays en général ce qui rend difficile la planification d'une gestion durable des eaux pluviales dans ce district.

La récupération des eaux de pluie est une option qui a été adoptée dans de nombreuses régions du monde où les systèmes conventionnels d'approvisionnement en eau n'ont pas réussi à répondre aux besoins des personnes (Handia *et al*, 2003; Owusu & Kofi Teye, 2015).

Selon RNRA, la collecte des eaux de pluie (RWH) est une source d'eau alternative qui peut aider à répondre aux demandes croissantes de besoins humains, de développement socio-économique et de protection de l'environnement (RNRA, 2016).

Les systèmes de gestion des eaux de pluie offrent des opportunités qui peuvent aider à accroître la résilience aux menaces telles que les pénuries d'eau, les inondations des eaux pluviales, les débordements d'égouts et le changement climatique (Butler, 2018). Cette étude intitulée «Analyse du système de gestion des eaux pluviales dans le District de Musanze, Rwanda » aidera à rassembler des informations de base sur la situation actuelle de la gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze afin de faciliter la planification, et la mise en place des programmes et des projets de gestion des eaux pluviales au niveau du district.

3. Objectif de cette étude

3.1. Objectif général

Cette étude vise à analyser la gestion des eaux pluviales dans le District de Musanze au Rwanda afin de faciliter la prise de décision.

3.2. Objectif spécifiques

- Evaluer l'état des eaux pluviales dans le district de Musanze ;
- Identifier les enjeux d'une gestion des eaux pluviales à l'échelle de la communauté locale du district;
- proposer des solutions pour une gestion durable des eaux pluviales au niveau de la communauté locale du district de Musanze.

4. Questions de recherche

Quelle est la situation actuelle des eaux pluviales dans le district de Musanze et leurs conséquences ? Quels sont les défis et les opportunités dans la promotion de la collecte et gestion des eaux de pluie dans le district de Musanze ? Quelles sont les méthodes de gestion des eaux pluviales facilement abordables qui peuvent être adoptées pour faire face à ce problème ?

5. Hypothèse de recherche

La promotion de la gestion des eaux pluviales pourrait être un moyen durable de résoudre ou d'atténuer les défis liés à l'eau dans le district de Musanze.

1 Cadre de l'étude

1.1. Impact du changement climatique sur le cycle de l'eau et modification du régime pluviométrique

Le changement climatique est défini par la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) comme tout changement dans la composition de l'atmosphère mondiale causé par l'activité humaine et s'ajoutant à la variabilité naturelle du climat observée sur des périodes comparables (Rahman, 2013). Les activités humaines provoquent artificiellement l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et, par conséquent, accentuent le réchauffement de notre planète et entraînent une modification des régimes climatique. Ce changement se manifeste généralement par l'intensité et l'abondance des phénomènes météorologiques extrêmes comme des précipitations plus intenses qui entraînent l'augmentation du ruissellement et des inondations. Les prédictions sur le changement climatique montrent que la température de surface moyenne mondiale devrait augmenter entre 1,5 et 6 degrés Celsius, tandis que le niveau de la mer devrait augmenter de 15 à 95 centimètres (6 à 37 pouces) d'ici 2100, ce qui entraîne de graves inondations (Nkomo et al, 2006).

Le cinquième rapport du GIEC, publié en 2014, concernant le secteur de l'eau met l'accent sur l'impact du réchauffement climatique sur le cycle de l'eau et les phénomènes naturels qui l'accompagnent. De nombreuses incertitudes demeurent, mais il semble que la hausse des températures dans l'atmosphère et les océans amplifie les phénomènes météorologiques extrêmes. Dans les pays intertropicaux, on observe des vagues de chaleur plus intenses, des saisons sèches plus longues et des saisons des pluies courtes avec des épisodes pluvieux brutaux et intenses. De ce fait, les populations les plus pauvres sont les plus vulnérables du fait de leur exposition géographique, de la fragilité de leurs conditions actuelles d'accès aux services, et du manque de moyens pour anticiper et s'adapter aux effets du changement climatique (Milin et al, 2016). On peut aussi souligner qu'il y a une forte cohérence entre l'impact du changement climatique sur les services d'eau et d'assainissement et d'autres changements globaux tels que la croissance démographique et urbanisation planifiés ou non.

L'Afrique est considérée comme l'une des régions les plus vulnérables au changement climatique (African Union, 2020; Mburia, 2015). Cette vulnérabilité est liée à non seulement l'agriculture qui dépend sur la pluie dans de nombreux pays africains mais aussi à la manque des infrastructures pour l'adaptation aux dangers liée au climat tel que la sécheresse, les inondations, les épidémies de ravageurs et de maladies, les tempêtes côtières et les vagues de

chaleur qui historiquement ont eues des effets dévastateurs sur les personnes et l'environnement dans lequel elles vivent (Shanahan et al, 2014).

Ces dommages qui sont déjà en train d'être subis par des différents pays africains comme le Rwanda, freinent constamment les progrès du développement social et économique, affectant les écosystèmes terrestre et aquatique, ce qui ralentissent la réalisation des objectifs de développement. Selon les modèles climatiques, bon nombre de ces aléas climatiques s'aggraveront à mesure que le climat mondial se réchauffera. Selon diverses études, les impacts du changement climatique dans la région de l'Afrique de l'Est comprendront une accélération du cycle hydrologique, entraînant une variabilité accrue des précipitations(Oguge, 2019).

Les effets actuels et attendus du changement climatique diffèrent selon le pays et la région ainsi que la communauté et l'individu localement. Pour le cas du Rwanda, les rapports météorologiques montrent qu'actuellement des précipitations moyennes annuelles sont élevées par rapport au passé, les modèles divergent sur l'évolution des précipitations, certains anticipant un climat plus sec, d'autres prédisant une augmentation (jusqu'à 200 mm) des précipitations. Ils convergent en revanche sur un accroissement de la température, de 1 à 2,5°C (1,5°C maximum pour l'un des modèles) (Taithe, 2014). Ce changement dans le régime pluviométrique combiné avec la topographie, la fragilité du sol dans quelques régions du pays, la dégradation de l'environnement et des écosystèmes par les activités anthropiques, l'urbanisation non planifiée avec des pratiques agricoles non durables sont les facteurs qui contribuent à l'amplification des impacts liés à la grande quantité des eaux pluviales lors de la saison des pluies (MINITERE, 2006)

1.2. Impact de la modification du régime pluviométrique au Rwanda

Le Rwanda est un pays enclavé situé au cœur de la Région des Grands Lacs, à l'Est de l'Afrique Centrale entre 1°04' et 2°51' de latitude Sud et entre 28°45' et 31°15' de longitude Est et couvre environ 26 386 kilomètres carrés. Le pays partage ses frontières avec l'Ouganda au nord, le Burundi au sud, la Tanzanie à l'est et la République démocratique du Congo (RDC) à l'ouest. La population du Rwanda est estimée à environ 11 809 300 personnes selon le recensement de 2017 avec le taux de croissance démographique estimée à 2,4 pour cent par an. La densité de population du Rwanda est la plus élevée d'Afrique et elle est estimée à 467 personnes par kilomètre carré (NISR, 2018; World relief, 2018). Cette croissance démographique exponentielle explique la question d'occupation des terres non planifiée, la dégradation des sols par conversion du milieu naturel en milieux d'habitation ce qui rend encore difficile la résilience des écosystèmes face aux risques et dangers naturel et technologique.

Le Rwanda a un climat tropical tempéré qui est profondément modifié par le relief à altitude variée fait d'une multitude de collines et de hautes montagnes (900 m dans le Sud-Ouest, 1500 à 2000 m dans le Sud et le centre du pays, 1800 à 3000 m dans les hautes terres du Nord et de l'Ouest et 3000 à 4507 m dans les régions de la crête Congo-Nil et la chaîne des volcans), il est communément appelé « pays de mille collines » (FAO, 2005).

À une altitude élevée, la distance parcourue par les rayons du soleil dans l'atmosphère est réduite et les radiations solaires augmentent. Les obstructions naturelles telles que les montagnes ou les collines, mais également la végétation ou les infrastructures urbaines, peuvent également avoir une influence, y compris via la formation de nuages au sommet des montagnes ou sur le versant des collines (IFDD, 2015). Ses caractéristiques topographiques des zones tropicales (où se trouve le Rwanda) aggravent tous les événements de déséquilibre là où la moitié de la population du pays souffre d'érosion sévère et des inondations surtout dans la région du Nord-ouest du pays.

Par ailleurs, l'économie rwandaise repose sur l'agriculture, qui emploie plus de 90 % de la population active et cette agriculture est la source de la plus grande partie des devises tirées des exportations des marchandises, soit 80 % et aussi indispensable pour satisfaire les besoins d'une population qui connaît une croissance démographique extrêmement rapide (Ntezilyayo, 2014; Rossi, 1991). L'agriculture rwandaise s'avère sensible aux variations de température et des régimes de précipitation, par contre cette agriculture est pratiquée sur les fortes pentes de collines non suffisamment protégées. L'érosion des bassins versants aggrave le problème de fertilité déjà fort incertaine suite à la disparition des jachères et au manque de matière organique ce qui impacte négativement la productivité. L'autre défi de ce secteur agricole c'est le manque ou l'insuffisance de la participation des communautés agricoles de base dans les programmes de lutte antiérosive à cause des différentes sollicitations de la population et des faibles moyens à sa disposition (Ntezilyayo, 2014; Taithe, 2014).

1.2.1. Impacts environnementaux des eaux pluviales

L'exploitation des ressources naturelles notamment terre, l'eau, la biodiversité et des minéraux entraîne des avantages dans la croissance économique du Rwanda. D'autre part, l'utilisation non durable de ces ressources implique non seulement de la dégradation de l'environnement et la pauvreté mais également de l'affaiblissement du service de régulation climatique tout comme processus de régulation de l'eau.

1.2.1.1. Pollution et qualité de l'eau

Les rivières rwandaises sont confrontées à des problèmes de qualité et de quantité d'eau en raison du relief du pays, des fortes pluies et d'autres facteurs aggravants tels que l'urbanisation, qui augmente l'imperméabilisation et la dégradation des espaces naturelles. L'érosion emporte d'importantes quantités de terres, ce qui signifie que les rivières transportent régulièrement de grandes quantités de terres, des eaux usées non traitées contenant des matières organiques, des nutriments et diverses substances toxiques (MININFRA, Giovannetti, et al., 2004). Ces types de pollution, associés à la diminution des quantités peuvent constituer un obstacle à la durabilité de l'utilisation des ressources en eau des rivières pour l'approvisionnement en eau potable. D'autre part, l'utilisation de ces eaux contaminée peut transmettre des maladies comme la diarrhée, la dysenterie, le choléra, la typhoïde et la poliomyélite.

Dans la zone d'étude, la croissance rapide de la population et le développement de l'activité ont entraîné des rejets d'origine domestique, industrielle et même agricole. Ces rejets sont collectés et évacués à l'aide de systèmes anarchiques et, dans la plupart des cas, rejetés directement dans le milieu naturel ce qui devient un défi pour le système de drainage où les déchets solides tels que les sacs en plastique, les chiffons, le papier, les plastiques et les métaux augmentent le colmatage du système de drainage ce qui ralentit l'écoulement des eaux de pluie. L'accumulation de ces déchets dans le milieu naturel augmente l'infiltration du sol. D'autre part, les déchets liquides déversés dans la nature directement sans traitement polluent aussi les eaux de rivière en augmentant les matières organiques dans l'eau et d'autres substance toxique nuisible pour la santé (MININFRA, Gashagaza, et al, 2004).

1.3. Urbanisation et gestion des eaux pluviales

La gestion intégrée des eaux pluviales en ville prend son essor depuis plusieurs années, dans un contexte de pressions accrues (changement climatique et croissance urbaine) et d'aspiration sociale à réintégrer l'eau et la nature dans l'espace urbain. Le remplacement des sols perméables qu'on retrouve à l'état naturel par des surfaces imperméabilisées, comme les toits ou les routes, entraîne une augmentation de la quantité de ruissellement et de polluants rejetés vers les milieux récepteurs, l'application de différentes techniques pour la gestion des eaux pluviales se révèle nécessaire pour concevoir des systèmes de drainage efficaces qui permettront également de minimiser les impacts potentiels associés à une modification du régime hydrologique qui accompagne l'urbanisation (Osseyrane et al, 2012).

On peut souligner donc que plus on urbanise plus on a un grand volume d'eau à gérer à cause de l'imperméabilisation extrêmement forte; de ce fait, il est impératif de mettre en place le moyen d'infiltration dans le sol. Il est aussi nécessaire d'utiliser les outils réglementaires qui

facilitent de limiter l'imperméabilisation mais aussi de favoriser la mise en place de perméabilisation végétalisée de manière à essayer d'adapter nos pratiques de gestion des eaux pluviales urbaines face aux changements climatiques (Le Jallé, 2013).

