



Burundi : analyse des facteurs de risques, évaluation des dommages et propositions pour un relèvement et une reconstruction durables

Evaluation rapide conjointe suite à la catastrophe des 9-10 février 2014 aux alentours de Bujumbura



Disaster coverage by the International Charter 'Space and Major Disasters'. For more information on the Charter, which is about assisting the disaster relief organizations with satellite data and information, visit www.disastercharter.org

Stern and Floods

Production Date: 14/02/2014
Version 1.0
Activation Number: E20140211003

Legend

- Destroyed / Damaged Structures
- Highway/Primary Rd
- Secondary Rd
- Local/Urban Rd
- Footpath

Map Scale for A3: 1:6,000

Satellite Data (1): Phoenix
Imagery Date: 14 February 2014
Resolution: 3m
Copyright: UNOSAT 2013 - Distribution Author: Services / Spot Image
Satellite Data (2): QuickBird
Imagery Date: 3 September 2013
Copyright: GeoEye
Other Data: USGS (USGS, NASA, NOAA)
Analysis: UNOSAT / UNOSAT
Production: UNOSAT / UNOSAT
Analysis conducted with: UNOSAT
Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 35S
Projection: Mercator
Datum: WGS 1984

The acquisition and use of Unosatel, geographic names and related data shown here are not warranted to be accurate for any official endorsement or acceptance by the United Nations. UNOSAT is a program of the United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), providing satellite imagery and related geographic information, research and analysis to UN member states and development agencies and their implementing partners.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License.

UNOSAT
Contact information: unosat@unitor.org
SAT Hotline: +41 76 411 4388
www.unitor.org/unosat

Illustration 1. (page de couverture) Vue satellite en date du 14 février 2014 (image Pléiades © CNES 2013) traitée par UNITAR/UNOSAT et photo du 6 mars 2014, montrant les effets de la crue rapide au niveau du quartier de Gatunguru, Commune de Kinama

Suite à la mission d'évaluation des dommages du 3 au 14 mars 2014, le gouvernement du Burundi avec l'appui de ses partenaires techniques et financiers a développé ce rapport en trois sections : 1. « Analyse des facteurs de risques et caractérisation de l'événement », 2. « Evaluation des dommages causés aux infrastructures économiques et sociales » et enfin 3. « Priorités pour un relèvement et une reconstruction résilients ».

Neuf groupes de travail, listés en page 2 du résumé exécutif, ont contribué au développement de ce rapport, imprimé à Washington, DC, USA, le 14 avril 2014.

Crédits photo :

- Joachim Kagari, Régie de production et de distribution d'eau et d'électricité (REGIDESO)
- Mehdi Bouhlel, secrétariat technique du Projet de Développement du Secteur Routier (PDSR)
- Francois Nkurunziza, secrétariat technique du Projet de Travaux Publics et de Création d'Emplois (PTPCE)
- Dieudonné Buyoya, Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF)
- Jean-Baptiste Migraine, Banque mondiale

Cartes développées par l'IGEBU (sur fond topographique IGN 1982) et le Bureau d'étude CIRA (sur fond Google, dans le cadre de l'Etude sur la collecte des eaux pluviales). Images satellites Pléiades © CNES 2013 (traitée par UNITAR/UNOSAT) et DigitalGlobe (via GoogleEarth).

Clause de non-responsabilité: Les frontières, les couleurs, les dénominations et toute autre information figurant dans ce rapport n'impliquent aucun jugement sur le statut juridique d'un territoire, ni la reconnaissance de l'acceptation de ces frontières.

La mission d'évaluation rapide et le développement du rapport, tous deux coordonnés par la Plateforme Nationale de Prévention des Risques et de Gestion des Catastrophes (PNPRGC), ont été soutenu financièrement par les Nations Unies, la Banque mondiale et le Programme ACP-UE de Prévention des Risques liés aux Catastrophes Naturelles (ACP-EU NDRR), une initiative du Groupe des pays d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (ACP), financée par l'Union européenne (UE) et gérée par la Facilité mondiale pour la réduction des catastrophes et le relèvement (GFDRR).



Programme ACP-UE de Prévention des Risques liés aux Catastrophes Naturelles
une initiative du Groupe des pays d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique, financée par l'Union européenne et gérée par la GFDRR

AVANT PROPOS

Suite à la catastrophe survenue dans la nuit du 9-10 Février 2014, le Ministre des Finances et de la Planification du Développement Economique du Burundi a introduit une requête d'assistance adressée à Monsieur Philippe Dongier, Directeur des Opérations pour le Burundi, l'Ouganda et la Tanzanie, Banque Mondiale à travers la lettre n° 540.01/1057/CAB/JK/2014 en date du 21/02/2014.

En date du 26/02/2014, le Représentant Résident a.i de la Banque Mondiale au Burundi à travers la lettre n°NRF/CR/MN/044/2014 a réagi positivement en annonçant la mission d'évaluation des dommages, conduite par Monsieur Jean Baptiste Migraine, qui a séjourné au Burundi du 4-14 Mars 2014.

L'objectif de la mission était d'identifier les activités les plus pertinentes de relèvement et de développement durable en impliquant de façon coordonnée l'Union Européenne, le Système des Nations Unies et les autres partenaires directement impliqués.

En date du 4 Mars 2014, sous la coordination du Président de la Plateforme Nationale de Réduction des Risques et de gestion des catastrophes du Burundi, des équipes sectorielles impliquées directement à savoir les transports routiers, l'assainissement Urbain, l'Adduction en eau potable, les Marchés, l'électricité, l'agriculture, l'éducation, la santé, la Gestion durable des terres et de l'eau dans les bassins versants ainsi que la gestion des risques de catastrophes, ont été constituées pour travailler étroitement avec l'équipe de la Banque Mondiale.

En date du 13 Mars 2014, à l'Hôtel Club du Lac Tanganyika, grâce à l'appui du PNUD, un atelier a été organisé pour la restitution des travaux où des recommandations ont été formulées pour enrichir le document.

L'engagement de la Banque Mondiale et les autres partenaires techniques et financiers témoigne d'un esprit de solidarité envers le peuple burundais qui les a toujours caractérisés.

Au fur et à mesure que les travaux évoluaient, le Gouvernement du Burundi a été toujours tenu informé de l'analyse des risques, de l'évaluation des dommages et des propositions pour un relèvement et une reconstruction durables.

Ainsi donc, le Gouvernement du Burundi voudrait réitérer encore une fois, au nom du peuple burundais, ses sincères remerciements envers la Banque Mondiale qui a répondu positivement à l'appel lui lancé tout en encourageant les autres partenaires qui voudraient s'impliquer, à manifester leur volonté car la production de ce document constitue l'étape décisive pour embrayer d'abord sur le relèvement précoce, ensuite sur la réhabilitation et enfin sur la reconstruction.

Que nos remerciements soient adressés aussi au système des Nations Unies, à l'Union Européenne, à la Banque Africaine de Développement et les autres partenaires qui ne cessent d'être à nos côtés chaque fois que le gouvernement burundais leur fait appel que ce soit dans la prévention, mitigation, préparation et réponse aux catastrophes.



Ce document fait siens les principaux engagements des différents acteurs présents dans le pays pour la cause des populations en situation d'urgence et face aux principes humanitaires.

La mise en œuvre de ce document recommande la collaboration de tous les acteurs en s'appuyant sur les quatre piliers humanitaires à savoir une bonne coordination, le leadership, un partenariat fort et la mobilisation des ressources pour sa mise en œuvre.

J'invite donc les partenaires techniques et financiers et les groupes sectoriels directement concernés à faire leur le contenu de ce document afin de le mettre à profit pour l'intérêt de la population en détresse tout en leur garantissant le soutien indéfectible du gouvernement.

Vive la solidarité entre les peuples et vive la coopération internationale.

Je vous remercie

**Le Ministre des Finances et de la Planification du
Développement Economique**

Hon. Tabu Abdallah MANIRAKIZA

P.o. Secrétaire d'Etat
Ministère des Finances
et du Développement Economique



Sigles et abréviations

CIGRC	Commission Interministérielle pour la Gestion des Risques et des Catastrophes
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GFDRR	Facilité mondiale pour la prévention des risques de catastrophes et le relèvement - <i>Global Facility for Disaster Reduction and Recovery</i>
GIZ	Agence allemande de coopération internationale
IGEBU	Institut Géographique du Burundi
INDS	Infrastructure Nationale de Données Spatiales
OIM	Organisation Internationale pour les Migrations (<i>IOM</i>)
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PAM	Programme Alimentaire Mondial (<i>WFP</i>)
PDSR	Projet de Développement du Secteur Routier
PFNPRGC	Plateforme Nationale de Prévention des Risques et de Gestion des Catastrophes
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement (<i>UNDP</i>)
PTPCE	Projet de Travaux Publics et de Création d'Emplois
SIG	Système d'Information Géographique
UNICEF	Fonds des Nations Unies pour l'enfance
UNOSAT	Programme opérationnel pour les applications satellitaires de l'Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche (<i>UNITAR</i>)

Table des matières

Avant-Propos	iii
Résumé exécutif	2
Executive Summary	9
1. Analyse des facteurs de risques et caractérisation de l'événement	16
1.1. Analyse des paramètres hydrométéorologiques et physiques	18
1.1.1. Pluies et saturation des sols (liée aux pluies tombées dans les jours précédents).....	18
1.1.2. Ruissellement, érosion, effondrement et débordements de cours d'eau.....	21
1.1.2.1. <i>La taille du bassin versant et la distance entre les précipitations et les enjeux</i>	21
1.1.2.2. <i>La topographie et la pente</i>	21
1.1.2.3. <i>La profondeur, l'état et le type de sols</i>	22
1.1.2.4. <i>Le couvert végétal</i>	23
1.1.2.5. <i>L'inadéquation de l'assainissement des eaux pluviales dans les zones urbanisées</i>	24
1.1.2.6. <i>Le ravinement, lié notamment au niveau du lac Tanganyika</i>	26
1.1.3. Aléa sismique.....	29
1.1.4. Glissements de terrain et/ou obstruction temporaire du lit des rivières.....	29
1.2. Analyse de l'exposition.....	32
1.2.1. Commune de Buterere	32
1.2.2. Commune d'Isale.....	34
1.2.3. Commune de Kamenge.....	35
1.2.4. Commune de Kinama	37
1.2.5. Commune de Mutimbuzi	39
1.3. Analyse de la vulnérabilité des infrastructures	40
1.3.1. Réseau routier (routes et ponts)	40
1.3.2. Infrastructures scolaires	42
1.3.3. Marchés.....	43
1.3.4. Réseau d'adduction en eau potable.....	43
1.3.5. Réseau de collecte des eaux pluviales	44
1.3.6. Réseau de collecte des eaux usées	44
1.3.7. Réseau électrique	44
1.3.8. Centres de santé	44
2. Evaluation des dommages causés aux infrastructures économiques et sociales	45
2.1. Réseau routier (routes et ponts).....	47
2.1.1. Destructions au niveau de la RN1 et la rivière Gasenyi et en aval.....	47
2.1.2. Eboulement des talus de déblais	49
2.1.3. Effondrement côté remblai	50

2.1.4. Obstruction ou destruction des buses et autres ouvrages d'assainissement ou de drainage	51
2.1.5. Ouvrages d'art (ponts)	51
2.2. Infrastructures scolaires	53
2.3. Infrastructures agricoles et périmètres irrigués	55
2.4. Marchés	56
2.5. Réseau d'adduction en eau potable	57
2.6. Réseau électrique	60
2.7. Réseau de collecte des eaux usées	61
2.8. Centres de santé	62
2.9. Réseau de collecte des eaux pluviales	62
3. Priorités pour un relèvement et une reconstruction résilients	63
3.1. Transports routiers	65
3.1.1. Soutènements et reconstruction des rives de chaussée	69
3.1.2. Drainage souterrain par éperons	70
3.1.3. Traitement des ravinements (RN1 PK6+400 à PK8+200).....	71
3.1.4. Reconstruction d'ouvrages hydrauliques	72
3.1.5. Autres mesures de protection	73
3.1.6. Mesures de long terme	73
3.2. Réseaux d'assainissement.....	75
3.2.1. Réseau de collecte des eaux pluviales.....	75
3.2.2. Réseau de collecte des eaux usées	77
3.3. Réseau d'adduction en eau potable	78
3.4. Marchés	79
3.5. Réseau électrique	80
3.6. Infrastructures agricoles et périmètres irrigués	80
3.7. Infrastructures scolaires	81
3.8. Infrastructures de santé	82
3.9. Gestion durable des terres et de l'eau	83
3.10. Gestion des risques de catastrophes.....	84
3.10.1. Suivi des phénomènes dangereux, prévision et alerte.....	85
3.10.2. Développement d'une cartographie des zones à risques.....	86
3.10.3. Mise en place et équipement des brigades de riverains pour le suivi des points critiques (notamment en matière de drainage)	88
3.10.4. Prise en compte des risques dans le schéma directeur d'urbanisme, le schéma directeur d'assainissement pluvial, l'activité minière et les plans de développement locaux	88
3.10.5. Rendre opérationnelle l'école de protection civile	89
Références.....	90

Table des illustrations

Illustration 1.	(page de couverture) Vue satellite en date du 14 février 2014 (image Pléiades © CNES 2013) traitée par UNITAR/UNOSAT et photo du 6 mars 2014, montrant les effets de la crue rapide au niveau du quartier de Gatunguru, Commune de Kinama	ii
Illustration 2.	Image DigitalGlobe du 18 juillet 2011 montrant l'exploitation des carrières dans le lit de la rivière Gasenyi.....	16
Illustration 3.	Etendue des phénomènes hydrométéorologiques (crue rapide et inondations) observés lors de la catastrophe	18
Illustration 4.	Distribution journalière entre le 1 ^{er} et le 10 février 2014 au niveau des six pluviomètres couvrant le territoire national.....	19
Illustration 5.	Précipitations enregistrées au niveau des six pluviomètres de l'IGEBU au cours du mois de février 2014, comparées à la moyenne sur 30 ans.....	19
Illustration 6.	Distribution des pluies entre le 1 ^{er} et le 10 février 2014.....	20
Illustration 7.	Moyennes des précipitations et températures au Burundi entre 1972 et 1998.....	20
Illustration 8.	Cinq bassins versants ont contribué aux inondations aux alentours de Bujumbura, en plus de la rivière Gasenyi ayant engendré un phénomène de crue rapide.....	21
Illustration 9.	Profil en long du Mirwa vers l'Imbo (au bord du lac).....	22
Illustration 10.	L'escarpement et la quasi-absence de couvert végétal expose le sol à l'érosion.	22
Illustration 11.	Zones présentant un déficit d'assainissement pluvial (en orange) ; les flèches rouges pointent vers les zones ayant été particulièrement affectées par les inondations (Source : Etude sur la collecte et l'évacuation des eaux pluviales).....	24
Illustration 12.	Evolution de la surface urbanisée de Bujumbura depuis 1907 et tendances actuelles de l'urbanisation (source : Schéma directeur d'aménagement urbain).....	25
Illustration 13.	Le large collecteur de Kibonangoma (à gauche) se déverse dans dans un canal non maçonné (au centre) et l'exutoire étroit de la 22 ^{ème} avenue (à droite).....	26
Illustration 14.	Schémas directeurs d'assainissement et d'urbanisation (2012 et 2013)	26
Illustration 15.	Ravin de Kamessa en périphérie de la ville (à gauche) ; proximité des écoulements de la Nyabagere et des habitations (à droite).....	27
Illustration 16.	Ecoulements torrentiels et divagations naturelles des rivières Nyakabugu, Cari, Nyabagere dans la plaine de l'Imbo (Source : Etude sur la collecte et l'évacuation des eaux pluviales).....	27
Illustration 17.	Evolution du niveau du lac Tanganyika entre 1950 et 2005 (source : IGEBU-PAM : Modèles SIG sur les risques d'inondations de la ville de Bujumbura)	28
Illustration 18.	Zone potentiellement inondable pour un niveau de 776 m (source : IGEBU-PAM : Modèles SIG sur les risques d'inondations de la ville de Bujumbura)	28
Illustration 19.	Localisation (en rouge) des glissements de terrain objets de l'étude Nigibira & al. « La vallée du rift est-africain face aux risques gravitaires : Cas de Bujumbura » (septembre 2013) – projection sur la carte IGN 1982.....	29
Illustration 20.	Série d'images satellites DigitalGlobe de 2007 à 2013 montrant l'évolution du site d'exploitation de la carrière et l'obstruction du lit de la rivière Gasenyi	30
Illustration 21.	Le tracé en bleu est l'enregistrement, au GPS, du centre du nouveau lit de la rivière Gasenyi. Les photos 1 et 2 montrent les traces d'une retenue temporaire. La photo 3 le versant de la colline, totalement déstructuré, qui continue à s'affaisser.....	31
Illustration 22.	Image satellite montrant la crue rapide en aval de la RN1 au niveau du quartier de Gatunguru	31
Illustration 23.	Limites des communes de Buterere, Isale, Kamenge, Kinama, et Mutimbuzi, les plus impactées par la catastrophe	32

Illustration 24.	Occupation des sols de la commune de Buterere	33
Illustration 25.	Infrastructures économiques et sociales de Buterere.....	34
Illustration 26.	Carte des potentialités économiques à Kamengé	35
Illustration 27.	Réseau de collecte des eaux pluviales de Kamenge	36
Illustration 28.	Occupation des sols de la commune de Kinama	37
Illustration 29.	Réseau de collecte des eaux pluviales de la commune de Kinama	38
Illustration 30.	Ouvrage obstrué sur la route nationale 1 (à 8,2 km de Bujumbura).....	45
Illustration 31.	Aperçu des dommages aux infrastructures.....	46
Illustration 32.	Localisation des dommages sur les routes RN1, RN4, RN5, et RN9.....	47
Illustration 33.	Erosion au niveau de la RN1 au passage de l’ouvrage Gasenyi.....	48
Illustration 34.	Erosion le long de la RN1 en aval de l’ouvrage Gasenyi	48
Illustration 35.	Eboulement des talus de déblai ayant provoqué l’effondrement de la chaussée sur la RN1 au PK11+500 (Muberure).....	49
Illustration 36.	Effondrement du remblai de la RN1 au PK20+500	50
Illustration 37.	Effondrement d’une partie du remblai et de l’accotement de la plate-forme routière sur la RN1 au PK11+500 dans la commune de Muberure.....	51
Illustration 38.	Pont Gikoma sur la RN9 (PK6+700)	52
Illustration 39.	Six salles de classe endommagées et recouvertes de boues à l’école Gasenyi III (à gauche) ; L’école de Kamenge II est totalement hors d’usage (à droite).....	53
Illustration 40.	Marché de Kamengé le 10 février 2014.....	56
Illustration 41.	Captage raviné de la source de Gatunguru et bâtiment de l’aérateur en cascades endommagé	57
Illustration 42.	Canal d’amenée d’eau brute affaissé sur la rive gauche de la rivière Ntakangwa.....	58
Illustration 43.	Réparations provisoires sur conduites DN 300 A (à gauche) et DN 700 F (à droite) - pont du Peuple Murundi.....	58
Illustration 44.	Réparation provisoire sur conduite DN 200 F (à gauche) au point de passage de la Nyabagere au pont de Kamenge.....	59
Illustration 45.	Ligne électrique moyenne tension tombée au niveau du chantier du site présidentiel le long de la RN1	60
Illustration 46.	Sédimentation à la jonction des rivières Nyabagere et Kinyankonge au niveau du site de la station d’épuration des eaux usées de Buterere.....	61
Illustration 47.	Travaux de remise en état du canal d’amenée d’eau vers l’usine d’eau potable de Ntakangwa	63
Illustration 48.	Investissements pour un relèvement et une reconstruction résilients	64
Illustration 49.	Murs poids en gabions	69
Illustration 50.	Gabions en terre armée (Terramesh).....	70
Illustration 51.	Drainage souterrain par éperon	71
Illustration 52.	Traitement des ravinements	72
Illustration 53.	Propositions d’aménagement pour l’ouvrage RN1 au niveau de la rivière Gasenyi	72
Illustration 54.	Propositions d’aménagement pour l’ouvrage RN1 au niveau de la rivière Gikoma.....	73
Illustration 55.	Propositions à court, moyen et long terme pour la réhabilitation et le développement du réseau routier	74
Illustration 56.	Interventions préconisées pour améliorer le drainage	76
Illustration 57.	Contribution des différentes pratiques de gestion durable des terres à l’adaptation aux changements climatiques et à la gestion des risques de catastrophes.....	84

Résumé exécutif

I. Contexte

Une pluie importante s'est abattue sur Bujumbura et ses environs dans la nuit du 9 au 10 février 2014 (jusqu'à 80 mm de précipitations enregistrés entre 20h et 23h30 le 9 février). Ces précipitations ont engendré des ruissellements importants sur les pentes voisines, des glissements de terrain et la rupture d'une retenue spontanée sur la rivière Gasenyi, en amont d'un quartier populaire non viabilisé (Gatunguru), dans lequel la plupart des victimes résidaient. Les pluies ont par ailleurs provoqué le débordement des rivières Gikoma et Nyabagere et inondé la plaine en bordure du lac Tanganyika. Les communes de Buterere, Isale, Kamenge, Kinama et Mutimbuzi ont subi plus de 80% des dommages. Près de 1 000 habitations se sont effondrées, un grand marché a été emporté, 20 000 personnes se sont retrouvées sans abri, et 77 morts ont été recensées. En termes d'infrastructures, l'événement a endommagé les routes, les ponts, les réseaux d'adduction en eau potable et d'électricité ainsi que deux marchés.

II. Objectif de l'évaluation et méthodologie

Objectif

L'objectif de cette évaluation est de déterminer les facteurs de risques, les dommages et les activités permettant de contribuer à la réhabilitation, à la reconstruction et à la sauvegarde des infrastructures. Ce rapport accorde une importance particulière aux secteurs de l'urbanisme, de l'eau et de l'assainissement et des transports routiers ; le système des Nations Unies s'est focalisé sur les secteurs de l'éducation, de la santé et de l'agriculture ; l'Union européenne a apporté des contributions dans les secteurs du transport routier et du développement rural.

Ce rapport est en trois parties : (i) analyse de l'aléa, de l'exposition et de la vulnérabilité des infrastructures et identification des facteurs de risque sous-jacents, (ii) évaluation quantitative des dommages pour chaque secteur, et description des principaux problèmes qui en découlent pour l'économie et la population, (iii) proposition, avec un ordre de priorité, des activités de relèvement, de reconstruction et de gestion des risques de catastrophes afin de réduire les impacts lors de la survenue d'événements comparables dans le futur.