1.4. Aléas, danger et vulnérabilité causés par les fortes pluies dans la zone d'étude

Le danger fait souvent référence à des menaces composées de perturbations et le stress à un système et les conséquences qu'ils produisent (Eakin & Lynd Luers, 2008). Le risque est donc la confrontation d'un aléa (phénomène naturel dangereux) et d'une zone géographique où existent des enjeux qui peuvent être humains, économiques ou environnementaux. Tandis qu'une catastrophe se définit comme un bouleversement total de la société causant des pertes en vies humaines, matérielles, économiques et environnementales et qui dépasse les capacités de la société touchée à y faire face avec ses propres ressources (MINITERE, 2003).

Les approches risque-danger sont utilisées pour prédire les résultats négatifs en fonction à la fois des facteurs de risque biophysiques (tels que les précipitations ou la fréquence des événements extrêmes) et le potentiel de perte d'une population exposée spécifique. Ces approches cherchent à décrire à grande échelle (a) la source de la vulnérabilité, (b) les conséquences potentielles, et (c) l'emplacement et le moment de ces impacts. Par ailleurs, la recherche sur la vulnérabilité associée aux interactions homme-environnement permet d'aborder le concept de susceptibilité aux dommages causés par les fortes précipitations sur un territoire (Eakin & Lynd Luers, 2008).

La vulnérabilité est souvent caractérisée en fonction à la fois de l'exposition et de la sensibilité d'un système au stress et de sa capacité à absorber ou à faire face aux effets de ces facteurs de stress. Dans un cadre d'économie politique ou d'écologie politique, la recherche sur la vulnérabilité se caractérise par des analyses de processus sociaux et économiques, avec des échelles de causalité et de différence sociale en interaction (pourquoi des populations particulières sont-elles vulnérables, comment sont-elles vulnérables et, surtout, qui est précisément vulnérable)(Yan & Xu, 2010).

Musanze district fait partie des régions bioclimatiques les plus vulnérables aux précipitations excessives qui ont été identifiées grâce à un examen de la fréquence des précipitations dépassant 50 mm par jour. Ces zones sont extrêmement vulnérables aux effets négatifs des pluies torrentielles. Ils sont particulièrement vulnérables à l'érosion catastrophique, à la dégradation extensive des terres et aux glissements de terrain.

La vulnérabilité dans ces régions est liée aux autres facteurs aggravants comme la déforestation et l'urbanisation qui entraînent une imperméabilisation des sols et donc une modification du

débit d'eau avec le profil de la pente. Ces phénomènes provoquent des inondations, la dégradation et l'appauvrissement des sols, la destruction des habitats et la destruction des infrastructures routières et des ponts. D'autre part, ils détruisent la biodiversité dans les zones marécageuses, les cultures dans les zones riveraines et marécageuses et les infrastructures dans les zones basses. Les catastrophes survenues et enregistrées comprennent la dégradation de l'environnement et l'extinction d'espèces rares, les famines, les pertes humaines, les pertes économiques, l'érosion, la vie humaine et animale menacée, les transports perturbés et les menaces pour les secteurs économiques et commerciaux (MINITERE, 2006).

1.5. Les évènements récents

Les fortes pluies sont devenues de graves problèmes dans de nombreux pays du monde, entraînant des inondations périodiques causant des dommages et des pertes irréversibles. Les pluies de 2007 ont touché près de la moitié des pays africains, portant le nombre total de morts à plus de 350 avec des centaines de milliers d'habitants déplacés. Par exemple; Le Nigeria (68 décès et 50000 touchés), le Ghana (56 décès et 332000 touchés), le Burkina Faso (46 décès et 92979 touchés) et le Togo (avec 23 décès et 120000 touchés, dont 11483 ont été déplacés) ont été les pays les plus touchés selon la conférence de presse (Asumadu-Sarkodie, 2015).

Le Rwanda connaît des inondations et une longue période de sécheresse. Les inondations se produisent principalement pendant les saisons des pluies de septembre à novembre et avril mai. Selon un rapport sur les catastrophes naturelles et les risques au Rwanda, une inondation est l'événement extrême le plus survenu au Rwanda en ce qui concerne les pertes en vies humaines, environ 183 personnes sur près de 82000 personnes ont perdu la vie de 1900 à 2015 en raison des inondations. Les inondations survenues en septembre-décembre 2001 ont fait 108 morts dans cette région. En mai 2010, une autre énorme inondation a tué 13 personnes, détruit 237 hectares de cultures et déplacé 140 maisons. Selon la base de données des événements d'urgence (EM-DAT) 2015, une perte économique causée par les inondations au Rwanda est d'environ 9 000 \$ US (Asumadu-Sarkodie, 2015).

1.6. Gestion durable des eaux pluviales et parties prenantes

1.6.1. Eaux pluviales et son parcours

Les eaux pluviales sont définies en hydrologie urbaine comme les eau de pluie ou eaux météorites récupérées après ruissellement. Les volumes ainsi collectés seront directement dépendants du niveau d'imperméabilisation des surfaces (maximum en milieu urbain), de la température, et de la nature des sols. Lors de son transit vers l'exutoire, l'eau de pluie peut se

charger en (1) matières polluantes solides (pour plus de 90%) : particules organiques, matières végétales carbonées, déchets domestiques ; (2) matières polluantes dissoutes : hydrocarbures, métaux lourds, pesticides. La prévision opérationnelle des crues et du risque d'inondation est gérée au niveau national par le Service Central d'Hydrométéorologie et d'appui à la révision des Inondations (Chocat et al., 2014).

Une fois l'eau évacuée du toit et collectée dans les regards, elle peut ensuite être évacuée de 3 manières : (1) Acheminée vers un réseau collectif, (2) Épandue dans le jardin ou sur la voie publique (réseau individuel), (3) Stockée dans un récupérateur d'eau de pluie pour être réutilisée en usage sanitaire (WC, lavage des sols intérieurs) ou pour les travaux extérieurs (arrosage du jardin, lavage de la voiture, etc.) afin de réaliser des économies d'eau. Pratiquement, donc, la précipitation s'abattant sur un territoire pourra prendre une ou l'autre des directions suivantes : (1) rejoindre un cours d'eau en s'écoulant lentement à travers le sol (écoulement hypodermique); après une percolation verticale, elle ira rejoindre la nappe phréatique; retour dans l'atmosphère par évaporation des surfaces ou transpiration de la végétation; ou écoulement sur le sol entraînant le ruissellement de surface.

1.6.2. Historique de la gestion des eaux pluviales

L'état de la pratique pour la gestion des eaux pluviales a évolué après s'être tout d'abord concentrée depuis les années 1960 sur des préoccupations axées essentiellement sur le contrôle quantitatif des eaux de ruissellement. Au début des années 1980, une campagne de mesures de grande ampleur aux États-Unis mit toutefois en évidence les quantités importantes de polluants qui pouvaient être associées au ruissellement. Les contrôles ont alors été élargis pour inclure les aspects qualitatifs. Subséquemment, le contrôle de l'érosion dans les cours d'eau devint également un paramètre spécifique à considérer pour une gestion adéquate des eaux pluviales et on réalise maintenant que les différents critères de contrôle doivent être définis avec une vision plus globale et intégrée, en tentant de reproduire le mieux possible, par l'utilisation de différentes techniques, les conditions hydrologiques qui prévalent avant l'urbanisation. Les critères de contrôle qui sont aujourd'hui à privilégier pour une gestion adéquate des eaux pluviales peuvent être regroupés en quatre principales catégories: (1) le contrôle quantitatif qui vise essentiellement à minimiser les impacts pour les événements relativement rares et influençant le dimensionnement des infrastructures pour les réseaux mineur et majeur, (2) le contrôle qualitatif qui vise le contrôle de l'érosion et la recharge pour les eaux souterraines s'inscrivant plutôt dans une perspective de continuité et de répétitivité des impacts à contrôler plutôt que de protection contre l'intensité de l'évènement perturbateur, (3) le contrôle pour minimiser l'érosion des cours d'eau et (4) le contrôle de la

recharge de la nappe phréatique pour protéger les eaux souterraines et le maintien des débits de base (Osseyrane et al., 2012).

Historiquement, c'est le problème de l'eau potable qui a d'abord préoccupé les rois et les gouvernements. Lorsqu'on a pris conscience que les puits et les rivières étaient pollués et pouvaient mettre en danger la vie humaine, l'autorité administrative s'est intéressée aux conditions d'amenée d'une eau saine et en quantité suffisante aux populations. Après, la gestion des eaux pluviales urbaines est dissociée à la compétence « assainissement » (Deutsch, 2003)

Selon Chocat *et al* dans (Deutsch, 2003), les principales évolutions technologiques dans le domaine de l'assainissement, ces vingt dernières années, ont concerné principalement le domaine de l'évacuation des eaux pluviales. Ce paradigme a été rendu impossible par la création des villes nouvelles qui ont transformé des surfaces considérables de terrain naturel en macadam. En effet, le coût des réseaux à mettre en place a été ressenti comme trop élevé par rapport au service que ces infrastructures pouvaient rendre. Pour résoudre cette contradiction, trois nouvelles approches se sont peu à peu dégagées (Tassin & Thevenot, 1993).

La gestion des eaux pluviales est l'un des enjeux majeurs de l'aménagement urbain moderne. Son intégration au sein des projets urbains doit prendre en compte et respecter l'environnement tout en protégeant les biens et les personnes des dommages pouvant être causés par les inondations. Les techniques dites « alternatives » permettent de résoudre cette problématique, tout en répondant à des enjeux sociaux (en créant davantage d'espaces publics, en améliorant le cadre de vie, en recréant du lieu avec la nature), économiques (en augmentant la valeur foncière du site, en réduisant les coûts de travaux et d'entretien) et environnementaux (en créant des corridors écologiques, en favorisant la biodiversité et en luttant contre les îlots de chaleur) (Thebault et al., 2020).

De manière générale, les enjeux de la gestion des eaux pluviales incluent la réduction de la vulnérabilité des écosystèmes, réduire les inondations urbaines, réduire la pollution des milieux aquatiques, s'adapter au changement climatique, améliorer le cadre de vie et maintenir la biodiversité.

2 Méthodologie de recherche

Pour la réalisation de ce travail, divers méthodes et outils ont été utilisés. La méthode de collecte des données a consisté en une recherche documentaire sur le sujet traité, ensuite l'observation et enfin la collecte et le traitement des données.

2.1. Présentation de la zone d'étude

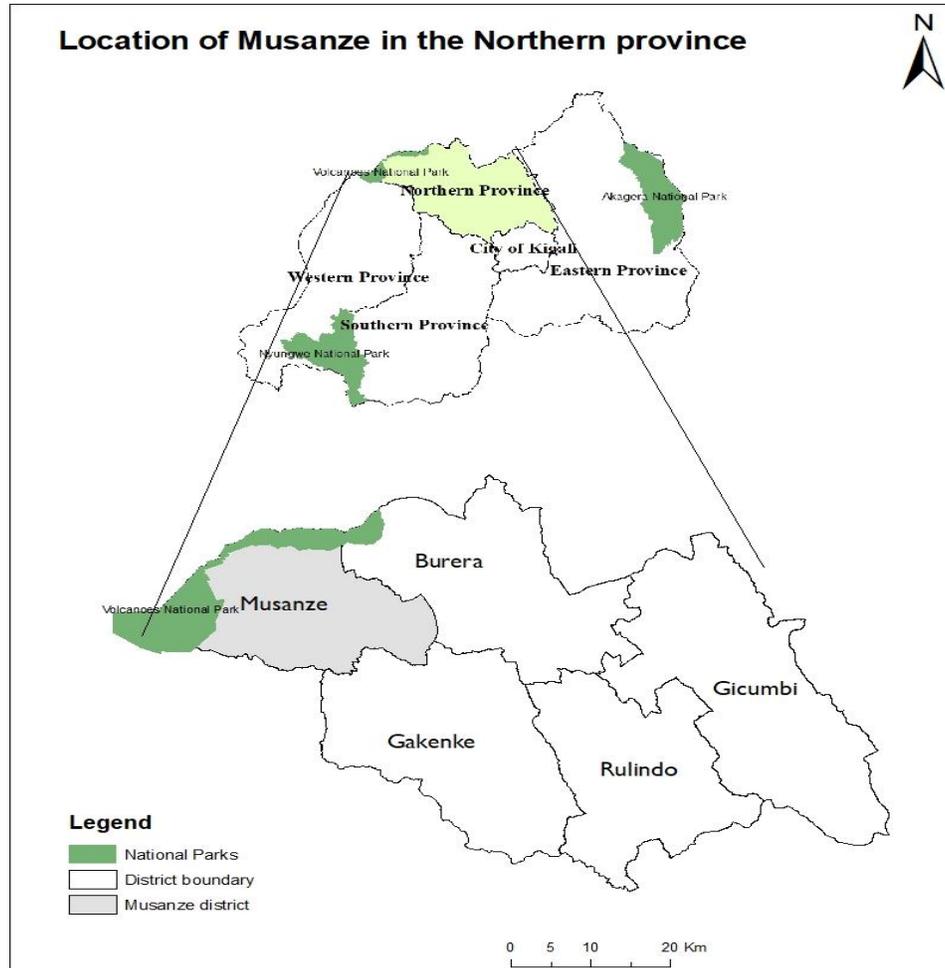


Figure 1: Localisation du district Musanze dans la province du Nord.