Coordination des activités et partage des connaissances

Les agences et programmes des Nations Unies (PNUD, UNICEF, PAM, FAO, OIM), l'Union européenne, la Banque Africaine de Développement, la Croix-Rouge Burundaise et la Banque mondiale ont collaboré étroitement pour appuyer le gouvernement dans le développement de cette évaluation. La participation de la Banque mondiale était appuyée financièrement par le Programme ACP-EU de Prévention des Risques liés aux Catastrophes Naturelles, une initiative du Groupe des pays de l'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique financée par l'Union

européenne et mise en œuvre par la GFDRR. Lors d'une réunion de concertation le 4 mars, les services techniques du gouvernement et les partenaires techniques et financiers ont mis en place un comité technique et des groupes de travail avec un partage des responsabilités pour la coordination des différentes sections de l'analyse :

Tâches	Point focal chargé de la coordination de la tâche	Partenaire
Coordination du rapport	Président de la Plateforme Nationale pour la Prévention des Risques et de Gestion des Catastrophes (Edouard Nibigira, 78 650 448, nibigiraed@yahoo.fr)	Banque mondiale (Jean-Baptiste Migraine, jmigraine@worldbank.org)
Caractérisation de l'événement et des risques sous-jacents	Ministère de l'eau, de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme (Godefroid Nshimirimana, IGEBU, 77 746 828, nshimigode@yahoo.fr)	Banque mondiale (Jean-Baptiste Migraine, jmigraine@worldbank.org)
Eau et assainissement	REGIDESO (Sindayigaya Leonidas, 78 150 401, sindleonidas@yahoo.fr) Directeur-Général des infrastructures hydraulique et de l'assainissement (Tita Nionz, 78 244 408 / 79 458 884, niyonzt@yahoo.fr)	Banque mondiale (Oumar Diallo, odiallo@worldbank.org)
Développement urbain	Directeur-Général de l'Urbanisme (Amissi Ntangibingura, 77 094 000, ntangib@yahoo.fr) Projet de Travaux Publics et Gestion Urbaine (Pascal Midende, 79 999 595, pmidende@ptpce@cbinet.net)	Banque mondiale (Patrice Rakotoniaina, prakotoniaina@worldbank.org)
Transport routier	Directeur-Général de l'Office des Routes (Désiré Masumbuko, 79 960 490, masumbukodesire@gmail.com) Projet de développement du secteur routier (Marguerite Rufyikiri, 79 916 086, mrufyikiri@odr-pdsr.bi; Mehdi Bouhlel, 79 943 898, mehdi.bouhlel@studi.com.tn)	Banque mondiale (Alexandre K. Dossou, adossou@worldbank.org) Union européenne (Egide Niyogusaba, 77 779 500, egide.niyogusaba@eeas.europa.eu)
Infrastructures scolaires	Point focal enseignement de base (Jean-Marie Rurankiriza, 79 961 499, rurajm@yahoo.fr) Point focal enseignement supérieur (Jean-Marie Sabushimike (79 566 653, sabjm2000@yahoo.fr)	UNICEF (Matteo Frontini, 79 937 505, mfrontini@unicef.org ; Dieudonné Buyoya, 79 936 358, dbuyoya@unicef.org)
Infrastructures agricoles et périmètres irrigués	Cabinet du Ministre de l'agriculture et de l'élevage (à confirmer)	FAO (Massimo Giovanola, 78 751 586, massimo.giovanola@fao.org ; Prosper Ruberintwari, 78 460 639, prosper.ruberintwari@fao.org) PAM (Claude Kakule, 79 984 494, claude.kakule@wfp.org) Union européenne (Olivier Lefay, 79 241 421, olivier.lefay@eeas.europa.eu)
Relèvement communautaire	Directeur-Général de l'Urbanisme (Amissi Ntangibingura, 77 094 000, ntangib@yahoo.fr)	PNUD (Floribert Kubwayezu, 76 224 333, floribertkubwayezu.ppcsrc@gmail.com) OIM (Temerza Tesfai, ttesfai@iom.int) UN-HABITAT (Angela Hakizimana, angela.hakizimana@unhabitat.org ; Cosmas Wambua, cosmas.wambua@unhabitat.org)
Infrastructures de santé	Ministère de la santé (Spès Ndayishimiye, 79 931 777, nsps91@yahoo.fr)	OMS (Jérôme Ndaruhutse, 79 178 569, ndaruhutsej@who.int)

Le travail au cours de l'évaluation a favorisé le partage de connaissance et l'organisation des ressources documentaires. Les données techniques sur l'événement, sur les dommages et les recommandations sont toutes intégrées dans une carte libre de droits, projetée sur le fond topographique IGN-IGEBU officiel et disponible à l'adresse

<https://www.dropbox.com/s/xe4ta4pvw74y8y6/CarteBujumbura9-10Feb2014.kmz> (le fichier de 13 Mo s'ouvre avec GoogleEarth). Toutes les contributions reçues et les connaissances développées par la mission sont disponibles dans le dossier partagé <https://www.dropbox.com/sh/rn6qbm7rpuzlto/vr6WZz30NP>.

III. Résultats de l'évaluation

La combinaison de pluies violentes et de la rupture d'un barrage spontané ont contribué à la catastrophe

La caractérisation de l'événement et des risques a pris en considération des enquêtes de terrain, l'analyse d'images satellitaires et les connaissances des experts dans les secteurs du développement urbain, de l'eau, de l'assainissement, des transports, de l'hydrométéorologie, de la gestion durable des terres et de la gestion des risques de catastrophes.

La pluviométrie, 80 mm enregistrés entre le 9 et le 10 février 2014, constitue un événement d'une période de retour environ décennale, et n'aurait pas dû causer de dommages importants aux infrastructures. Les principaux facteurs ayant contribué à la catastrophe sont : (i) la concentration de ces précipitations sur une durée réduite (entre 20h et 23h30 le 9 février) et (ii) la création puis rupture d'une retenue temporaire dans la rivière Gasenyi (environ 15 000 m³). La retenue étant liée à l'exploitation des carrières, une période de retour ne peut pas être calculée pour cet événement.

Le pays ne dispose pas d'enregistreurs sismiques et il n'est donc pas possible d'écarter totalement la possibilité de la survenue d'un tremblement de terre de très petite amplitude en parallèle de la pluie (les séismes inférieurs à 3 sur l'échelle de Richter ne sont pas détectés par les réseaux internationaux).

La rupture brutale de la retenue temporaire est responsable de plus de 50% des dommages et de l'essentiel des victimes. Dans le bassin versant de la rivière Gasenyi, en amont de la RN1, une déstructuration de la colline au niveau du site d'exploitation d'une carrière a bloqué le lit de la rivière. Les camions, empruntant le lit de la rivière pour l'exploitation de la carrière, ont tassé le barrage, lui permettant de stocker un volume important eu égard à la taille réduite du bassin versant (4 km²). Les eaux ont rejoint l'aval sous forme d'une violente lame d'eau charriant de grandes quantités de roches et de terre selon la ligne de plus grande pente (sans suivre le cours de la rivière Gasenyi) et ont surpris la population en pleine nuit dans le quartier de Gatunguru, en rasant le marché et les habitations. La lame d'eau a continué vers l'aval à travers Carama dans la commune de Kinama.

Les écoulements importants en provenance d'autres bassins versants (hors Gasenyi) ont contribué l'autre moitié des dommages observés (notamment au niveau du marché de Kamenge, du pont de la Chaussée du Peuple et le long des routes nationales). Dans ces zones, de nombreux facteurs ont contribué à aggraver le risque lié aux ruissellements des eaux pluviales, notamment (i) la dégradation des sols, liée aux pratiques agricoles inadaptées sur des fortes pentes et à une déforestation en amont. Cette dégradation réduit le potentiel d'infiltration des sols et contribue à la concentration rapide des débits depuis les bassins

versants vers les zones urbanisées ou agricoles, (ii) le manque de coordination entre l'urbanisation et l'assainissement, l'inadéquation du dimensionnement du système de collecte des eaux pluviales (Carama) et l'implantation d'habitations et d'infrastructures sociales dans les zones réputées pour leur caractère inondable (Buterere, Gatunguru), et (iii) l'absence d'un système de surveillance et d'alerte, qui aurait pu permettre de repérer le danger lié à la retenue dans le lit de la rivière qui était présent depuis 2008, et évacuer les populations de manière préventive à l'annonce de la forte pluie (la prévision était disponible 24h avant l'événement). Chacun de ces facteurs est influencé par des paramètres historiques, environnementaux, topographiques et sociaux qui sont développés dans ce rapport.

Des dommages ciblés menacent le pays d'isolement

L'évaluation des dommages causés aux infrastructures économiques et sociales a été menée de manière systématique par les différents groupes de travail, sur la base de l'évaluation du coût de reconstruction à l'identique. Les dommages sont au total de **6,9 milliards FBu**¹ pour les infrastructures (soit 0,18% du PIB), répartis en :

- 3,5 milliards FBu pour les routes,
- 775 millions FBu pour les ponts,
- 675 millions FBu pour les écoles,
- 650 millions FBu pour les infrastructures agricoles,
- 640 millions FBu pour les marchés,
- 627 millions FBu pour le système d'adduction en eau potable et
- 80 millions FBu pour le réseau électrique.

L'évaluation des dommages aux infrastructures a été menée par les groupes listés au paragraphe 6. Les unités de mise en œuvre des projets Secteur routier (P064876) et Travaux Publics Gestion Urbaine (P112998) ont fortement appuyé ce travail d'évaluation. Au-delà des dommages aux infrastructures, environ 2,5 milliards FBu ont été perdus en termes de récoltes (estimation provisoire par le Ministère en charge de l'agriculture et la FAO). Plus de 3 000 habitations ont été détruites. 1 217 ménages ont trouvé refuge dans les quatre sites de déplacements que sont Buterere, Kamenge, Kinama I et Kinama II (cf [Profil des sinistrés](#) par l'OIM en partenariat avec la Croix-Rouge Burundaise) et plus de 2 000 autres ménages se sont déplacé dans des familles d'accueil (l'enregistrement et le profilage des sinistrés dans les familles d'accueil est en train d'être finalisé au moment de l'impression de ce rapport).

Il faut noter que cet événement est survenu dans la période dite de 'petite' saison de pluies. La grande saison de pluies a commencé le 10 mars et une érosion des infrastructures fragilisées pourrait entraîner leur destruction complète. De plus, la fermeture de la RN1 au trafic des poids lourds et leur déviation sur les RN 5, 7 et 10 mettent en danger ces routes secondaires. Le pays risque de se retrouver rapidement isolé si des interventions urgentes ne sont pas mises en œuvre.

¹ Taux de change utilisé : 1 USD = 1 540 FBu

Recommandations pour une réhabilitation et une reconstruction résilientes

Avec la perspective d'accélérer la mise en œuvre des politiques, stratégies et plans d'action mis en place par le Gouvernement en matière d'infrastructure et de gestion des risques de catastrophes (Schéma directeur d'urbanisme, Schéma directeur d'assainissement des eaux pluviales, Stratégie nationale de renforcement des capacités en RRC, Plan d'Action National pour l'Adaptation au changement climatique), ce rapport propose des activités classées en trois catégories :

- Urgence : activités permettant d'arrêter la progression des dommages ;
- Moyen terme : activités permettant la réhabilitation des infrastructures ;
- Long-terme : activités permettant d'envisager une reconstruction résiliente.