Le district de Musanze abrite le parc National des volcans situés à la limite Nord Occidentale du Rwanda, à la frontière avec la République Démocratique du Congo, à l’Ouest et avec l’Ouganda au Nord. Le Parc des volcans comprend le versant sud de la chaîne des volcans entre les parallèles 10 20’ et 10 30’ de latitude sud et entre les méridiens 290 20’ et 290 40’ de longitude Est. Il est compris entre les dénivellations de 2400 et 4507m (sommets du Kalisimbi).

Mais, sa plus grande superficie est située entre 2700 et 3500 m. D'Ouest en Est la chaîne comprend 5 massifs volcaniques : Le Kalisimbi (son cône le plus élevé culmine à 4507 m), Le Bisoke (atteint 3711 m avec le plus grand lac de cratère de la chaîne), Sabyinyo (3634 m) Le Gahinga, le moins élevé de la chaîne (3474 m), Le Muhabura culmine à 4127 m. Sur les volcans, on constate des glissements de terrain surtout au niveau des versants abrupts, spécialement après les pluies (Nsanzurwimo, 2004).

La population totale du district de Musanze est estimée à 416 0002 personnes (avec la densité de 750 habitants par km²), soit 21 pour cent de la population totale de la province du Nord et 3,9 pour cent de la population totale du Rwanda (NISR., 2010). Cette population est répartie dans les 15 secteurs que compte le district. La taille de la population dans les secteurs varie entre 42 829 et 12 797 habitants. En matière de densités, les secteurs les plus peuplés sont Busogo et Muhoza qui ont une densité de 600 habitants et plus par km². Au total, 73 274 ménages constituent le district de Musanze dont parmi eux, 50 818 sont dirigés par les hommes soit 69,4% et 22 456 dirigés par les femmes soit 30,6% de l'ensemble des ménages (INSR, 2011).

L'étude couvrira trois (3) secteurs à savoir Busogo, Cyuve et Muko. Ces secteurs ont été sélectionnés car ils sont répertoriés parmi les secteurs les plus vulnérables aux fortes pluies dans ce district (Adaptation Fund, 2013). Ces secteurs ont des terrains montagneux avec des sols volcaniques naturellement fragiles. Cette topographie et ce type de sol combinés à une perte de services écosystémiques résultant de la déforestation, des implantations non planifiées et de mauvaises pratiques agricoles sont les principales raisons pour lesquelles les fortes pluies provoquent un ruissellement important, l'érosion, les chutes de pierres, les glissements de terrain, les inondations, l'engorgement et l'envasement des vallées profondes qui détruisent les récoltes, les maisons et d'autres infrastructures (routes, ponts et écoles), l'insécurité alimentaire, les pertes de biodiversité ainsi que la perte de vie humaine et animale (GoR, 2013)

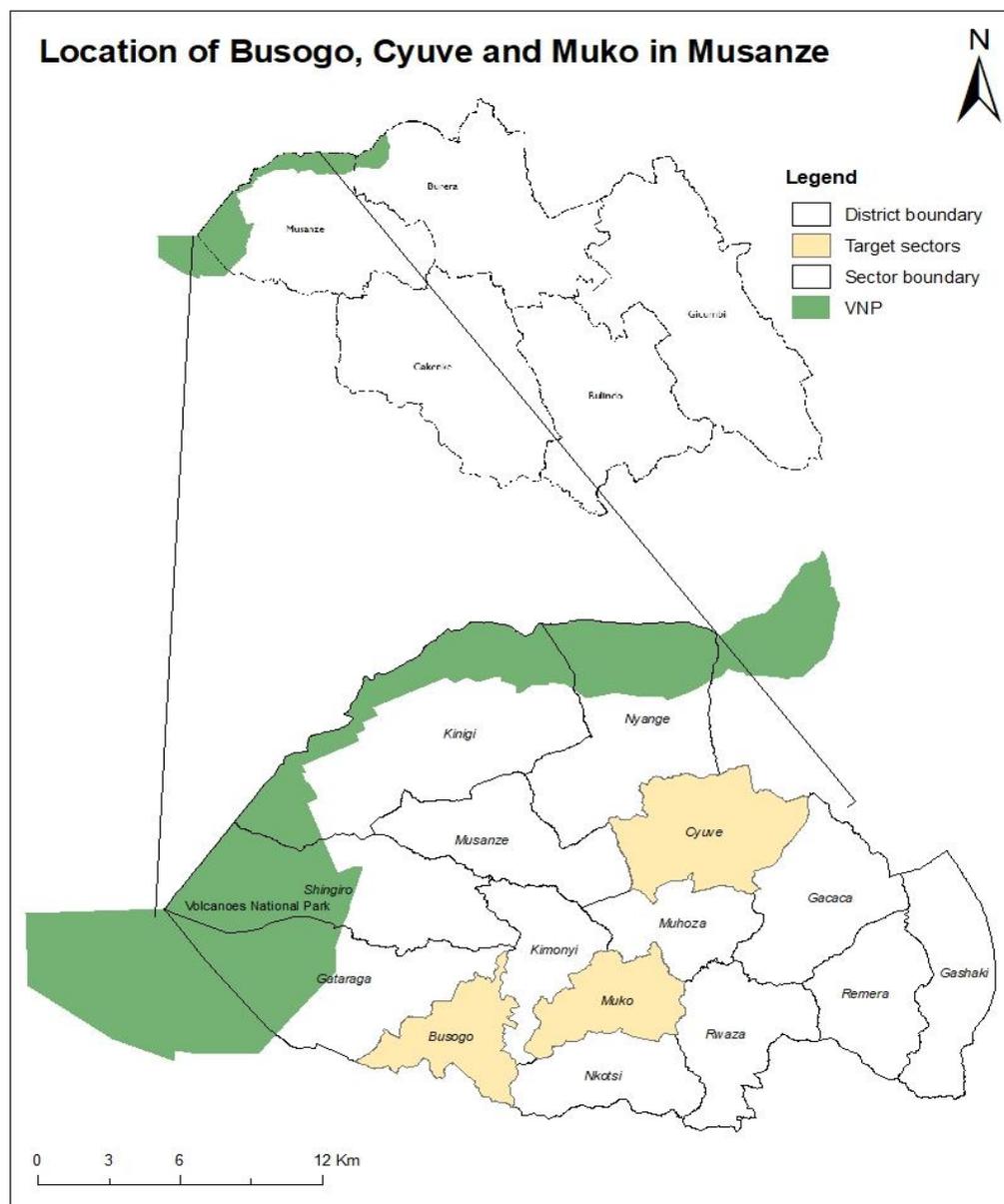


Figure 2: Location des secteurs Busogo, Cyuve et Muko dans le district de Musanze

2.1.2. Climatologie, pluviométrie et température

Le district de Musanze a un climat semi-aride avec une saison chaude et sèche de juin à août. Des variations saisonnières de température se produisent dans la région, les températures les plus élevées se produisant pendant la saison sèche et les températures les plus basses se produisant pendant la saison des pluies. La température maximale moyenne est de 22-26°C, tandis que la température minimale moyenne est de 10-15°C, avec quatre saisons distinctes : une courte saison sèche de Janvier à Mars, une courte saison des pluies de Mars à Mai,

caractérisée par des pluies torrentielles, une longue saison sèche de Juin à août, et une longue saison des pluies de septembre à décembre. La région a un climat tropical typique, avec des précipitations annuelles élevées pouvant atteindre 1 500 mm par an dans les zones volcaniques du nord et du nord-ouest (MINITERE, 2006) (REMA, 2009).

2.2. Techniques de recherche

2.2.1. *Données primaires*

Pour obtenir les données primaires, l'approche de la recherche qualitative a été utilisée pour obtenir la perception de la communauté locale sur les événements récents et des problèmes liés aux grandes quantités des eaux pluviales dans le district, les défis et opportunités de la collecte et de la gestion des eaux pluviales. L'approche de recherche quantitative a été utilisée pour déterminer les nombres et les chiffres dans la collecte et l'analyse des données. Un questionnaire fermé a été utilisé pour collecter des données quantitatives et le questionnaire mixte ouvert et fermé a été utilisé pour recueillir des données qualitatives. Les données ont été collectées à l'aide du logiciel « Kobo toolbox » qui était installé sur le Smartphone de la collecteur de données, le formulaire Google et à l'aide des entrevues avec des informateurs clés (la communauté locale du district et les agents des ressources naturelles et des infrastructures au niveau du secteur et au niveau du district) selon leur disponibilité.

Les questionnaires ont été envoyés pour recueillir des informations sur le nombre de personnes qui ont installé des infrastructures pour la collecte et le stockage des eaux de pluie, ainsi que la présence de telles infrastructures au niveau du district, recueillir des informations sur les activités menées pour augmenter l'infiltration et la recharge des nappes phréatiques, stratégies de financement au niveau communautaire pour les activités de gestion des eaux pluviales ainsi que pour identifier les défis et opportunités en matière de gestion des eaux pluviales qui existent dans ce district. La technique d'observation a été utilisée pour observer les événements récents liés aux problèmes causés par les eaux pluviales dans la zone d'étude. Les photos seront prises comme preuves montrant la vulnérabilité de la communauté locale lors de fortes pluies.

2.2.2. *Taille de la population de l'échantillon*

L'étude a été menée dans le district de Musanze situé dans la province du nord du pays, 3 secteurs très affectés par les impacts des fortes pluies ont été sélectionnées à savoir Busogo, Cyuve et Muko. Les cellules de chaque secteur ont été triées en fonction du nombre de villages touchés par les fortes pluies par cellule. Dans chaque cellule du secteur, les ménages ont été sélectionnés au hasard pour répondre au questionnaire.

La taille de l'échantillon était de 30 personnes y compris le nombre total de répondants de 27 avec 9 répondants sélectionnés au hasard et interrogée dans chaque secteur, et 3 répondants travailleurs du district de Musanze (Environnementaliste/ foresterie et ressources naturelles, chargé de mission SIG & arpentage et responsable des ressources en eau)

2.2.3. Données secondaires

Certains documents publiés existants ont été documentés afin de disposer d'informations historiques et contextuelles relatives aux fortes pluies et à la gestion des eaux de pluie dans les districts d'étude. Il s'agit notamment de documents officiels du gouvernement, de divers rapports, de publications électroniques, de liens visités, de thèses et de mémoires. D'autres publications serviront de modèles dans la méthodologie et la conception de la recherche. Toutes les publications qui ont été lues ont été citées dans le texte et répertoriées dans la liste de référence.

2.3. L'analyse des données

Les données ont été saisies et analysées à l'aide du logiciel Excel où des tableaux de fréquences et des tests statistiques ont été effectués pour déterminer l'interrelation entre les paramètres. Les données ont été présentées à l'aide de tableaux, de diagrammes et de graphiques.

3 Résultats et discussion

3.1. Caractéristiques socio démographique de la population enquêtée.

Le tableau 1 représente le nombre total de répondants et leurs caractéristiques sociodémographiques (sexe, âge, niveau d'éducation, catégories professionnelles, et durée d'habitation dans le district de Musanze). Il compare également ces caractéristiques entre les secteurs enquêtés. Les résultats montrent que le nombre des hommes (63%) qui ont accepté à participer dans cette étude pour répondre au questionnaire proposé, est supérieur au nombre des femmes (37%). Plus que la moitié des répondants ont primaire comme le niveau d'éducation, là où le secteur de Cyuve avait un grand nombre des gens qui ont un niveau primaire, 70 % des répondants étaient agriculteurs comme profession, et 74% habitaient dans ce district pendant plus de 20 ans.

Tableau 1: Caractéristiques socio démographiques des répondants

Caractéristiques sociodémographiques		Secteurs							
		Busogo		Cyuve		Muko		Total	
		n=9		n=9		n=9		n=27	
		Fréquence	%	Fréquence	%	Fréquence	%	Fréquence	%
Genre	Homme	8	89	9	100	0	0	17	63
	Femme	1	11	0	0	9	100	10	37
Classe d'âge	15-25 ans	0	0	0	0	1	11	1	4
	26-35 ans	2	22	2	22	4	44	8	30
	36-45 ans	3	33	3	33	4	44	10	37
	46-55	3	33	3	33	0	0	6	22
	56-65	1	11	1	11	0	0	2	7
	66-Plus	0	0	0	0	0	0	0	0
Niveau d'éducation	Pas formel	0	0	0	0	1	11	1	4
	Primaire	2	22	8	89	4	44	14	52
	Lycée	6	67	1	11	3	33	10	37
	Collège/Université	1	11	0	0	1	11	2	7
Profession	Agriculteur	9	100	6	67	4	44	19	70
	Professionnel	0	0	1	11	1	11	2	7
	Chef local	2	22	2	22	1	11	5	19
	Étudiant (e)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Homme/Femme d'affaires	1	11	0	0	2	22	3	11
	Travail occasionnel	0	0	0	0	2	22	2	7
Nombre d'années d'habiter dans ce quartier	Moins d'un an	0	0	0	0	0	0	0	0
	1-5 ans	0	0	0	0	3	33	3	11
	6-10 ans	0	0	1	11	0	0	1	4
	11-15 ans	0	0	0	0	1	11	1	4
	16-20 ans	0	0	0	0	2	22	2	7
	Plus de 20 ans	9	100	8	89	3	33	20	74

Source : Enquête de terrain, août 2021

3.2. Les moyens de subsistance de la communauté locale dans le milieu d'étude

Cette partie vise à collecter les informations qui expliquent la problématique des fortes pluies dans cette région ainsi que leurs impacts respectifs sur les moyens de vie dans cette communauté.