Sur une enveloppe totale de **164 milliards FBu**, 134 milliards FBu concernent la réhabilitation ou le développement d'infrastructures et la gestion des risques de catastrophes. Parmi ces 134 milliards FBu, **26 milliards FBu** sont considérés comme prioritaires (urgence / moyen terme) pour permettre la réhabilitation des infrastructures avec une approche résiliente. En parallèle, 30 milliards FBu sont recommandés pour la stabilisation des bassins versants aux alentours de Bujumbura.

	URGENCE	MOYEN TERME	LONG TERME
Transports routiers	(i) réhabiliter la RN1 afin d'y rétablir le trafic des poids lourds et de soulager les RN5, RN7 et RN10 qui ne sont pas prévues pour le trafic des poids lourds et risquent un effondrement ; (ii) remettre en état les ponts de la RN1 et le pont Nyabagere sur la RN4 (la structure de prolongement du dalot est décrochée).	(i) réhabiliter les RN1, 3, 5, 7 et 10 sur les points critiques ; (ii) redimensionner les ouvrages pour assurer une résilience face aux événements décennaux ; (iii) remettre en état 5 km de voies communales à Gatunguru ; (iv) rehausser la voie d'accès RN9-Mutimbuzi pour lui permettre d'assurer sa fonction de digue	Développer une alternative pour le trafic des poids lourds : renforcer les 50 premiers km de la RN7 entre Bujumbura et le point de rencontre avec la RN18 sous projet BAD ; ou bitumage des 44 km de la RP 101
	5,9 milliards FBu	8,5 milliards FBu	80 milliards FBu
Assainissement urbain	curer en amont de la station d'épuration à la jonction entre les rivières Nyabagere et Kinyankonge pour protéger le mur de soutènement de la station d'épuration.	(i) renforcer le remblai le long de la station d'épuration ; (ii) renforcer le canal de la rivière Nyabagere et Kinyankonge ; (iii) construire un canal entre quartiers Carama viabilisé et non-viabilisé.	(i) construire un canal de dérivation depuis la rivière Gasenyi vers la Gikoma ; (ii) drainer et canaliser la rivière Gikoma aux alentours de la zone urbaine de Buterere.
	5 millions FBu	4,8 milliards FBu	7,8 milliards FBu
Adduction en eau potable	(i) remettre en service l'usine des eaux de Ntakangwa (7% de l'approvisionnement) ; (ii) réparer le captage et l'aérateur au niveau de la source de Gatunguru (1%) ; (iii) recalibrer les conduites DN700 et DN300 au niveau du Pont Chaussée du peuple Murundi / rivière Ntakangwa.	Sécuriser la traversée d'une conduite DN 200 fonte au niveau du croisement de la rivière Nyabagere à Kamenge.	Un projet de construction d'une deuxième usine d'eau sur le lac Tanganyika de 40.000 m ³ /j est en cours de négociation. Le financement est promis par le Gouvernement Hollandais à concurrence de 80% tandis que le Gouvernement Burundais devra trouver environ 10 millions d'euros.
	781 millions FBu	34 millions FBu	20 milliards FBu

	URGENCE	MOYEN TERME	LONG TERME
Marchés	Remettre en état le marché de Kamenge	Remettre en état le marché de Gatunguru	
	0 (dommages assurés)	850 millions FBu	
Electricité	(i) remplacer les poteaux et la ligne électrique 30 KV de « Gasenyi » sur 2.5 km, acquérir et installer un nouveau transformateur 150 kVA		
	104 millions FBu		
Agriculture	Remettre en état le mur de soutènement du barrage et l'aqueduc métallique du périmètre irrigué de Murago	Elargir les drains au niveau du périmètre de Mubone	
	650 millions FBu	2,1 milliards FBu	
Education	(i) vidanger les latrines dans 10 écoles ; (ii) construire 11 salles de classe temporaires ; (iii) acheter des kits scolaires et hygiéniques.	(i) remettre en état 14 salles de classe ; (ii) acquérir 649 bancs-pupitres ; (iii) construire 6 blocs latrines de 6 cabines chacun.	
	324 millions FBu	364 millions FBu	
Santé	vidanger les latrines pour remettre en service les centres de santé.		
	5 millions FBu		
Gestion durable des terres et de l'eau dans les bassins versants amont		Travaux préliminaires de stabilisation des pentes dans les bassins versants amont de Bujumbura (Gasenyi, Gikoma, Kidumbugwe, Muzazi, Nyabagere, Ntahangwa, 25 000 ha)	Travaux avancés de stabilisation des pentes dans les bassins versants amont de Bujumbura (25 000 ha)
		15 milliards FBu	15 milliards FBu
Gestion des risques	mettre en place et tester opérationnellement un système d'alerte pour le ruissellement et les glissement de terrain dans 5 zones exposées ² (Gatunguru, Buterere, Isale, Gitega, Muhuta).	(i) développer une cartographie des zones à risques et un système d'information ; (ii) mettre en place et équiper des brigades de riverains pour le suivi des points critiques (notamment en matière de drainage).	(i) proposer et chiffrer des mesures d'atténuation des risques sectorielles (transport, urbanisme, eaux pluviales, eaux usées, zones industrielles, exploitation des ressources naturelles) ; (ii) rendre opérationnelle l'école de protection civile.
	500 millions FBu	1,5 milliard FBu	500 millions FBu
TOTAL	8,3 milliards FBu	33 milliards FBu	123 milliards FBu

Activités prioritaires : Les activités les plus urgentes sont clairement de protéger les infrastructures éprouvées par la catastrophe pour empêcher leur endommagement supplémentaire, ou leur rupture qui est imminente dans certains cas avec l'érosion liée à la

² Ce système pourrait se baser sur les orientations développées par la Conférence mondiale sur les systèmes d'alerte (Bonn, 2006 : <http://www.unisdr.org/2006/ppew/info-resources/ewc3/checklist/French.pdf>) et par le rapport mondial sur les systèmes d'alerte commandité par Koffi Annan (<http://www.unisdr.org/2006/ppew/info-resources/ewc3/Global-Survey-of-Early-Warning-Systems.pdf>).

saison des pluies. Il conviendra aussi de rétablir durablement la circulation sur la RN1 afin de protéger les routes secondaires contre une usure prématurée.

Approche parallèle : Les défis liés au développement urbain, au drainage des eaux, à la gestion durable des terres, ne pourront être résolus qu'avec une approche de long terme. Toutefois des actions de gestion des risques de catastrophes, comme la mise en place de systèmes d'alerte locaux pour prévenir les dommages liés aux glissements de terrain et aux ruissellement ; la cartographie des zones à risque de glissement de terrain ; la création de brigades d'entretien et de surveillance des caniveaux, recommandées à hauteur de 2,5 milliards FBu, sont considérées comme une priorité à mettre en œuvre en parallèle des interventions d'urgence pour tirer les leçons de cette catastrophe et réduire les risques rapidement. Ces activités de gestion des risques complètent adéquatement d'autres projets soutenus par le PNUD et la GIZ, à hauteur de 12 milliards FBu.

Recommandations stratégiques : Il existe un besoin urgent d'organiser les connaissances et de clarifier les responsabilités entre les différentes institutions du gouvernement³. La prise en charge des sinistrés a été relativement rapide et efficace, en suivant le plan de contingence qui avait été remis à jour fin 2012. Cependant les services techniques n'ont pas analysé adéquatement cet événement. Les latrines inondées des établissements scolaires et de santé n'ont pas été vidangées et présentent un risque sanitaire. Il est urgent de développer des procédures opérationnelles pour définir le rôle des directions générales et des services techniques en matière de gestion des connaissances⁴, d'entretien⁵, de prévention et de relèvement⁶. Il conviendra, afin de guider l'action de différents secteurs en matière de prévention (aménagement du territoire, agriculture, construction et travaux publics, développement urbain, assainissement, etc.), de développer une information de référence sur les risques, utile aux différents secteurs, et d'assurer une meilleure utilisation des bulletins de prévision météorologique, particulièrement lorsqu'ils anticipent des événements violents. Le gouvernement a mis en place le 6 mars 2014 la plateforme nationale du système d'information géographique dans le cadre de l'Infrastructure Nationale de Données Spatiales (INDSB, voir <http://www.presidence.bi/spip.php?article4500>). Dans ce contexte, une cartographie des risques interministérielle pourrait constituer un excellent exercice pilote.

³ Une meilleure coordination intersectorielle (entre les différents ministères impliqués), verticale entre le gouvernement, la mairie et les communes d'arrondissement, et horizontale entre les 13 communes composant la municipalité de Bujumbura, constitue un prérequis pour offrir une réponse adéquate et mettre en place des mesures de gestion des risques de catastrophes.

⁴ A titre d'exemple la Direction-Générale des Infrastructures Hydrauliques et de l'Assainissement et la Direction-Générale de l'Urbanisme ont développé en 2012 et 2013 des schémas directeurs d'urbanisme et d'assainissement des eaux pluviales de manière totalement indépendante. Il a fallu plus d'une semaine à la mission pour obtenir une copie de ces documents, et de nombreux services techniques ont découvert leur existence à cette occasion.

⁵ L'entretien/maintenance efficace des infrastructures et réseaux existants constitue la première réponse pour réduire l'occurrence des inondations urbaines. L'amélioration des finances de la municipalité de Bujumbura devra ainsi figurer parmi les mesures prioritaires afin de pouvoir lui donner les ressources nécessaires pour faire face à ses responsabilités.

⁶ Un mois après l'événement, les latrines des écoles et des centres de santé n'ont toujours pas été vidangées. Cela pose un problème de salubrité publique alors que les opérations de vidange coûteraient aux alentours de 1 million de FBu par bloc (moins de 15 millions FBu requis au total).

Executive Summary

I. Context

From February 9-10, 2014, Burundi experienced heavy rainfall. More than 80 mm were recorded between 20pm and 23:30pm on February 9th. The rainfall generated intense runoff in the watersheds, together with landslides and the outburst of a small unplanned reservoir on the Gasenyi River. The main road RN1 and the populated unserved neighborhood of Gatunguru in Kinama, downstream Gasenyi River, were washed away by a violent flash flood, responsible for the majority of the casualties. Rainfall also induced flooding along several rivers including Gikoma and Nyabagere, and resulted in flooding in the plain along Lake Tanganyika. 80% of damages occurred in the municipalities of Buterere, Isale, Kamenge, Kinama and Mutimbuzi. Overall, about 1,000 houses collapsed, a large market has been washed away, 20,000 people were without shelter, and 77 casualties reported. In terms of infrastructures, the event has damaged roads, bridges, water supply, electricity networks as well as two markets.

II. Objective of the Evaluation, and Methodology

Objective

The objective of the evaluation is to determine underlying risk factors, to quantify damages and to identify activities contributing to sustainable rehabilitation and reconstruction of infrastructure. The report focuses primarily on urban planning, water and sanitation and road transport; the United Nations provided inputs on education, health and agriculture. The European Union contributed with regards to road sector and rural development.

The report includes three sections: (i) analysis of hazard, exposure and vulnerability of infrastructure and identification of underlying risk factors, (ii) quantitative evaluation of damages in each sector, and qualitative description of how respective damages impact the economy and the population, (iii) proposal for priority activities related to rehabilitation, reconstruction, disaster risk management, in order to reduce impacts on the occurrence of similar events in the future.

Task Coordination and Knowledge Sharing

Agencies and programs of the United Nations (UNDP, UNICEF, WFP, FAO, IOM), the European Union, the African Development Bank and the World Bank have been working closely to support the government in the development of this rapid assessment. The participation of the World Bank was financially supported by the ACP-EU Natural Disaster Risk Reduction Program, an initiative of the African, Caribbean and Pacific Group of States, funded by the European Union and managed by GFDRR. During a meeting on March 4th, the government technical services and technical and financial partners have established several

working groups under a technical committee and attributed responsibilities for the coordination of the various sections of the analysis:

Committee	Government Focal Point	Partner Focal Point
Overall Coordination	Chariman of the National Platform for Disaster Risk Reduction (Edouard Nibigira, 78 650 448, nibigiraed@yahoo.fr)	World Bank (Jean-Baptiste Migraine, jmigraine@worldbank.org)
Event Characterization and Analysis of Underlying Risk Factors	Ministry of Water, Environment, Landuse and Urban Planning (Godefroid Nshimirimana , IGEBU, 77 746 828, nshimigode@yahoo.fr)	World Bank (Jean-Baptiste Migraine, jmigraine@worldbank.org)
Water and Sanitation	REGIDESO (Sindayigaya Leonidas, 78 150 401, sindleonidas@yahoo.fr) Director-General for Water Infrastructures and Drainage (Tita Nionz, 78 244 408 / 79 458 884, niyonzt@yahoo.fr)	World Bank (Oumar Diallo, odiallo@worldbank.org)
Urban Development	Director-General for Urban Planning (Amissi Ntangibingura, 77 094 000, ntangib@yahoo.fr) Public Infrastructure and Urban Management Project (Pascal Midende, 79 999 595, pmidende@ptpce@cbinet.net)	World Bank (Patrice Rakotoniaina, prakotoniaina@worldbank.org)
Transport routier	Director-General for Roads (Désiré Masumbuko, 79 960 490, masumbukodesire@gmail.com) Road Sector Development Project (Marguerite Rufyikiri, 79 916 086, mrufyikiri@odr-pdsr.bi; Mehdi Bouhleb, 79 943 898, mehdi.bouhleb@studi.com.tn)	Banque mondiale (Alexandre K. Dossou, adossou@worldbank.org) Union européenne (Egide Niyogusaba, 77 779 500, egide.niyogusaba@eeas.europa.eu)
Education	Ministry of Education, Focal Point for Basic Education (Jean-Marie Rurankiriza, 79 961 499, rurajm@yahoo.fr) Ministry of Education, Focal Point for Higher Education (Jean-Marie Sabushimike (79 566 653, sabjm2000@yahoo.fr)	UNICEF (Matteo Frontini, 79 937 505, mfrontini@unicef.org ; Dieudonné Buyoya, 79 936 358, dbuyoya@unicef.org)
Agriculture	Ministry of Agriculture and Livestock (Charles Ntunguka, 79 928 188)	FAO (Massimo Giovanola, 78 751 586, massimo.giovanola@fao.org ; Prosper Ruberintwari, 78 460 639, prosper.ruberintwari@fao.org) PAM (Claude Kakule, 79 984 494, claude.kakule@wfp.org) Union européenne (Olivier Lefay, 79 241 421, olivier.lefay@eeas.europa.eu)
Community recovery	Directorate-General for Urban Planning (Amissi Ntangibingura, 77 094 000, ntangib@yahoo.fr)	PNUD (Floribert Kubwayezu, 76 224 333, floribertkubwayezu.ppcsrc@gmail.com) OIM (Temerza Tesfai, ttesfai@iom.int) UN-HABITAT (Angela Hakizimana, angela.hakizimana@unhabitat.org ; Cosmas Wambua, cosmas.wambua@unhabitat.org)
Health	Ministry of Health (Spès Ndayishimiye, 79 931 777, nspes91@yahoo.fr)	WHO (Jérôme Ndaruhutse, 79 178 569, ndaruhutsej@who.int)

The evaluation process has supported knowledge exchange and management of information resources. Event specifications, damages and recommendations are all referenced on an open-source map, projected on the official IGN-IGEBU topographic background, available from <https://www.dropbox.com/s/xe4ta4pvw74y8y6/CarteBujumbura9-10Feb2014.kmz> (the 13 Mo file opens with GoogleEarth as a visualization engine). All inputs received and knowledge

developed by the mission are available from the collaboration folder available from <https://www.dropbox.com/sh/rn6qbm7rpuzlto/vr6WZz30NP>.

III. Summary of Evaluation's Findings

The Combination of Heavy Rainfall and Lake Outburst Contributed to the Disaster

The analysis of the event and related risks utilized field surveys, satellite imagery and knowledge from urban, water, sanitation, transport, hydro-meteorology, sustainable land management and disaster risk management experts.

The rainfall, 80 mm during the night from 9-10 February 2014, is an event of a 10-year return period, and should not have caused significant damages to infrastructure. The main factors that contributed to the disaster are: (i) the concentration of the rainfall on a short period of time (between 20pm and 23:30pm on February 9th) and (ii) the creation and later outburst of an involuntary reservoir on the Gasenyi River (about 15,000 cubic meters). The reservoir has been developed in association with the human exploitation of a stone-pit; it is therefore not possible to associate a return period to this event.

There are no seismic recorders in the country, and it is therefore not possible to exclude completely the chance of the occurrence of an earthquake of very small amplitude in parallel with the rain (earthquakes below 3 on the Richter scale are not detected by international networks).

The outburst of the reservoir created a violent flash flood, responsible for about 50% of damages and most of the casualties. The collapse of the hill at the level of a stone-pit site obstructed the riverbed. Trucks, using the riverbed for quarrying, have compressed the unplanned dam and, as a result, a large volume of water was able to accumulate in the small 4 km² watershed. Important runoffs have dragged large amounts of rock and mud along the line of greatest slope (without following the course of the Gasenyi River) and surprised the population at night in the Gatunguru neighborhood, destroying homes and the market. Floodwater continued downstream through Carama in the commune of Kinama.

Large runoffs from other watersheds (other than Gasenyi) have also contributed to about 50% of damages observed (for example on Kamenge market, on 'Chaussée du Peuple' bridge and along the national roads). In these areas, many factors have contributed to aggravate the risk, including (i) land degradation, related to inappropriate agricultural practices on steep slopes and deforestation upstream. This reduces the infiltration potential of the soil and contributes to the rapid concentration of flows from watersheds into urban or agricultural areas, (ii) lack of coordination between urban and drainage planning, inadequate design for drainage systems (in Carama) and development of housing and social infrastructures in areas known as risk-prone (Buterere, Gatunguru), and (iii) absence of a monitoring and early warning system, which could have helped in identifying the danger associated with the lake which was present since 2008, and in evacuating people in the anticipation for the heavy rainfall event (the forecast was available 24 hours before the event). Each of these factors is influenced by

historical, environmental, topographical and social parameters that are further developed in this report.

Localized Damages could Lead to the Country's Isolation

The assessment of damage to economic and social infrastructures was systematically conducted by the various working groups, based on the estimated cost of reconstruction as before the disaster. Damages are in total **US\$4.4 million**⁷ (0.18% of GDP), as follows:

- US\$2.3 million to roads;
- US\$500k to bridges;
- US\$440k to schools;
- US\$420k to agriculture
- US\$400k to drinking water supply;
- US\$410k to markets;
- US\$50k to electricity.

The assessment of damage to infrastructure was conducted by the working groups listed above and strongly supported by implementing units of the Road Sector (P064876) and Public Works and Urban Management (P112998) projects. In addition to damages to infrastructure, about US\$1.6 million of crops were lost (provisional estimate by the Ministry in charge of Agriculture and FAO). Moreover, over 3,000 homes were destroyed. 1,217 households have settled in four humanitarian sites namely Buterere Kamenge, Kinama I and Kinama II (see [Victims' profiles](#) by IOM in partnership with the Burundi Red Cross) while over 2,000 other households have moved with host families (registration and profiling of victims in host families is being finalized at the time of printing this report).

This event occurred in the so-called 'small' rainy season. The long rainy season began on March 10th and erosion on vulnerable infrastructures could lead to their complete destruction. In addition, the closing of the main road RN1 to heavy trucks traffic does endanger the secondary roads (RN 5, 7 and 10) toward which traffic has been diverted. The country is facing the risk of being isolated quickly if urgent road rehabilitation interventions are not implemented.

Recommendations for Sustainable Recovery and Reconstruction

Short-, medium and long-term recommendations have been proposed with the objective to increase the country's resilience and to advance the implementation of strategies set forth by the Government in relation with infrastructure development and disaster risk management (drainage scheme, urban planning document, local development plans, national strategy for disaster risk reduction, national adaptation programme of action). Activities have been classified along three categories:

⁷ Exchange rate used in this report : 1 USD = 1 540 FBu

- Emergency: activities to prevent further damage;
- Medium term: activities needed to enable infrastructure rehabilitation;
- Long term: activities contributing to reconstruction with a sustainable approach.

Out of a **US\$107 million** proposed envelope, US\$87 million are for infrastructures or disaster risk management activities. Within these, **US\$17.2 million** are considered priority (emergency / medium term) to enable infrastructure rehabilitation together with disaster risk management activities for a “built-back-better” resilient approach. In addition, US\$20 million are recommended for sustainable land management to stabilize watersheds and slopes around Bujumbura.

	EMERGENCY	MEDIUM TERM	LONG TERM
Road Transportation	(i) rehabilitate RN1 in order to restore truck traffic and relieve RN5, N7 and N10 which are not designed for heavy vehicle and may collapse, (ii) rehabilitate RN1 bridges and RN4 Nyabagere bridge (extension of structure is unhooked).	(i) rehabilitate critical points on RN1, 3, 5, 7 and 10 ; (ii) resize structures to ensure resilience to 10-y return period events ; (iii) rehabilitate local roads in Gatunguru; (iv) enhance the RN9-Mutimbuzi road-dike	Develop an alternative for heavy traffic: strengthen 50 km on RN7 between Bujumbura and the meeting point with the RN18 (under AfDB project) or asphaltting 44 km of RP 101.
	US\$3.8 million	US\$5.5 million	US\$52 million
Urban drainage	Perform a cleaning upstream of the waste water treatment plant at the junction of the rivers and Nyabagere and Kinyankonge to protect the retaining wall of the treatment plant.	(i) strengthen the embankment along the wastewater treatment plant ; (ii) strengthen Nyabagere and Kinyankonge river channels ; (iii) build a channel along Carama neighborhood.	(i) build a channel from Gasenyi River towards Gikoma River ; (ii) drain and channel Gikoma river around the urban area of Buterere.
	US\$3k	US\$3.1 million	US\$5 million
Drinking water supply	(i) bring Ntahangwa water plant back to service (6,000 m3/d); (ii) repair the Gatunguru spring uptake and aerator (1,400 m3/d); (iii) readjust DN700 and DN300 pipes at the Chaussée du peuple Murundi / rivière Ntahangwa bridge.	Secure the DN200 cast iron pipe over Nyabagere River at Kamenge market.	A project to build a second water factory on Lake Tanganyika (40,000 m3/d) is under negotiation. 80% of the funding is pledged by the Dutch Government, while the Government of Burundi is seeking about 10 million euros.
	US\$500k	US\$22k	US\$13 million
Markets	Rehabilitate Kamenge market.	Rebuild Gatunguru market.	
	0 (damages are insured)	US\$550k	
Electricity	(i) replace the 30 KV "Gasenyi" power line poles on 2.5 km, (ii) purchase and install a new 150 kVA transformer		
	US\$68k		
Agriculture	Rehabilitate the dam and the metal aqueduct in the Murago irrigated scheme.	Enlarge drains in Mubone irrigated scheme	
	US\$420k	US\$1.4 million	
Education	(i) clean latrines in 10 schools, (ii) build 11 temporary classrooms (iii) purchase education and hygiene kits.	(i) rehabilitate 14 classrooms, (ii) acquire 649 bench-desks, and (iii) construct 6 blocks of 6 latrines each.	
	US\$210k	US\$236k	