Environ 90% de la population Rwandaise dépendent de l'agriculture pour leur subsistance et dépendent de l'agriculture pluviale (Ntezilyayo, 2014). Une forte densité de population fait que la population à prédominance rurale cultive de plus en plus des parcelles de terre de plus en plus petites. Plus de 80 % des ménages possèdent moins d'un hectare de terre. De plus, comme la population a augmenté et que les terres sont devenues de plus en plus rares, les agriculteurs ont commencé à cultiver des terres marginales sur des pentes abruptes (jusqu'à et plus de 55

%). Le grand nombre de personnes cultivant sur le terrain escarpé et montagneux du Rwanda a entraîné une grave dégradation de l'environnement en raison de la surexploitation du sol et de l'érosion extensive qui entraîne le lessivage des sols des collines dans les vallées provoquant une sédimentation importante des principaux fleuves et autres cours d'eau. Environ 15 millions de tonnes de sol sont perdues chaque année, ce qui s'est traduit par un déclin de la capacité du pays à nourrir 40 000 personnes/an, ainsi qu'une perte économique annuelle de 34 320 000 USD, soit près de 2 % de l'équivalent du PIB. Les hautes terres cultivées du nord et de l'ouest du Rwanda, importantes pour la production de pommes de terre et de haricots, sont considérées comme les plus vulnérables à l'érosion en raison de leur terrain plus escarpé et de leurs précipitations annuelles plus élevées (GoR, 2013).

3.2.1. Source des revenus et de nourriture de la communauté locale dans le milieu d'étude

Afin de mieux comprendre l'impact des fortes pluies sur les moyens de subsistance des communautés locales du district Musanze, nous avons élaboré un questionnaire portant sur les sources de revenus des répondants (agriculteurs, commerçants, travailleurs saisonniers, salariés à la fonction publique). L'analyse des données montre que 62.96% des répondants sont des agriculteurs, 14.81% représentent les personnes qui font des travaux occasionnels et 7,41% de commerçants et les fonctionnaires publics.

En ce qui concerne les sources de nourriture des communautés locales du district Musanze, il en ressort de cette recherche que 62.96% des habitants utilisent ce qu'ils produisent dans leurs champs et au marché, 33.33% achètent les produits de subsistance au marché et 3.7% consomment uniquement les aliments produits par eux-mêmes.

3.2.2. La comparaison des précipitations récentes et celles des années précédentes ainsi que la dimension de leurs impacts

Selon les résultats d'évaluation d'impact des fortes pluies sur les moyens de subsistance, la totalité des personnes ayant répondu au questionnaire ont noté que ces dernières années il y a de plus en plus de fortes variations de pluie. Comparées aux années précédentes, les précipitations récentes ont augmenté en termes de timing et de volume d'eau par cube.

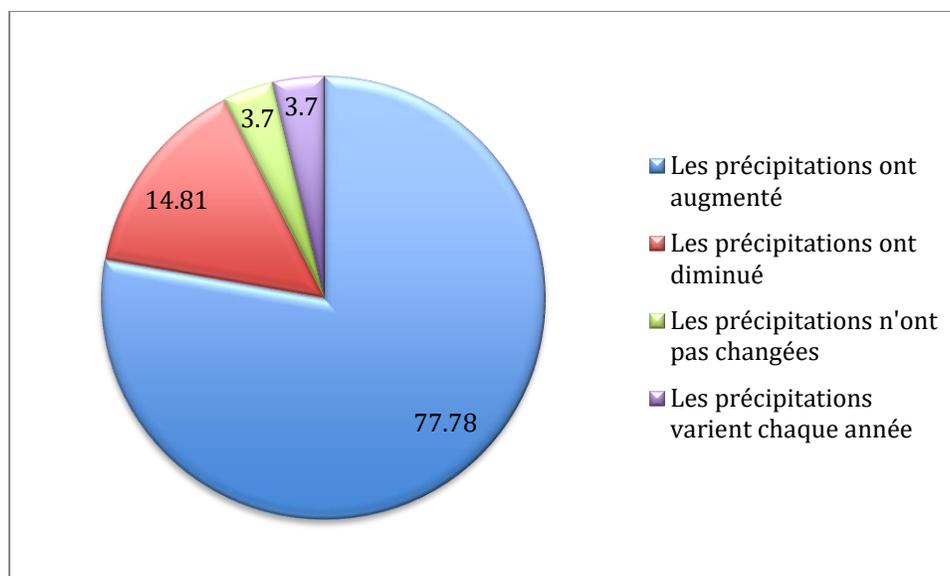


Figure 3: Variation des précipitations dans le district de Musanze entre 2011 et 2021

Selon GoR (2013) des tendances des précipitations pour le Rwanda montrent que les saisons des pluies sont devenues plus courtes avec une intensité plus élevée entraînant une diminution de la production agricole et des événements tels que des sécheresses dans les zones sèches et des inondations ou des glissements de terrain dans les zones connaissant de fortes pluies comme le district de Musanze.

3.2.3. L'impact des fortes pluies sur les moyens de subsistance des habitants de cette région

Les personnes interrogées ont été invitées à décrire le niveau des impacts causés par les fortes pluies, et 100 % déclarent que les impacts des fortes pluies dans le district de Musanze sont très forts.

3.2.4. Perception sur les facteurs à l'origine des impacts accrus des fortes pluies

Le tableau ci-dessous représente les résultats obtenus sur les différents facteurs qui sont à l'origine des impacts accrus des fortes pluies dans le district de Musanze.

Tableau 2: Les facteurs à l'origine des impacts accrus des fortes pluies dans le district de Musanze.

Les facteurs à l'origine des impacts accrus des fortes pluies	Pourcentages
Variabilité saisonnière ou Changement climatique	74%
Dégradation des terres	11%
Dégradation des zones humides	0%

Manque de moyen de collecte des eaux de pluie	55%
Pente	25%

Source : Enquête de terrain, août 2021

3.2.5. Les perceptions des enquêtes sur les impacts des fortes pluies sur la santé des populations du district de Musanze

Généralement dans les zones à forte pluie, les populations sont souvent exposées aux maladies hydriques (choléra, dengue, malnutrition, paludisme, etc.), à la famine, aux traumatismes. Par conséquent, dans le cas de notre étude, selon les répondants, les fortes pluies sont à l'origine de 92% de perte des vies humaines et animales. Le tableau ci-dessous en est une illustration des impacts des fortes pluies sur la santé des populations du district de Musanze.

Tableau 3: Impacts des fortes pluies sur la santé de la population de district de Musanze

Les principaux problèmes de santé	Pourcentage
Perte des vies humaines et animales	92%
Malaria	37%
Les maladies intestinales	33%
Traumatisme	3%
Grippe	18%
Famine	3%

Source: *Enquête de terrain, août 2021*

Cette partie résume l'impact des fortes pluies sur les moyens de subsistance des répondants qui représentent toute la population dans le district de Musanze. Les résultats obtenus ont montré que les précipitations sont augmentées au cours de ces dernières années, elles sont impactées la population en matière de maladies, pauvreté, entre autres. Par exemple, dans le secteur Busogo, il y a une grave inondation dans la vallée de Mugogo (couvrant 85 ha) qui était autrefois un sol très productif pour la population voisine en matière de cultures vivrières. C'est une vallée sèche qui est en train de devenir un marécage, car la population locale a révélé que cette eau y apparaît depuis trois ans. Cela peut être confirmé par les données pluviométriques collectées par le centre national de météorologie dans les zones couvertes par la station de Busogo, qui montrent qu'il y a eu une augmentation des précipitations annuelles il y a cinq ans par rapport aux années avant 2008. L'eau recouvre la terre après chaque forte précipitation en raison de la quantité d'eau qui s'écoule des pentes des collines environnantes. Cette inondation détruit toutes les activités agricoles dans la vallée (entre 900 et 950 personnes cultivent dans

cette vallée comme source de revenus et de nourriture), car le niveau d'eau peut atteindre 50 cm au-dessus du sol.

3.3. Présence d'infrastructures de récupération des eaux de pluie pour une efficace utilisation

La vulnérabilité de la population face aux impacts liés des fortes pluies est due à de nombreux facteurs que ça soit économique, socio-culturels ou politico institutionnels. Parmi ces facteurs inclut la pauvreté, paupérisation, constructions anarchiques, industrialisation incontrôlée, exploitation anarchique, analphabétisme et ignorance, absence ou faible d'informations et / ou de communication (Charette, 2017). La présente partie vise à voir réellement des défis (ou bien les causes de la vulnérabilité) existant dans le domaine de gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze surtout dans la zone d'étude.

Grâce aux informations collectées auprès de la communauté locale du district sur la gestion des eaux pluviales, cinq orientations en découlent. Il s'agit : des sources d'eau courante utilisées par la communauté locale ; du nombre de personnes possédant un système de récupération d'eau de pluie ; des méthodes utilisées pour collecter et stocker l'eau de pluie sur les toits ainsi que l'utilisation de l'eau de pluie par la communauté du district de Musanze ; des matériels de collection et de stockage d'eau utilisés par les communautés de Busogo, Cyuve et Muko.

3.3.1. Les sources d'eau courantes utilisées par la communauté locale dans la zone d'étude

La plupart de la communauté locale du district de Musanze utilisent l'eau du robinet, alors que très peu de personnes utilisent la source aménagée desservant.

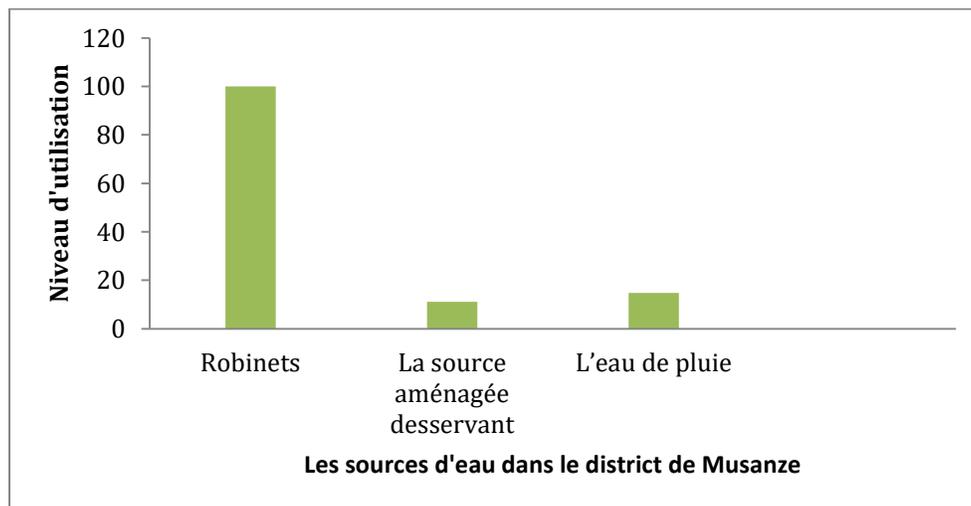


Figure 4: Les sources d'eau courantes utilisées par la communauté locale du district de Musanze

Selon le rapport d'analyse de l'environnement et du changement climatique au Rwanda de 2019, environ 76% de la population rwandaise a accès à des sources d'eau améliorées (72% de la population rurale, 87% de la population urbaine) (GoR, 2019). Le district de Musanze possède 74% des sources d'eau améliorées (Musanze District, 2015)

3.3.2. Le nombre des personnes ayant installé le système de récupération d'eau de pluie

Les résultats de données portant sur l'analyse d'utilisation du système de récupération d'eau de pluie montrent que 92,59% des habitants ne disposent d'aucune installation.