Health	Clean latrines.		
	US\$3k		
Sustainable land and water management		Preliminary slope stabilization works in watersheds upstream of Bujumbura (Gasenyi Gikoma, Kidumbugwe, Muzazi, Nyabagere, Ntakangwa :25 000 ha)	Advanced slope stabilization works upstream of Bujumbura (25,000 ha)
		US\$10 million	US\$10 million
Disaster risk management	Develop and test operationally an early warning system for runoff and landslide in 5 hazard-prone areas ⁸ (Gatunguru, Buterere, Isaiha, Gitega, Muhuta).	(i) develop a disaster risk map and information system, (ii) establish and equip brigades of volunteers to monitor critical hotspots (particularly for monitoring drainage capacity).	(i) propose and evaluate sectoral disaster risk management activities (transportation, urban development, drainage, sanitation, industrial activities, natural resources management) ; (ii) operationalize the civil protection school.
	US\$320k	\$975k	\$325k
TOTAL	US\$5.4 million	US\$21.5 million	US\$80 million

Priority Activities: The most urgent activities are clearly protect infrastructure weakened by the disaster, to prevent further damage or collapse, which is imminent in some cases with erosion due to the rainy season. It will also be necessary to restore traffic on the RN1 in a sustainable manner to protect roads against premature degradation.

Parallel Processing of Activities: The challenges related to urban development, drainage, sustainable land management, will require a longer term approach. However, crosscutting disaster risk management activities, like landslide hotspot mapping, riverbed surveillance and early warning systems, drainage management teams, in the amount of US\$1.5 million, would be needed to be implemented in parallel to emergency activities, in order to learn from the disaster and quickly reduce risks. These disaster risk management activities are complemented by a US\$8 million disaster risk management pipeline supported by UNDP and GIZ.

Strategic recommendations: Knowledge management capacity should be strengthened rapidly, and sharing of responsibilities among ministries and government agencies would require updated operational procedures⁹. Humanitarian support was relatively quick and efficient, in line with the contingency plan updated late 2012. However, technical services have not adequately analyzed this event. Flooded latrines in education and health infrastructures have not been pumped out and did present a risk for health. It is urgent to develop operational procedures to define the role of Ministries, Directorates and technical services for knowledge management¹⁰, maintenance¹¹, prevention and rehabilitation¹². It will

⁸ This system could be based upon guidelines developed by the World Conference on Early Warning Systems (Bonn, 2006: <http://www.unisdr.org/2006/ppew/info-resources/ewc3/checklist/English.pdf>) and the Global Survey of Early Warning Systems sponsored by Koffi Annan (<http://www.unisdr.org/2006/ppew/info-resources/ewc3/Global-Survey-of-Early-Warning-Systems.pdf>).

⁹ Improved coordination between the various ministries and with the 13 municipalities of Bujumbura, is a prerequisite to provide an adequate response and manage crosscutting risks with a long-term approach.

¹⁰ For example the Directorate-General for Water and Sanitation and the Directorate-General for Urban Development created in 2012 and 2013 urban development and rainwater drainage schemes following

be necessary to develop baseline information on risks, useful for various sectors, and to ensure better use of weather forecasts, especially when severe events are anticipated; and to guide the contribution of various sectors in prevention (planning, agriculture, public works, urban development, sanitation, etc.). The Government has setup on March 6th, 2014 a national Geographical Information System platform under the umbrella of the National Geospatial Data Infrastructure (INDSB, see <http://www.presidence.bi/spip.php?article4500>). In this context, a risk mapping exercise could constitute an excellent exercise to pilot crosscutting approaches to data management and collaboration.

completely independent approaches. It took more than a week to the mission to obtain a copy of these documents, and many technical services have discovered the existence of these documents.

¹¹ Effective operation and maintenance of existing drainage infrastructure and networks is the first step to reduce the occurrence and severity of urban floods. Improved financial management in the Municipality of Bujumbura should be considered a priority towards meeting its responsibilities.

¹² A month after the event, latrines in schools and health centers had not been pumped-out. This creates a public health issue, while the cost of such operation is less than US\$1,000 per block (less than US\$10,000 required in total).

1. Analyse des facteurs de risques et caractérisation de l'événement

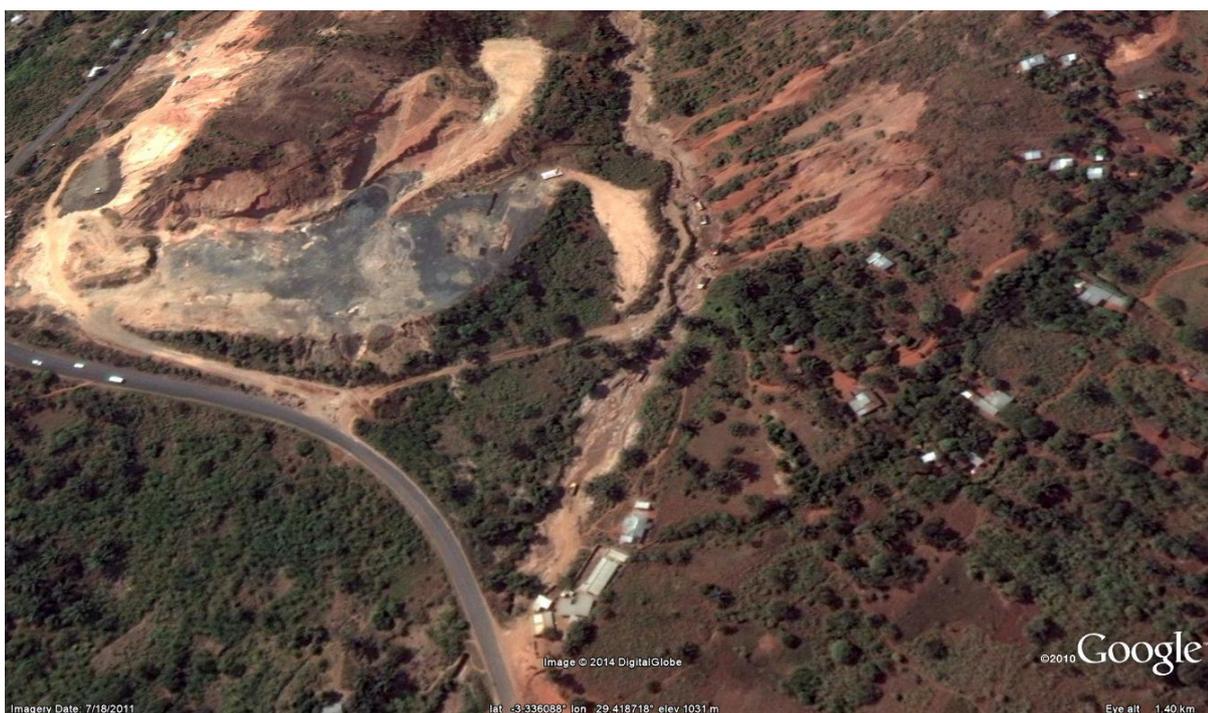


Illustration 2. Image DigitalGlobe du 18 juillet 2011 montrant l'exploitation des carrières dans le lit de la rivière Gasenyi

Section 1/3 du rapport de la mission d'évaluation

Une caractérisation et compréhension de cet évènement et du risque lié à l'occurrence d'un événement similaire dans le futur s'avère essentielle afin de préconiser des actions de relèvement et de reconstruction résilients. Cette section du rapport fournit un état des lieux le plus précis possible, sur la base des données disponibles au moment de la mission, organisé en trois parties :

- a) Description des aléas à l'origine des dommages : pluie, ruissellement, coulées de boues, glissements de terrain, crues rapides ;
- b) Éléments exposés (enjeux) à ces aléas dans les différentes communes ;
- c) Vulnérabilité de ces éléments pour chaque secteur.

Parmi les facteurs de risque (intensité ou fréquence des aléas, exposition, vulnérabilité), certains sont naturels et ne peuvent pas être influencés (exemples : topographie, pluviométrie, géologie) et d'autres résultent directement d'une influence humaine (exemples : constructions dans les zones inondables, modifications des pentes pour la construction des routes, manque d'entretien et de nettoyage des collecteurs, etc.). Cette section identifie les activités humaines et leurs influences positives ou négatives, afin de servir de base pour l'identification d'actions de relèvement et de reconstruction cohérentes.

1.1. Analyse des paramètres hydrométéorologiques et physiques

Les alentours de Bujumbura ont été touchés par différents phénomènes, dont une des origines communes est la pluie intense qui a touché la région autour du 9 février, mais qui s'expliquent chacun par une succession spécifique d'événements. Notamment il est possible de distinguer une zone spécifique, le long de la rivière Gasenyi, touchée par un phénomène de crue rapide, et d'autres zones ayant été inondées par un débordement plus lent des rivières.