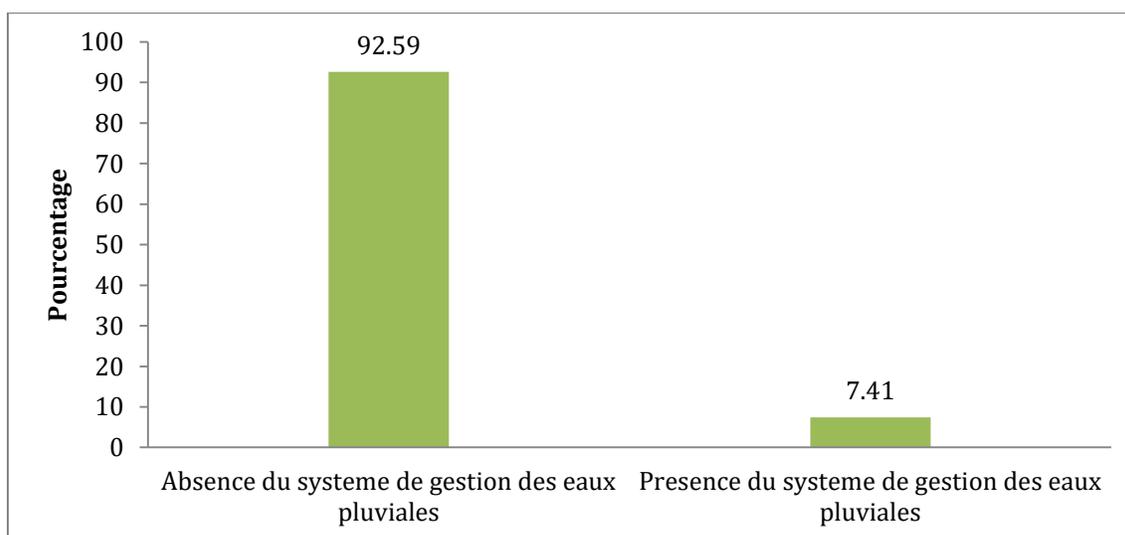


Figure 5: Présence du système de récupération d'eau de pluie dans la zone d'étude

En comparant les résultats de chaque secteur par rapport à l'utilisation des systèmes de récupération d'eau de pluie par les communautés locales, le secteur de Muko ne dispose d'aucun système de récupération d'eau de pluie contrairement aux secteurs Busogo et Cyuve avec un faible pourcentage (11%).

Le faible pourcentage d'utilisation du système de collecte et de stockage de l'eau de pluie dans les différents secteurs est dû à la pauvreté et au prix élevé des équipements. Cependant, 22% de la communauté locale du district de Musanze a manifesté un intérêt particulier. Elle pense pouvoir installer ce système pour trois raisons à savoir : (1) devenir auto-suffisants dans l'utilisation de l'eau (2) la gestion du temps qu'ils utilisent pour aller puiser de l'eau et (3) éviter des problèmes causés par les eaux pluviales comme la destruction des maisons des voisins. La communauté locale affirme aussi qu'il y a des robinets dans les quartiers mais ils ne sont pas suffisants, un seul robinet est utilisé par 400 ménages et parfois ça prend plus de 30 minutes pour y arriver, ce qui nous fait penser que le système de récupération et la gestion des eaux pluviales aient une solution pour satisfaire la demande.

3.3.3. Méthodes utilisées pour collecter et stocker l'eau de pluie sur les toits ainsi que l'utilisation de l'eau de pluie par la communauté du district de Musanze

Bien que la population à travers ses réponses ait manifesté un réel besoin d'eau de pluie qui lui sera utile non seulement pour les travaux ménagers, les constructions, mais aussi pour les travaux champêtres, néanmoins elle n'a pas la capacité de s'en procurer les matériels de stockage et de collecte des eaux de pluie (citernes et autres récipients capable de contenir une grande quantité d'eau). Toutefois, cette population utilise des simples récipients pouvant contenir une petite quantité d'eau tels que les bidons, les casseroles, les seaux d'eau, etc.

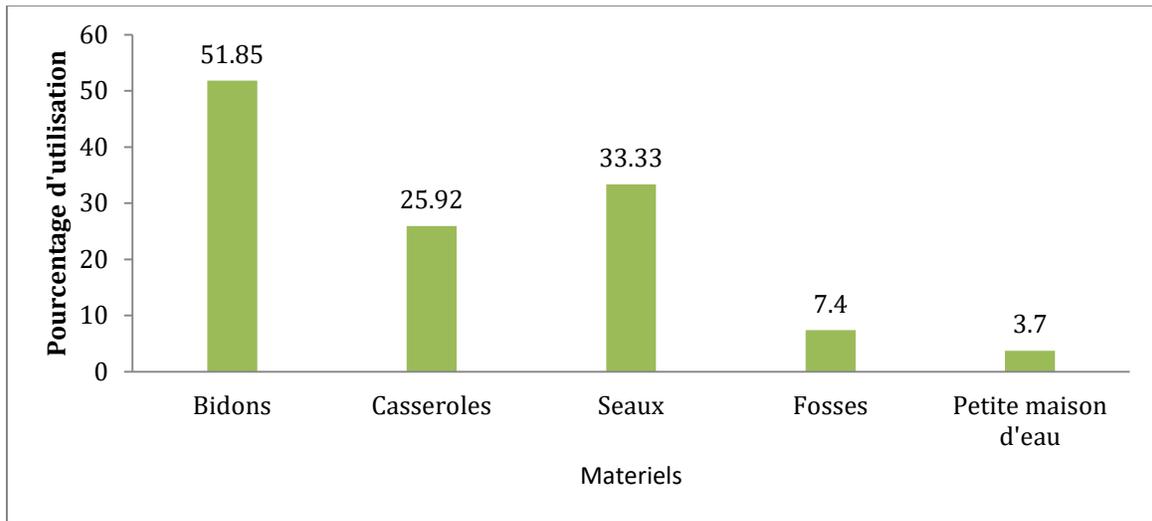


Figure 6: Les outils utilisés par la communauté locale du district de Musanze pour récupérer et stocker l'eau de pluie

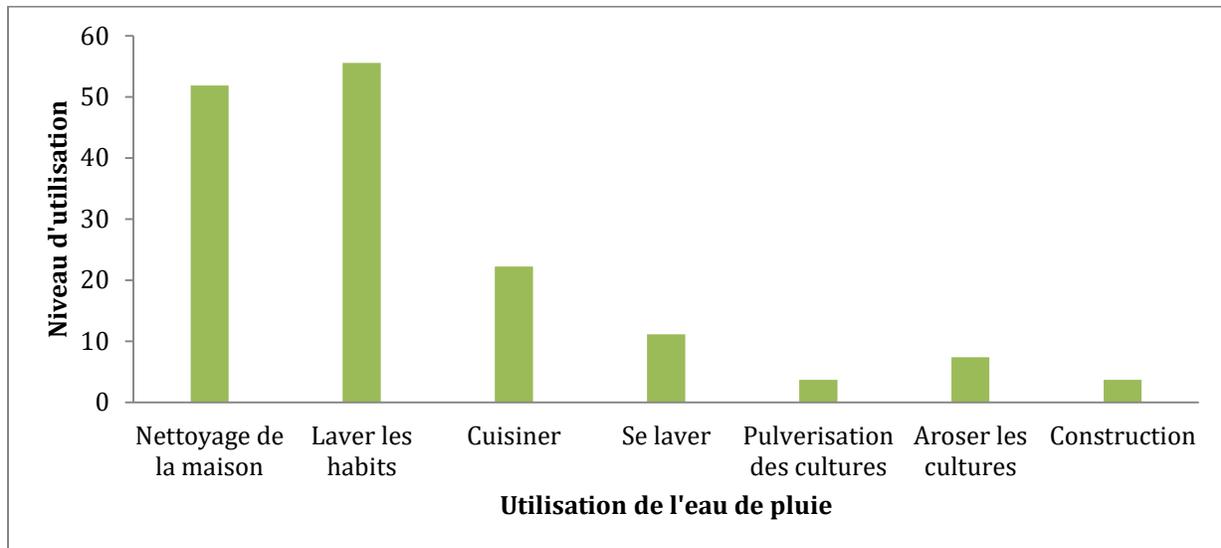


Figure 7: Utilisation de l'eau de pluie par la communauté des secteurs enquêtés du district de Musanze

3.3.4. Les défis liés à la gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze

Dans le but de conserver et de mieux gérer les eaux pluviales, il a été demandé à la communauté du district de Musanze de choisir entre les défis de la récupération et stockage des eaux pluviales, de nombreux ont opté pour les matériels très coûteux tandis que d'autres n'en voient pas l'utilité.

Tableau 4: Les défis liés à la gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze

Les défis existants dans la gestion des eaux pluviales	Pourcentage
Infrastructure couteuse	96.3
Manque de connaissances d'installation des infrastructures de gestion des eaux pluviales	18.52
Manque de réglementation	7.41
Manque de la nécessité	3.7

Source : Enquête de terrain, août 2021

En comparant les trois secteurs, les résultants suivants ont été obtenus.

Tableau 5: Comparaison des trois secteurs enquêtés en matière de défis existant dans gestion des eaux pluviale

Les défis existants dans la gestion des eaux pluviales	Busogo (%)	Cyuve (%)	Muko (%)
Infrastructure couteuse	88.88	100	100
Manque de connaissances d'installation des infrastructures de gestion des eaux pluviales	33.33	11.11	11.11
Manque de réglementation	11.11	0	11.11
Manque de la nécessité	11.11	0	0

Source : Enquête de terrain, août 2021

Par conclusion, cette recherche a montré que de manière générale, les défis rencontrés par le système de gestion des eaux pluviales dans la zone d'étude sont; la pauvreté, manque de connaissances d'installation des infrastructures de gestion des eaux pluviales, ignorance de la réglementation de construction et la manque de la nécessité.

Le secteur le plus vulnérable à des impacts des fortes pluies est Muko car c'est le secteur qui pressente beaucoup des cas de pauvreté; par exemple 14.81% de la population enquêtée dans

ce secteur trouve leur moyen de subsistance par les travaux agricoles occasionnels, donc elle n'est pas capable d'épargne au moins 5000 Francs rwandais par mois, alors que les matériaux de collecte et de stockage de l'eau comme des citernes et autres sont couteux. Autre constant qui augmente la vulnérabilité dans ce secteur c'est la topographie, à cause de la pente, toute l'eau venant des volcans se déverse dans les rivières de susa et Rwebeya et se rencontre dans les versants de ce secteur. Malgré la situation il n'y a toujours pas l'intervention des nombreux acteurs dans le secteur de Muko.

Selon l'environnementaliste du district de Musanze, La population du district de Musanze est ignorante des risques liés au mal utilisation des terres et absence du système de récupération des eaux pluviales; partant de ce constat, des campagnes de sensibilisation doivent être menées dans la commune pour inciter toutes les populations à installer les infrastructures de gestion des eaux pluviales selon leurs moyens financiers et aussi d'habiter dans les zones moins dangereuse car les mêmes personnes qui ne fassent pas la conformité au schéma directeur d'utilisation et d'aménagement des terres, sont celles qui sont très affectées pendant la saison des pluies.

3.4. Activités pour augmenter l'infiltration et la recharge des eaux souterraines dans le district de Musanze.

Cette partie a pour objectif de collecter les informations sur les pratiques qui ont pour but de faciliter l'infiltration et la recharge des eaux souterraines comme un autre moyen de gestion des eaux pluviale. Elle met aussi en exergue les différents projets communautaires de gestion des eaux pluviales ainsi que l'intervention des différentes parties prenantes dans la collaboration avec la communauté locale pour faire face aux problèmes causés par le phénomène des fortes pluies.

3.4.1. Méthodes utilisées pour contrôler l'érosion des sols dans la zone d'étude

Parmi les méthodes connues pour contrôler l'érosion du sol, nous avons d'une part les **Bandes de contour** qui sont l'une des méthodes utilisées par la majorité de la population et d'autre part les **pratiques agroforestières** qui sont utilisées par la minorité. Il existe également d'autres méthodes telles que les **terrasses radicales** et l'**irrigation** dont la population n'en pratique pas.

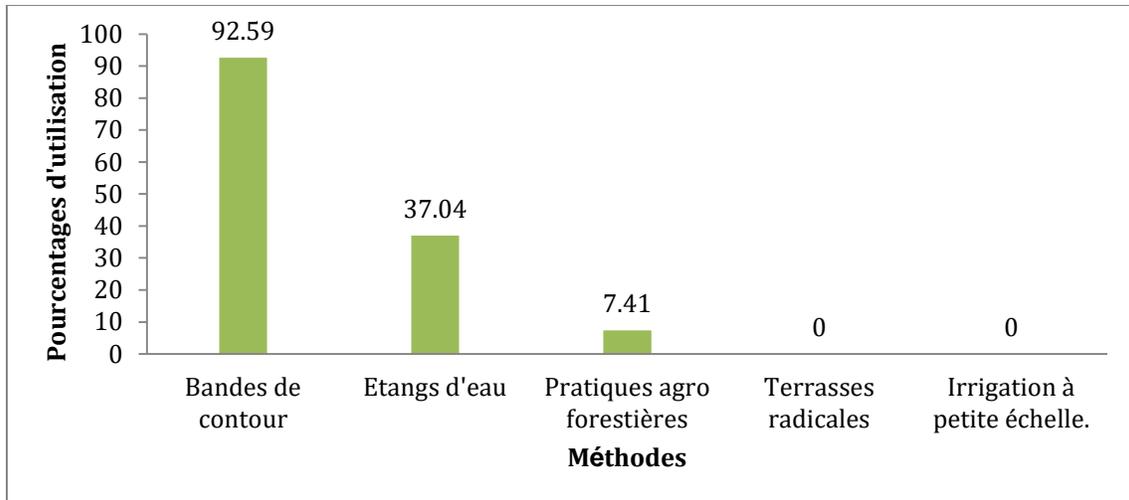


Figure 8: Méthodes utilisées pour contrôler l'érosion dans la zone d'étude

3.4.2. L'existence des projets communautaires de gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze

Les secteurs enquêtés (Cuyve, Muko et Busogo) sont les plus vulnérables aux risques et danger causés par les eaux pluviales. Il est donc afin de savoir si les acteurs civils interviennent dans le but de résoudre ce problème. Selon les pourcentages établis, 62,96% de la population de Musanze a affirmé la non-intervention des acteurs civils tandis que 37,04% disent qu'il existe un projet de gestion des eaux pluviales dans la région.

En comparant les trois secteurs enquêtés sur la question d'une quelconque existence de projet de gestion des eaux pluviales, nous avons retenu : s'agissant du secteur de Cuyve, 100% de cette population affirme la non-intervention ni d'une institution publique, ni d'une ONG, ni du secteur privé et encore moins d'une coopérative. Dans le secteur de Muko, 77,77% confirme l'inexistence des projets de gestion des eaux pluviales tandis que 22,22% parle d'un éventuel projet de plantation des bambous au bord de la rivière de Susa financé par les instances publiques. En ce qui concerne le secteur de Busogo, d'après 11% de cette population, il n'existe aucun projet de gestion des eaux pluviales. Par contre, 88,88% confirme l'existence de deux projets qui sont d'une part le projet d'une société appelée **Réserve Force** qui consiste à faire le nettoyage dans la vallée de Mugogo afin de faciliter le passage de l'eau et d'éviter que cette dernière détruise les cultures et d'autre part du projet **RDDP** dont le but est de procurer des citernes aux éleveurs de vaches qui produisent une grande quantité de lait. Ces projets sont financés par les institutions publiques.

Tableau 6: L'existence des projets de gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze

Secteur	Projets existant	Qui finance ces projets
Busogo	1. Projet de nettoyage des rigoles d'eau dans la vallée de Mugogo par Reserve force	Institutions publiques
	2. RDDP, qui fournit des citernes de collecter d'eau de pluie aux éleveurs exemplaires	
Cyuve	- Pas de projet	-
Muko	Projet de planter les bambous au bord de la rivière Susa par la communauté locale	Institutions publiques

Source : Enquête de terrain, août 2021

3.4.3. Collaboration entre les institutions publiques avec les communautés locales pour faire face aux problèmes causés par les eaux pluviales

Afin de résoudre les problèmes causés par les eaux pluviales, les institutions publiques collaborent avec la communauté locale. La question fondamentale posée à la communauté était celle d'expliquer comment ces institutions collaborent avec elle. D'après 59,25% de cette population, le gouvernement fournit des logements, de la nourriture et des matériels de base aux personnes dont les propriétés et biens ont été détruits par les eaux pluviales. 18,51% affirme l'inexistence d'une quelconque collaboration, et 11,11% n'est pas au courant de l'existence d'une collaboration entre les institutions publiques et la communauté locale.

3.4.4. L'existence des réglementations pour la mise en œuvre de la gestion des eaux pluviale au niveau de la communauté locale

Dans le cadre de la gestion des terres comme un facteur lié à la gestion des eaux pluviales, les instruments règlementaires sont nécessaires pour faciliter la mise en œuvre de ce dernier, Parmi ces réglementations incluses ; Le règlement de construction et règlement sur les plans d'intégration et d'implantation architecturale qui permet à une municipalité de déterminer les critères et les normes de construction des bâtiments résidentiels ainsi que des bâtiments à usage commercial. Pour ces règlements, la municipalité pourrait exiger que les nouveaux lots et les nouvelles constructions n'aient aucun impact sur le taux de ruissellement, afin d'éviter d'accentuer une problématique. Il pourrait également s'appliquer à un secteur encore majoritairement à l'état naturel, pour lequel des critères exigeraient de prendre en compte la végétation, la topographie du terrain et l'écoulement des eaux pluvial. Dans un contexte de

gestion durable des eaux pluviales, une municipalité pourrait exiger que les projets tiennent compte de solutions innovatrices permettant d’augmenter le taux d’infiltration et de rétention in situ (Sylvestre-loubier, 2019).

Sur la question de l'existence des règlementations sur la gestion *des eaux pluviales*, 55,56% de la communauté locale ont répondu par la négation. Par contre, 44,44% affirme l'existence d'une loi mais que cette dernière n'est pas appliquée. Autrement dit, cette loi est négligée.

3.4.5. *La perception des répondants de qui devrait être en charge de gestion des eaux pluviales*

Pour la majorité de la communauté locale, la gestion des eaux pluviales est une affaire des institutions publiques en l'occurrence le gouvernement, car c'est lui qui élabore les lois et ainsi doit veiller à sa mise en œuvre. Selon la minorité par contre, la gestion des eaux pluviales devrait être une affaire de tous c'est-à-dire elle doit concerner aussi bien les institutions publiques, les ONG, le secteur privé que la communauté locale.

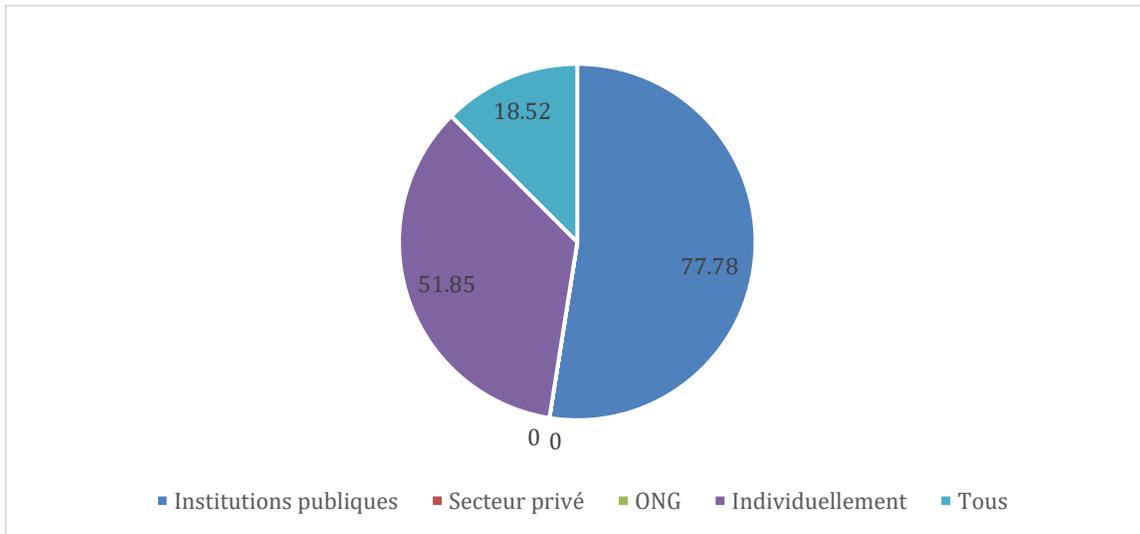


Figure 9: *Responsable de gestion des eaux pluviales selon la communauté locale du district de Musanze*

3.4.6. *Présence d’un système en place pour avertir les gens de l’émergence de fortes pluies dans la région*

Dans le but d'empêcher l'émergence des eaux de pluie dans la région, un système approprié a été mis en place. Par rapport à cette mise en place nous avons procédé à des interrogations à l'endroit de la population locale pour mieux connaître son avis. Ainsi, 66,67% de la population locale confirme l'existence d'un système mis en place et que les canaux de communication utilisés sont des radios mais pas efficaces. Par ailleurs, 33,33% de la population conteste l'existence d'un système en place pour l'avertir de l'évolution des eaux pluviales dans la région.

3.4.7. Les solutions proposées par la communauté locale pour faire face aux impacts liés aux fortes pluies dans le district de Musanze

En effet, d'aucuns pensent que les institutions publiques devraient aider la population locale pour trouver des solutions adéquates suite aux impacts causés par les fortes pluies dans cette région, d'autres par contre proposent que ces institutions doivent aider financièrement la population pour qu'elle se procure des matériels de collection et de stockage d'eaux pluviales. Voici ci-dessous quelques-unes des solutions proposées :

- Encourager les actions de lutter contre le changement climatique et encourager la gestion des déchets ménagères, sensibiliser et renforcer les capacités des populations sur les pratiques anti-érosives.
- Sensibiliser et éduquer la communauté locale sur le rôle de la gestion des eaux pluviales comme une solution pour les défis causés par ces eaux et aussi les différents moyens de collecter et stocker des eaux de pluie pour son utilisation efficace
- À propos du problème des graves inondations dans la vallée de Mugogo du secteur Busogo, selon la communauté locale de ce secteur, l'eau qui cause ces inondations vient sur les montagnes du district de Nyabihu pendant la saison des pluies, pour cela, les deux districts devraient travailler ensemble pour trouver une meilleure solution.
- Selon la communauté locale du secteur Busogo, la persistance d'inondation dans la vallée de mugogo est due au fait qu'il n'y a pas un exutoire pour cette eau (il n'y a pas de sortie pour cette eau) ; comme solution proposée, le district de Musanze devrait chercher le moyen de diriger l'eau qui vient dans les montagnes de Nyabihu vers la rivière Mutobo qui se déverse dans la rivière Mukungwa.
- Les autres solutions proposées incluent ; faire des terrasses radicales là où cela est nécessaire, appliquer des techniques agro-écologiques pour cultiver, sensibiliser les gens qui habitent dans les zones à risques pour qu'ils déménagent, les institutions publiques devraient faire suivi et évaluation et aussi accompagner la population dans la mise en œuvre des réglementations existantes, encore, il faut l'éducation visant le changement de comportement envers la gestion des eaux pluviales pour tous les acteurs et membres des communautés.
- Pour faire face aux problèmes de logements durables comme moyen d'adaptation aux impacts des fortes pluies dans le district de Musanze, il faut chercher les financements pour aider les gens à avoir des maisons appropriées.
- La municipalité devrait créer un département de gestion des eaux pluviales au niveau du district et mettre en place son budget spécial.

3.5. Les défis et les opportunités existant dans la gestion des eaux pluviales aux niveaux institutionnels

3.5.1. Les défis existant au niveau de la municipalité dans le domaine de gestion des eaux pluviales

- Les techniques de collecte des eaux de pluie et son utilisation ne sont pas encore maîtrisées ni diffusées ;
- Les moyens financiers affectés au développement du secteur sont encore insuffisants et ne vont pas de pair avec les besoins (absence de modalité de financement spécifique) ;
- Les moyens de communication sur la situation météorologique auprès de la population ne sont pas préférables par la communauté locale. Ici on peut souligner que de nombreuses populations choisissent les réunions comme moyen de communication alors que les institutions utilisent les radios et télévisions comme moyen de communication ;
- L'insuffisance des investissements dans le domaine de gestion des eaux pluviales.

3.5.2. Les opportunités existant au niveau de la municipalité dans le domaine de gestion des eaux pluviales

- L'existence de diverses politiques (reboisement, protection des forêts, lutte antiérosive et protection des bassins versants, aménagement des marais) ;
- L'existence du schéma directeur de collecte et d'évacuation des eaux pluviales ;
- L'existence du schéma directeur d'urbanisation ;
- La présence de la politique « Umuji » qui vise à empêcher l'habitation non planifiée et l'augmentation de l'informel établissement avec des services médiocres et des conditions insalubres (Musanze District, 2015) ;
- L'existence de la loi No 27/2021 des 10/06/2021 portant le régime foncier du Rwanda, dans son chapitre deux, 1 ère section définit la modalité de tenure foncière et certification des droits fonciers. L'article 62 de cette loi définit le suivi de la conformité du schéma directeur d'utilisation et d'aménagement des terres, l'article 67 définit l'organe chargé de la gestion et du suivi d'utilisation des terres au niveau de l'entité centralisée.
- La stratégie nationale de collecte des eaux de pluie qui vise à promouvoir le développement du stockage de l'eau par le développement des infrastructures, avec un

accent particulier sur les barrages polyvalents, le renforcement de la collecte des eaux de pluie sur les toits et les eaux de ruissellement des réseaux routiers, et incluant des mesures de conservation des sols et de l'eau ainsi comme techniques de recharge des nappes phréatiques par infiltration dans les zones rurales et urbaines. Toutes ces mesures visent à apporter une contribution significative à la réduction des risques d'inondation et de sécheresse, ainsi qu'à la résilience qui en résulte au changement climatique.

- Selon la politique et stratégie nationale de 2010 pour les services d'approvisionnement en eau et d'assainissement, les systèmes de captage des eaux de pluie seront promus comme une source d'eau complémentaire pour les ménages et les bâtiments publics, ainsi qu'un autre moyen de réduire les risques d'impact de ruissellement et d'augmenter l'approvisionnement en eau disponibilité à des fins d'hygiène, en particulier dans des endroits qui ne pourraient autrement être approvisionnés que par dragage.