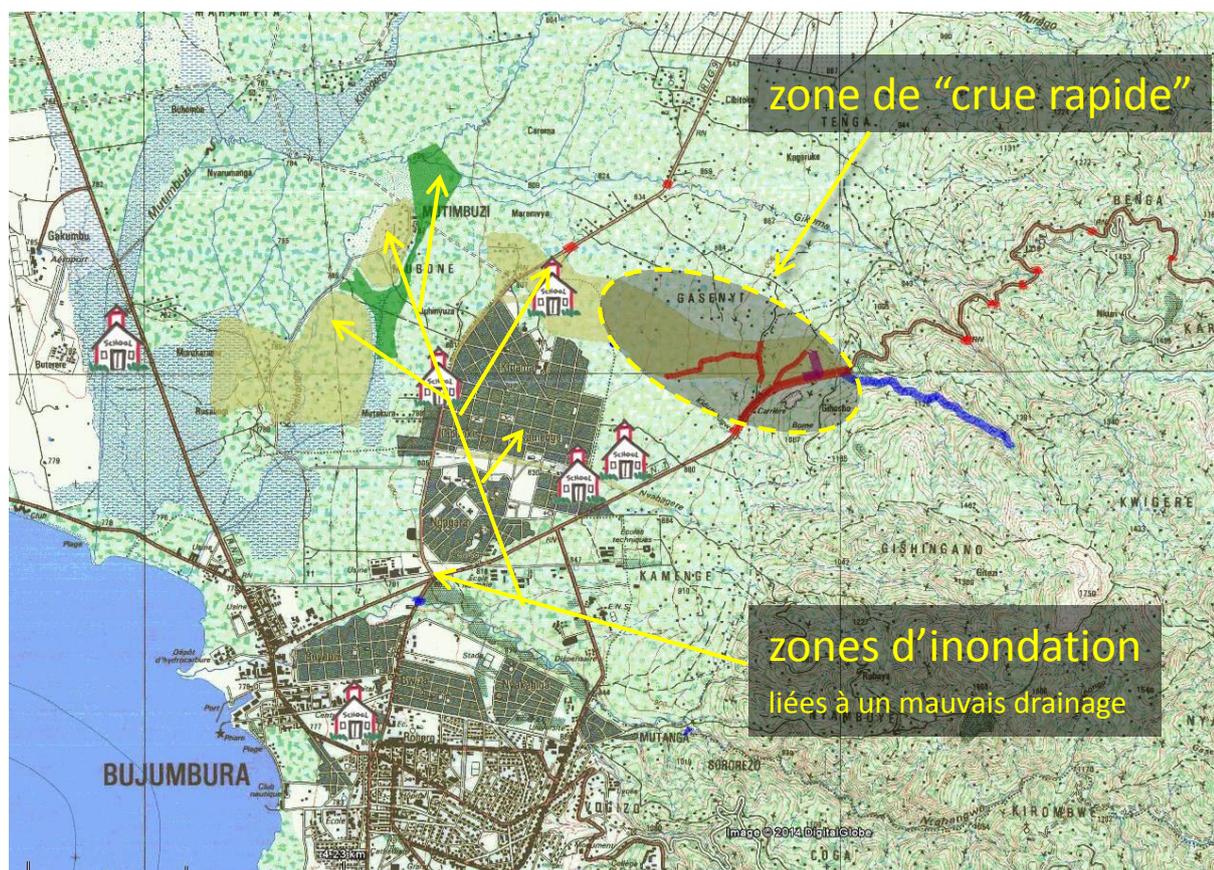


Illustration 3. Etendue des phénomènes hydrométéorologiques (crue rapide et inondations) observés lors de la catastrophe

1.1.1. Pluies et saturation des sols (liée aux pluies tombées dans les jours précédents)

Le pays est équipé de six stations qui fournissent une couverture adéquate des six régions climatologiques. Bujumbura connaît 2 saisons sèches chaque année, et enregistre des précipitations moyennes annuelles de 861mm.

En 2014, Bujumbura a reçu des précipitations importantes, notamment 32 mm le 4 février, 80 mm dans la soirée du 9 février, un total de 122 mm entre le 1^{er} et le 10 février, et de 153 mm sur l'ensemble du mois de février. La pluviométrie journalière de 80 mm dans la nuit du 9 au 10 février 2014 constitue un événement de période de retour environ décennale ($P_{j10}=87\text{mm}$). Une pluie décennale ne devrait causer que peu de dommages aux infrastructures. Toutefois, la pluviométrie de 80 mm a été très concentrée dans le temps, entre 20h et 23h30, et cet événement météorologique dépasse donc la période de retour décennale.

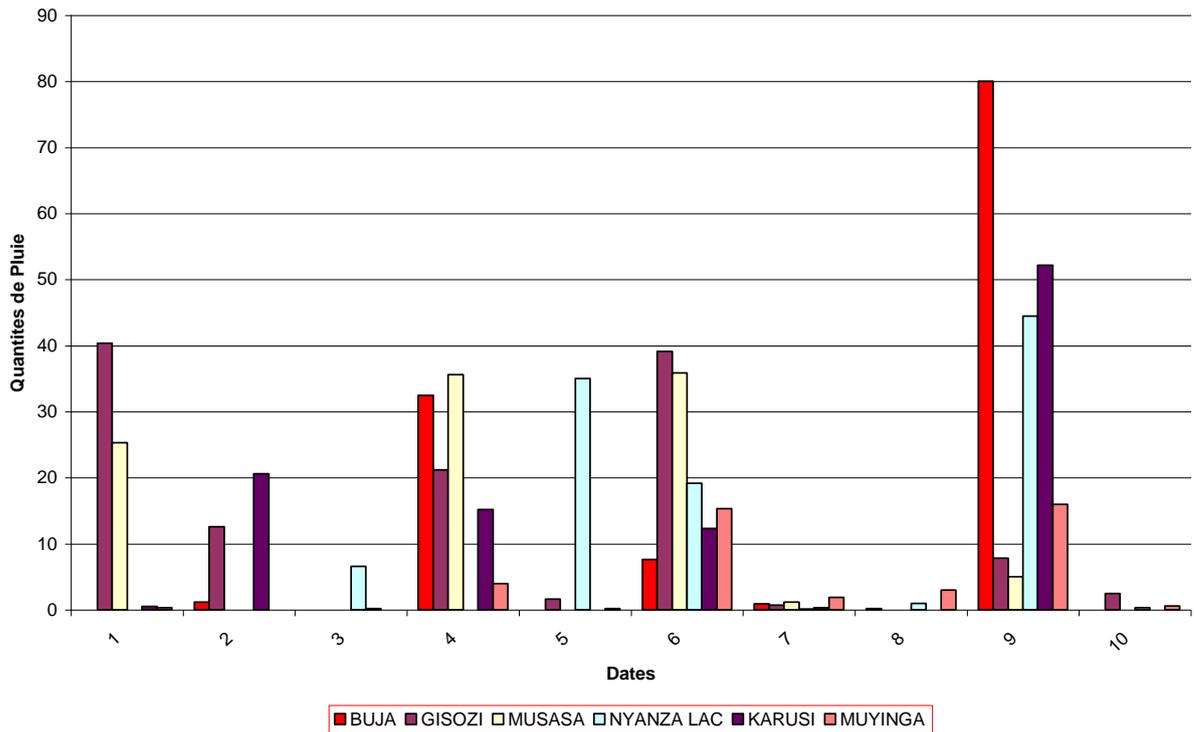


Illustration 4. Distribution journalière entre le 1^{er} et le 10 février 2014 au niveau des six pluviomètres couvrant le territoire national

Ces pluies au cours du mois de février 2014 ont été clairement supérieures à la moyenne, notamment au niveau de Bujumbura (153 mm comparés à une moyenne de 100 mm) et de Karuzi (245 mm comparés à une moyenne de 120 mm). En moyenne sur les trente dernières années c'est habituellement la zone de Gisozi qui reçoit le maximum de précipitations (175 mm).

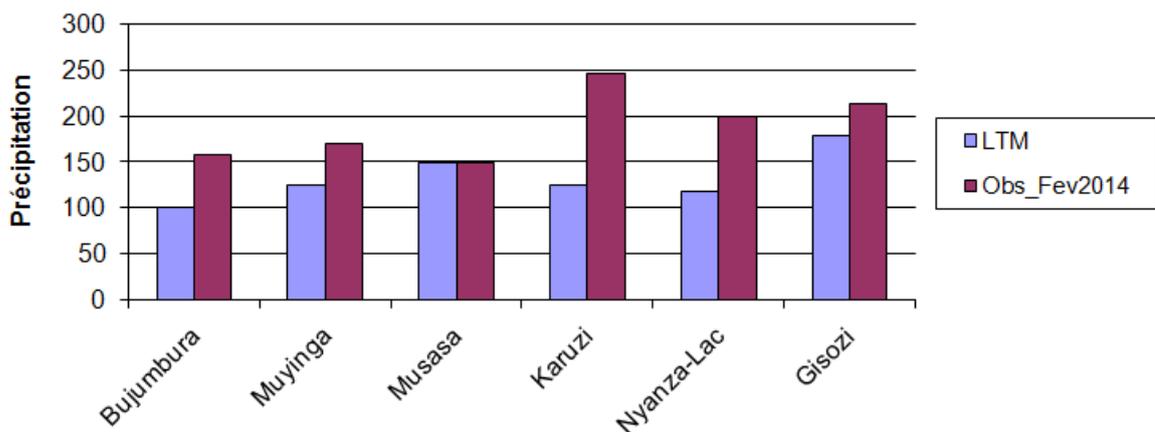


Illustration 5. Précipitations enregistrées au niveau des six pluviomètres de l'IGEBU au cours du mois de février 2014, comparées à la moyenne sur 30 ans.

La répartition de ces pluies sur le territoire montre que Bujumbura est dans la zone ayant reçu le maximum de précipitations, avec plus de 120 mm sur dix jours.

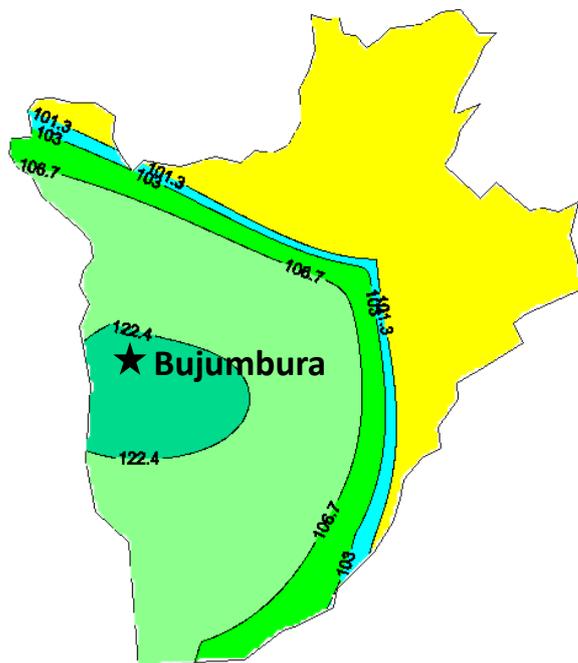


Illustration 6. Distribution des pluies entre le 1^{er} et le 10 février 2014

Davantage d'informations sur la pluviométrie sont disponibles au niveau du site de l'Institut Géographique du Burundi (IGEBU) <http://www.igebu.gov.bi> ainsi que dans un document d'analyse des données pluviométriques préparée par l'IGEBU pour cette mission, <https://www.dropbox.com/s/v7rrtnuqft3xsd0/IGEBU-AnalyseDonneesMeteoF%C3%A9vrier2014.docx>.

Exceptionnelles pour un mois de février, les précipitations sont toutefois proches des événements habituellement observés au mois de mars (234 mm par mois en moyenne) et novembre (245 mm).

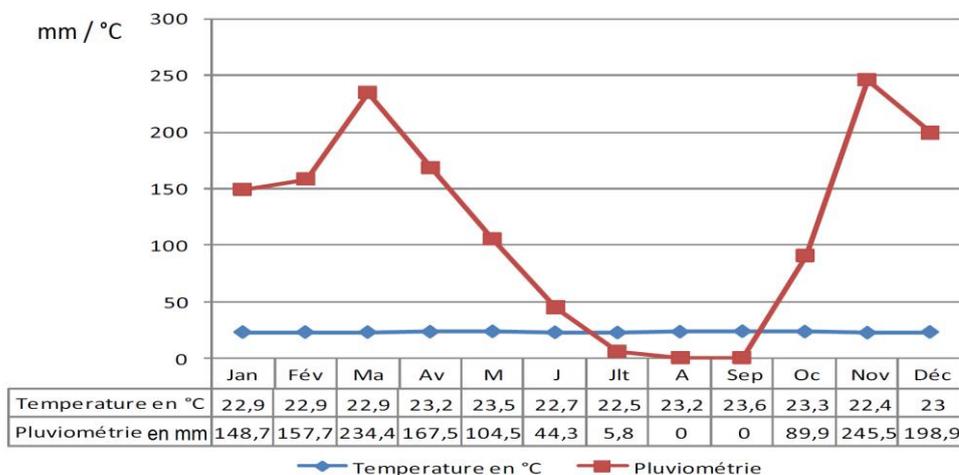


Illustration 7. Moyennes des précipitations et températures au Burundi entre 1972 et 1998

1.1.2. Ruissellement, érosion, effondrement et débordements de cours d'eau

La proportion des précipitations contribuant au ruissellement est influencée par différents paramètres notamment :

1.1.2.1. La taille du bassin versant et la distance entre les précipitations et les enjeux

L'encaissement des vallées des cours d'eau et la longueur de versants influe beaucoup sur la vitesse d'écoulement et le volume de matériaux transportés. Aux alentours de Bujumbura, six bassins versants ont principalement contribué aux inondations : Gikoma, Kinyankonge, Muzazi, Ntahangwa et Nyabagere. Le bassin versant de la Gasenyi, avec une taille de 4 km² en amont de la RN1, est le plus petit de tous. C'est aussi celui qui a contribué à la majorité des dommages liés à cette catastrophe.