Conclusion

Le district de Musanze souffre de nombreux impacts liés aux eaux pluviales dus à la pauvreté, topographie et à la quantité des précipitations reçues par cette région. La gestion des eaux pluviales est une solution optimale pour résoudre les problèmes liés aux impacts causés par les pluies torrentielles dans ce district comme les inondations, érosion ravageuse, dégradation considérable des terres et glissement de terrain, elle présente aussi un rôle important dans la satisfaction de la demande de l'eau dans communauté du district de Musanze. Par ailleurs, il y a un manque d'informations de base sur l'état du système de gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze afin de pourvoir une amélioration. Dans cette étude il était question d'identifier : (1) la situation actuelle des eaux pluviales dans le district de Musanze et leurs conséquences (2) les défis et les opportunités dans la promotion de la collecte et gestion des eaux de pluie dans le district de Musanze (3) les méthodes de gestion des eaux pluviales facilement abordables qui peuvent être adoptées pour faire face à ce problème. Les résultats de cette étude montrent que 62,96% et 14,81% de la population enquêtées sont les agriculteurs et les gens qui font des travaux agricoles occasionnels respectivement, qui sont très vulnérable à des fortes pluies dans ce district de Musanze. 77.78% des répondants affirment que les précipitations ont augmentées dans le district de Musanze au cours de dix dernières années. Parmi les défis existant dans le domaine de gestion des eaux pluviale au niveau de la communauté locale du district de Musanze, nombreux disent que les infrastructures coûteuses est l'un des problèmes majeurs (répondu par 96.3% de la population enquêtée) suivi par la manque de connaissance d'installation des infrastructures de gestion des eaux pluviales (répondu par 18.52% de la population enquêtée). En plus de cela, il y a une très faible intervention des différents acteurs dans la résolution de la présente problématique. Comme les opportunités existant dans ce domaine; Il existe des politiques, des lois et des réglementations et les schémas directeurs de gestion des terres et de gestion des eaux pluviales. Vu que la population locale du district de Musanze (spécifiquement dans la zone d'étude; Secteurs de cyuve, Muko et Busogo) est pauvre et que la quantité des précipitations est très élevée dans cette région ce qui rend difficile la communauté locale de s'adapter, il est nécessaire que les investissements soient faites pour aider cette communauté pour faire face à ce problématique. De plus, la gestion des eaux pluviales est une affaire de tous, c'est pour cela que les ONG ainsi que le secteur privé devraient aussi donner un coup de main dans la résolution de la problématique des eaux pluviales dans la zone d'étude. Quant à la municipalité, il est important de réveiller la conscience de la communauté locale envers les différentes pratiques de contrôle d'érosion existant et aussi d'adopter les différents systèmes de récupération, stockage et utilisation de l'eau de pluie selon leur moyen. Il est aussi impératif d'interdire de laisser l'eau de pluie s'écouler sur la propriété voisine. La municipalité devrait

aussi créer un département de gestion des eaux pluviales au niveau du district et mettre en place son budget spécial.

Références bibliographiques

- Adaptation Fund. (2013). *Request From Rwanda for Project Funding.Final draft*.
- African Union. (2020). *Draft Africa Climate Change Strategy 2020 - 2030*. 1–90.
- Ahouangan, M. B. D., Djaby, B., Ozer, P., Hountondji, Y. C., Thiry, A., & De Longueville, F. (2010). Adaptation et résilience des populations rurales face aux catastrophes naturelles en Afrique subsaharienne. Cas des inondations de 2010 dans la commune de Zagnanado, Bénin. *Eau, Milieux et Aménagement. Une Recherche Au Service Des Territoires*, 265–278.
- Asumadu-Sarkodie, S. (2015). Situational Analysis of Flood and Drought in Rwanda. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 6(8), 960–970. <https://doi.org/10.14299/ijser.2015.08.013>
- Britto, A. L., & Barraqué, B. (2020). La gestion des eaux pluviales en ville: regard croisés sur Paris et Rio de Janeiro. *Risco Revista de Pesquisa Em Arquitetura e Urbanismo (Online)*, 18(2), 20–34. <https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v18i2p20-34>
- Chocat, B., Bertrand-Krajewski, J. L., & Barraud, S. (2007). Eaux pluviales urbaines et rejets urbains par temps de pluie. *Eaux Pluviales Urbaines et Rejets Urbains Par Temps de Pluie*, 2(W 6800).
- Chocat, B., Bohr, B. N., & Cedex, V. (2014). *Pollution des eaux pluviales*.
- Deutsch, J. (2003). *L' évolution des techniques*. 17–26.
- Eakin, H., & Lynd Luers, A. (2008). *Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. May 2014*, 1–33. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>
- FAO. (2005). *Profil de Pays – Rwanda*. <http://www.fao.org/3/i9865fr/I9865FR.pdf>
- Gemenne, F., Blocher, J., De Longueville, F., Vigil diaz telenti, S., Zickgraf, C., Gharbaoui, D., & Ozer, P. (2017). Changement climatique, catastrophes naturelles et déplacements de populations en Afrique de l’Ouest. *Geo-Eco-Trop*, 41(3), 317–337.
- Givone, P. (2005). Détermination des risques d’inondation, effets de l’aménagement de l’espace. *Comptes Rendus - Geoscience*, 337(1–2), 229–241. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2004.10.007>
- Gond, V., & Doumenge, C. (2012). *Climat et changement climatique en Afrique centrale*.
- GoR. (2013). *Request from Rwanda for project funding from adaptation fund. Final draft*. 160.
- GoR. (2019). *Rwanda Environment and Climate Change Analysis*. 1–26.
- Hubert, P. (2005). La prédétermination des crues. *Comptes Rendus - Geoscience*, 337(1–2), 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2004.08.008>
- IFDD. (2015). *Guide du bâtiment durable en régions tropicales*.
- Le Jallé, C. (2013). La gestion des eaux pluviales (GEP) en milieu urbain dans les pays en développement. Etat des lieux et pistes de réflexions pour un futur programme de recherche action. *Ingénieries*, 21(2), 1–38. http://aldeau.com/ouvrages_libres/21.pdf

- Lebel, T., & Vischel, T. (2005). Climat et cycle de l'eau en zone tropicale: Un problème d'échelle. *Comptes Rendus - Geoscience*, 337(1–2), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2004.08.011>
- Mburia, R. (2015). *Africa Climate Change Policy: An adaptation and development challenge in a dangerous world*. 1–40.
- Milin, S., Le Jallé, C., & Gènevaux, C. (2016). *Services d'eau et d'assainissement face au changement climatique*.
- MININFRA, Gashagaza, J. B., & Mbonigaba, J. J. (2004). *Programme des Infrastructures et de Gestion Urbaine (PIGU). Cadre de Gestion Environnementale et Sociale (CGES) pour le Projet d'Infrastructures et de Gestion Urbaine*. <http://www.statistics.gov.rw>
- MININFRA, Giovannetti, F., & Jay, G. (2004). *Cadre de politique de recasement : document provisoire*.
- MINITERE. (2003). *“Politique nationale de l'environnement”*.
- MINITERE. (2006). *Pana-Rwanda: Programmes d'action nationaux d'adaptation aux changements climatiques*.
- Mpounza, M., & Samba-Kimbata, M. J. (1990). Aperçu sur le climat de l'Afrique centrale occidentale. *Paysages Quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique, Orstom 31*, 31–41. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/34766.pdf
- Munyaneza, O., Majoro, F., Hagenimana, E., & Usabyisa, W. (2016). Impact Assessment of Hillside Rainwater Harvesting Ponds on Agriculture Income : Case Study of Ntarama Sector in Rwanda. *Journal of Water Resource and Protection*, 8(9), 844–854.
- Musanze District. (2015). *Integrated district development planning. Situation Analysis for Musanze District. Final version (Issue November)*.
- NISR. (2010). *EICV3 District profile. Musanze*.
- NISR. (2018). *EICV5 Main Indicators Report*.
- Nkomo, J. C., Nyong, A. O., & Kulindwa, K. (2006). The Impacts of Climate Change in Africa: The Stern Review on the Economics of Climate Change. *ResearchGate*, 1–51. <http://www.jstor.org/stable/27646844>
- Nouaceur, Z., Laignel, B., & Turki, I. (2013). Changements climatiques au Maghreb: vers des conditions plus humides et plus chaudes sur le littoral algérien. *Physio-Géo. Géographie Physique et Environnement*, 7, 307–323.
- Nsanzurwimo, A. (2004). *Etude analytique des communautés à sinarundinaria alpina en rapport avec leur milieu écologique*. 162.
- Ntezilyayo, A. (2014). *L'agriculture à l'horizon 2000 ou comment doubler la production vivrière au Rwanda*.
- Oguge, N. O. (2019). *Building resilience to drought among small-scale farmers in Eastern African drylands through rainwater harvesting: technological options and governance from a*

- food–energy–water nexus perspective*. 2, 265–276. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814820-4.00018-3>
- Osseyrane, M., Rivard, G., Kouadio, P., Lanoue, M., Rouleau, S., Bédard, J., Bédard, N., Boudreau, D., Brisson, D., Brouillette, D., Charron, A., Couture, M., Meunier, J., Cusson, M., Cyr, J.-F., Forget, B., Fuamba, M., Gendron, M., Girard, M., ... Osmann, M.-J. (2012). *Guide de Gestion des Eaux Pluviales: Stratégies d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain*.
- Ouermi, K. S., Paturel, J. E., Adounpke, J., Lawin, A. E., Goula, B. T. A., & Amoussou, E. (2019). Comparison of hydrological models for use in climate change studies: A test on 241 catchments in West and Central Africa. *Comptes Rendus - Geoscience*, 351(7), 477–486. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2019.08.001>
- PNUD. (2019). *La boîte climat Une trousse à outils d'apprentissage interactive sur le changement climatique Manuel scolaire*.
- Poulard, C., Berthier, E., Breil, P., Labbas, M., Henine, H., Hauchard, E., Radzicki, K., Une, M., Physique, M., & Ecoulements, D. E. S. (2013). La gestion des eaux pluviales coule de source , de l' amont à l' aval , du rural à l' urbain et vice-versa. *NOVATECH*, 1–10.
- Rahman, M. I. (2013). Climate Change: a Theoretical Review. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.7906/indecs.11.1.1>
- Rossi, G. (1991). Démographie et dynamique des versants: ou va le Rwanda? *Bulletin - Societe Geographique de Liege*, 27, 39–48.
- Shanahan, M., Shubert, W., Scherer, C., & Corcoran, T. (2014). *Le changement climatique en Afrique : Guide à l' intention des journalistes Le changement climatique en Afrique : Guide à l' intention des journalistes*.
- Sylvestre-loubier, M. A. (2019). *Analyse de l'intégration de mesures de gestion durable des eaux pluviales aux outils d'aménagement du territoire*. Université de Sherbrooke.
- Taithe, A. (2014). Le changement climatique dans la région des Grands Lacs. *Les Cahiers d'Afrique de l'Est / The East African Review*, 48, 37–50. <http://journals.openedition.org/eastafrica/383>
- Takahashi, M., Giambelluca, T. W., Mudd, R. G., DeLay, J. K., Nullet, M. A., & Asner, G. P. (2011). Rainfall partitioning and cloud water interception in native forest and invaded forest in Hawai'i Volcanoes National Park. *Hydrological Processes*, 25(3), 448–464. <https://doi.org/10.1002/hyp.7797>
- Tassin, B., & Thevenot, D. (1993). Rejets urbains par temps de pluie: pollution et nuisances: actes des troisièmes journées du diplôme d'études approfondies-Sciences et techniques de l'environnement-organisées les 14 et 15 mai 1992 à Paris. In *Revue Teledetection*.
- Thebault, E., Sage, J., Ferrier, V., H, B. K., Berthier, E., Thebault, E., Sage, J., Ferrier, V., H, B. K., & Saulais, M. (2020). *La gestion patrimoniale des ouvrages et aménagements dédiés à la gestion des eaux pluviales urbaines. Retour d'expérience auprès d'une sélection de 21 collectivités*.

WHO. (1991). Surface water drainage for low-income communities. *World Health Organization*, 93.

World relief. (2018). *Orientation manual Rwanda*. 1–16.

Yan, L., & Xu, X. (2010). Assessing the vulnerability of social-environmental system from the perspective of hazard, sensitivity, and resilience: A case study of Beijing, China. *Environmental Earth Sciences*, 61(6), 1179–1186. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0440-7>

Liste des illustrations

Figure 1: Localisation du district Musanze dans la province du Nord.....	14
Figure 2: Location des secteurs Busogo, Cyuve et Muko dans le district de Musanze	16
Figure 3: Variation des précipitations dans le district de Musanze au cours de ces dix dernières années.....	22
Figure 4: Les sources d'eau courantes utilisées par la communauté locale du district de Musanze	24
Figure 5: Présence du système de récupération d'eau de pluie dans la zone d'étude	25
Figure 6: Les outils utilisés par la communauté locale du district de Musanze pour récupérer et stocker l'eau de pluie.....	26
Figure 7: Utilisation de l'eau de pluie par la communauté des secteurs enquêtés du district de Musanze.....	26
Figure 8: Méthodes utilisées pour contrôler l'érosion dans la zone d'étude.....	29
Figure 9: Responsable de gestion des eaux pluviales selon la communauté locale du district de Musanze.....	31

Liste des tableaux

Tableau 1: Caractéristiques socio démographiques.....	31
Tableau 2: Les facteurs à l'origine des impacts accrus des fortes pluies	22
Tableau 3: Les défis liés la gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze	27
Tableau 4: Comparaison des trois secteurs enquêtés en termes de défis existant dans gestion des eaux pluviales	27
Tableau 5: L'existence des projets de gestion des eaux pluviales.....	30

Glossaire

Adaptation : est la diminution de la vulnérabilité par diminution à la fois de l'exposition à l'aléa et de ses effets potentiels en prenant en compte les caractéristiques de l'aléa (mise en place de dispositifs spécifiques du fait de la présence d'un aléa donné à un endroit donné).

Aléa naturelle : évènement ou phénomène naturel plus ou moins prévisible, hors de contrôle. On décrit un aléa par sa nature, sa localisation, sa fréquence (probabilité et/ou date d'occurrence) et son intensité.

Bassin versant : territoire où les eaux de ruissellement vont se concentrer dans un ensemble de cours d'eau ou d'égouts qui les acheminent vers un point appelé exutoire.

Catastrophe : Une catastrophe se définit comme un bouleversement total de la société causant des pertes en vies humaines, matérielles, économiques et environnementales et qui dépasse les capacités de la société touchée à y faire face avec ses propres ressources.

Changement climatique: les changements climatiques désignent un changement du climat attribué directement ou indirectement aux activités humaines qui altèrent la composition de l'atmosphère globale et qui s'ajoutent à la variabilité climatique naturelle observée sur des périodes de temps comparables

Crues : est une forte augmentation, un accroissement du débit et de la hauteur d'eau en écoulement d'un fleuve, d'une rivière, d'un cours d'eau.

Effet de serre : L'effet de serre est un processus naturel résultant de l'influence de l'atmosphère sur les différents flux thermiques contribuant aux températures au sol d'une planète.

Erosion : le processus de dégradation et de transformation du relief, et donc des sols, roches, berges et littoraux qui est causé par tout agent externe.

Eaux de ruissellement ou eaux pluviales: eau issue des précipitations atmosphériques qui s'écoule sur une surface

Glissement de terrain : est un phénomène d'origine sismique, géologique et géophysique où une masse de terre descend sur une pente, autrement dit un plan de glissement plus ou moins continu, plus ou moins plan ou incurvé.

Infiltration : Passage lent d'un liquide à travers un corps solide poreux, comme un sol

Inondation : Débordement d'eau qui submerge les terrains environnants. Elle peut être bénéfique quand elle est lente : apport de limons fertilisants. Elle peut être désastreuse quand elle est violente : ravine le sol et dépôt de matériaux grossiers et stériles.

Albédo : L'albédo est une grandeur sans dimension, représentant la fraction de l'énergie solaire globale réfléchi par une surface.

Mousson : Vent tropical régulier qui souffle alternativement pendant six mois de la mer vers la terre (*mousson d'été*, humide) et de la terre vers la mer (*mousson d'hiver*, sèche).

Position zénithale : la position du Soleil lorsqu'il est, étymologiquement, au-dessus de la tête de l'observateur.

Prévention d'un risque : est l'ensemble des mesures visant à anticiper aléas et impacts par divers moyens (apprentissage de gestes ou consignes à suivre en cas de problème, mise en place et respect de règles ou protocoles d'action...) afin de diminuer le risque global.

Prévision : est l'étude de l'aléa (nature, fréquence, localisation, intensité, voire date des événements majeurs) permettant un calcul plus précis du risque.

Nappe phréatique : Réservoir d'eau souterraine formée par l'infiltration des eaux de pluie et des nappes d'accompagnement des cours d'eau. On la rencontre à faible profondeur, elle alimente les puits et les sources d'eau potable.

Réseau de drainage : Ensemble des canalisations ou conduites reliées entre elles de manière ramifiée ou maillée.

Sécheresse : est un phénomène naturel caractérisé par un manque d'eau sur une durée suffisamment longue pour affecter les sols et la végétation

Sol imperméabilisée : une surface imperméabilisée est une zone où le ruissellement des eaux de pluie est prédominant, et leur percolation très limitée. Il s'agit des surfaces bétonnées: routes, parkings, entrées de garage, toits, aires de stockage.

Variabilité climatique : la variabilité climatique se réfère à la variation naturelle intra et interannuelle du climat.

Vulnérabilité : fragilité (effets néfastes prévisibles) d'un enjeu (population, activité et/ou construction humaines) face à un aléa.

Risque : éventualité d'occurrence d'un événement dommageable lié à l'exposition d'enjeux vulnérables à un aléa. L'aléa est alors perçu comme un danger.

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire administré pour collecter les informations au sein de la communauté locale

Ce questionnaire vise à collecter les informations sur la problématique des eaux pluviales dans le district de Musanze, les défis et les opportunités dans la promotion de la collecte et gestion des eaux de pluie dans le district, en fin de trouver une proposition d'une méthode de gestion des eaux pluviales facilement abordables qui peuvent être adoptées par la communauté locale. Les résultats seront partagés avec le district afin d'être utilisés dans la planification, la mise en œuvre des programmes, les projets et les activités visant à la gestion des eaux de pluie ainsi

h. Autre-----

12. Depuis combien de temps habitez-vous dans ce quartier ?

- a. Moins d'un an
- b. 1-5 ans
- c. 6-10 ans
- d. 11-15 ans
- e. 16-20 ans
- F. Plus de 20 ans

Moyens de subsistance

13. Quelles sont vos principales sources de revenus ?

- a. Agriculture
- b. Affaires
- c. Salaire mensuel
- d. Agriculture et affaires
- e. Agriculture et salaire mensuel

f. Travail occasionnel

g. Autres-----

14. Quelles sont vos principales sources de nourriture ?

- a. Je les cultive dans mon champ
- b. Au marché
- c. Tous les deux

d. Autre-----

15. Comment décririez-vous l'impact des fortes pluies sur les moyens de subsistance des habitants de cette région ?

- a. Très fort
- b. Fort
- c. Moyen
- d. Moins fort

16. En quoi les fortes pluies récentes ont-elles différé des années précédentes ? (En termes de timing, de volume, etc.). Par exemple, la pluie a augmenté de 20 % au cours des dix dernières années.

17. Selon vous, quels facteurs sont à l'origine de l'impact accru des fortes pluies ? Choisir une ou plusieurs réponses.

- a. Variabilité saisonnière ou Changement climatique
- b. Dégradation des terres
- c. Dégradation des zones humides

d. Manque de moyen de collecte des eaux de pluies

e. Pente

f. Autres-----

18. L'impact des fortes pluies sur la santé dans cette communauté a-t-il été accru ?

a. Oui

b. No

19. Si oui expliquez en détail les principaux problèmes de santé qui existent.

3. Présence d'infrastructures de récupération des eaux de pluie pour une utilisation multiple efficace

20. Quelles sont les sources d'eau courantes dans cette communauté?

a. Robinet

d. L'eau d'un lac

b. La source aménagée desservant

e. L'eau de pluie

c. L'eau de la rivière

f. Autre-----

21. Avez-vous installé le système de récupération d'eau de pluie?

a. Oui

b. No

Expliquez votre réponse.

22. Si no, envisagez-vous d'installer des infrastructures pour la collecte et la gestion des eaux de pluie ?

a. Oui

b. No

Pour quoi?

23. Quelles méthodes utilisez-vous pour collecter et stocker l'eau de pluie sur les toits ?

24. Qu'est-ce que vous utilisez de l'eau de pluie?

25. Quels sont les défis existants dans la gestion des eaux pluviales ?

- a. Infrastructure coûteux
- b. Manque de connaissances d'installation des infrastructures de gestion des eaux pluviales
- c. Manque de réglementation
- d. Manque de la nécessité
- e. Autre

Activités pour augmenter l'infiltration et la recharge des eaux souterraines.

26. Quelles méthodes utilisez-vous pour contrôler l'érosion des sols?

- a. Terrasses radicales
- b. Bandes de contour
- c. Pratiques agro forestières
- d. Etangs d'eau
- e. Irrigation à petite échelle.
- f. Autre-----

27. Y a-t-il des projets communautaires de gestion des eaux pluviales dans la région? Si oui, quels sont-ils et qui est chargé de les mettre en place ?

a. Oui

b. No

Qui finance ces projets?

- a. Institutions publiques
- b. Secteur privé
- c. ONG
- d. Individuellement
- e. Non applicable
- f. Autre-----

28. Expliquez brièvement comment les institutions publiques travaillent avec les communautés locales pour faire face aux problèmes causés par les eaux pluviales.

29. Y a-t-il des réglementations en place pour la mise en œuvre de la gestion des eaux pluviale au niveau de la communauté locale ? (Exemple la loi qui exige la prise en compte de gestion des eaux pluviales lors des travaux de construction.)

30. Selon vous, qui devrait être en charge de la gestion des eaux pluviales ? Pourquoi ?

- a. Institutions publiques
- b. Secteur privé
- c. ONG
- d. Individuellement
- e. Tous

Autre-----

31. Y a-t-il un système en place pour avertir les gens de l'émergence de fortes pluies dans la région afin qu'ils puissent se préparer ?

- a. Oui
- b. No

Si oui quels sont les canaux de communication utilisés ? Sont-ils efficaces?

32. Selon vous, quelle suggestion peut être une solution durable à l'impact des fortes pluies dans la région ?

Annexe 2 : Questionnaire administre pour collecter les informations au sein de la municipalité

A. Caractéristiques sociodémographiques des répondants

Nom de la personne interrogée:

Nom de la Province :

Nom du District :

Date de l'entretien:

Profession:

1. Comment décririez-vous l'impact des fortes pluies sur les moyens de subsistance des habitants de cette région ?

- a. Très fort
- b. Fort
- c. Moyen
- d. Moins fort

2. En quoi les fortes pluies récentes ont-elles différé des années précédentes ? (En termes de timing, de volume, etc.). Par exemple, la pluie a augmenté de 20 % au cours des dix dernières années.

3. Selon vous, quels facteurs sont à l'origine de l'impact accru des fortes pluies ? Choisir une ou plusieurs réponses.

- a. Variabilité saisonnière ou Changement climatique
- b. Dégradation des terres
- c. Dégradation des zones humides
- d. Manque de moyen de collecte des eaux de pluies
- e. Pente

f. Autres-----

4. Quels sont les défis existants dans la gestion des eaux pluviales ?

- f. Infrastructure coûteux
- g. Manque des compétences dans ce domaine
- h. Manque de réglementation
- i. Manque de la nécessité
- j. Autre-----

5. Quelles méthodes utilisez-vous pour contrôler l'érosion des sols?

- g. Terrasses radicales
- h. Bandes de contour
- i. Pratiques agro forestières
- j. Etangs d'eau
- k. Irrigation à petite échelle

Autre-----

6. Y a-t-il des projets communautaires de gestion des eaux pluviales dans la région? Si oui, quels sont-ils et qui est chargé de les mettre en place ?

- a. Oui
- b. No

Qui finance ces projets?

- g. Institutions publiques
- h. Secteur privé
- i. ONG
- j. Individuellement
- k. Non applicable
- l. Autre-----

7. Expliquez brièvement comment les institutions publiques travaillent avec les communautés locales pour faire face aux problèmes causés par les eaux pluviales.

8. Y a-t-il des réglementations en place pour la mise en œuvre de la gestion des eaux pluviales au niveau de la communauté locale ? (Exemple la loi qui exige la prise en compte de gestion des eaux pluviales lors des travaux de construction.)

9. Selon vous, qui devrait être en charge de la gestion des eaux pluviales ? Pourquoi ?

- f. Institutions publiques
- g. Secteur privé
- h. ONG
- i. Individuellement
- j. Tous

Autre-----

10. Y a-t-il un système en place pour avertir les gens de l'émergence de fortes pluies dans la région afin qu'ils puissent se préparer ?

- a. Oui
- b. No

Si oui quels sont les canaux de communication utilisés ? Sont-ils efficaces?

11. Selon vous, quelle suggestion peut être une solution durable à l'impact des fortes pluies dans la région ?

12. La gestion des eaux pluviales nécessite l'intervention d'un certain nombre d'acteurs multisectoriels. Quels sont ceux qui travaillent avec votre département pour la gestion des eaux pluviales dans le district de Musanze ?

13. Que prévoit votre département pour limiter la récurrence des inondations dans la ville

Annexe 3 : Quelques images des zones inondées du district Cyuve



Photo 1: Inondation dans les quartiers du secteur Cyuve. Source: Enquête sur le terrain; Le 15/07/2021



Photo 2: Inondation dans la rivière de Mpenge à cause de rivière cyuve venant des volcans. Source: Enquête sur le terrain; Le 14/05/2021