Illustration 8. Cinq bassins versants ont contribué aux inondations aux alentours de Bujumbura, en plus de la rivière Gasenyi ayant engendré un phénomène de crue rapide

1.1.2.2. La topographie et la pente

Le profil en long du Mirwa vers l'Imbo est convexe, la pente est plus forte vers le haut (Mirwa) et faible vers l'aval (Imbo). La ville de Bujumbura est située sur la rive est du lac Tanganyika, dans la vallée du rift africain. Cette situation lui confère une topographie aux pentes abruptes avec des écoulements torrentiels, depuis les hautes montagnes qui forment la crête Congo-Nil et qui hébergent les sources des quatre grandes rivières qui traversent la ville d'est en ouest ; puis aux pentes très faibles dans la plaine avec des divagations naturelles des cours d'eau et des écoulements insuffisants.

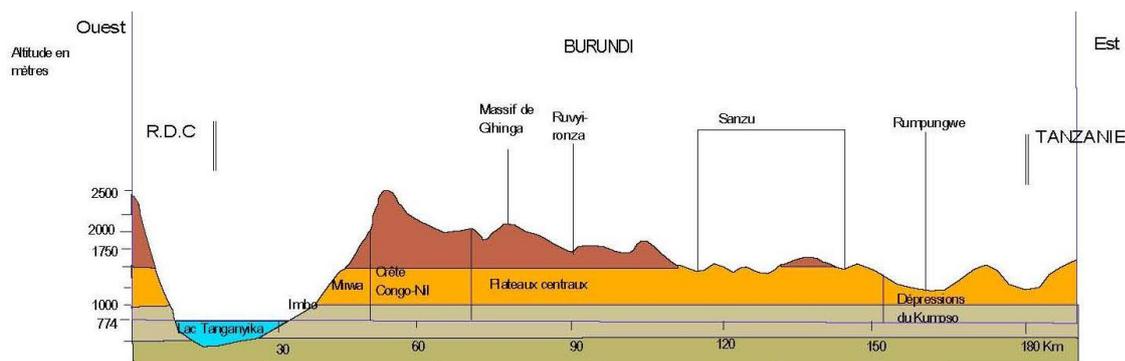


Illustration 9. Profil en long du Mirwa vers l'Imbo (au bord du lac)

1.1.2.3. La profondeur, l'état et le type de sols

Dans leur partie amont (Mirwa), les bassins versants des alentours de Bujumbura ont un sol profond constitué de ferrisol humifère limoneux, rouges. Ces sols sont fertiles mais ne doivent être cultivés qu'avec de très grandes précautions car l'érosion y est intense et leur pouvoir de rétention de l'eau très élevé provoque souvent des glissements de terrains. De plus le niveau de dégradation de ces sols est accentué par la forme convexe du profil en long (illustration 9).

Plus proche de la zone urbanisée, deux phénomènes se combinent : d'une part la mise en valeur excessive associée aux pentes fortes conduit à une érosion intense, avec donc une perte d'épaisseur et de fertilité des sols ; d'autre part à l'approche de la plaine dans l'Imbo, les bas-fonds ont des sols constitués par des vertisols. Ces sols ont une couleur noire et proviennent de l'association entre les argiles et la matière organique. Ils se développent naturellement dans les zones mal drainées, et renforcent l'imperméabilité. En saison des pluies, l'eau apportée par les averses s'infiltre peu lentement et s'évapore en grande partie au lieu de rejoindre les réserves du sol. Le drainage est très insuffisant et le potentiel d'infiltration très faible, d'où un risque d'inondation important.



Illustration 10. L'escarpement et la quasi-absence de couvert végétal expose le sol à l'érosion.

1.1.2.4. Le couvert végétal

La végétation est essentiellement formée d'une savane boisée très ouverte, mais l'extension des espaces de culture réduit progressivement leur espace. Le couvert forestier primaire n'existe plus. La surexploitation des terres et les pratiques agricoles inadéquates augmente l'érosion des sols, contribue aux inondations des terres de la plaine et créent des ravins aux alentours de Bujumbura.

Faute d'un couvert végétal adéquat dans les bassins versants des principaux cours d'eau qui traversent la ville de Bujumbura, les écoulements des eaux pluviales pendant la saison de fortes précipitations entraînent des glissements de terrains et des éboulements. L'érosion est aussi reconnue comme une menace de pollution des rivières et du lac Tanganyika qui a des conséquences néfastes sur la qualité de l'eau et les écosystèmes aquatiques.

L'agriculture se fait sans tenir compte des pentes, avec souvent un labour dans l'axe de la pente qui favorise énormément l'érosion. La période qui suit immédiatement le labour est de ce fait très érosive, avec un sol déstructuré et exposé. En parallèle les plantations fixatrices sont très rares. Les zones non irriguées en amont de Bujumbura sont cultivées sur deux saisons pluvieuses sur les mêmes sols, sans jachère. La surexploitation des terres, et l'exposition des sols sans couvert végétal pendant une longue période de l'année, l'expose à l'érosion et à la dégradation.

Les forêts naturelles et les boisements artificiels sont presque inexistantes, de même l'agroforesterie n'est pas développée. On trouve quelques plantes agro forestières : manguiers, avocatiers avec une très faible densité. Le développement de l'agroforesterie pourrait répondre aux besoins non seulement en bois de chauffe, mais aussi aider la culture des haricots volubiles qui nécessitent des tuteurs pour se développer.

Le maintien d'un maximum de couverture boisée et/ou cultures pérennes s'avèrent indispensable au contrôle hydrologique du bassin versant. Le constat est que la dégradation des sols est atténuée dans les rares zones du bassin versant où ont été plantés les bananiers, les palmiers à huile et les arbres agro-forestiers.

1.1.2.5. L'inadéquation de l'assainissement des eaux pluviales dans les zones urbanisées

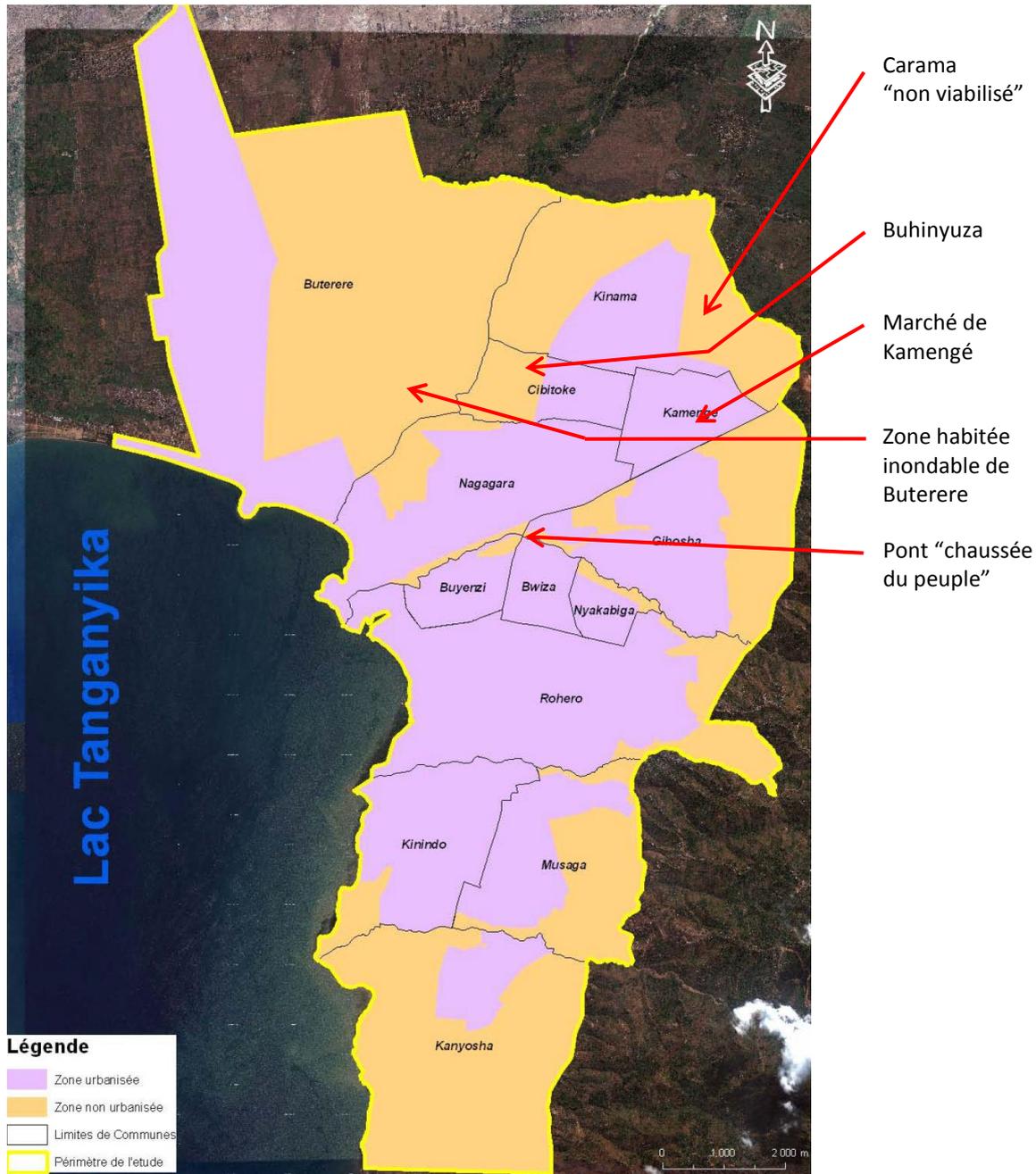


Illustration 11. Zones présentant un déficit d'assainissement pluvial (en orange) ; les flèches rouges pointent vers les zones ayant été particulièrement affectées par les inondations (Source : [Etude sur la collecte et l'évacuation des eaux pluviales](#))

Les zones les plus impactées par les inondations de février 2014 sont clairement celles qui avaient été identifiées dans sur la carte ci-dessus comme présentant un déficit en matière d'assainissement pluvial. Ce sont notamment le quartier Carama Est (« non viabilisé »), la commune de Buterere, et le long de la rivière Nyabagere dans la commune de Kamengé. En réalité certaines de ces zones ont été « urbanisées » sans avoir été viabilisées au préalable. L'urbanisation augmente considérablement les volumes de ruissellement tout en les concentrant.

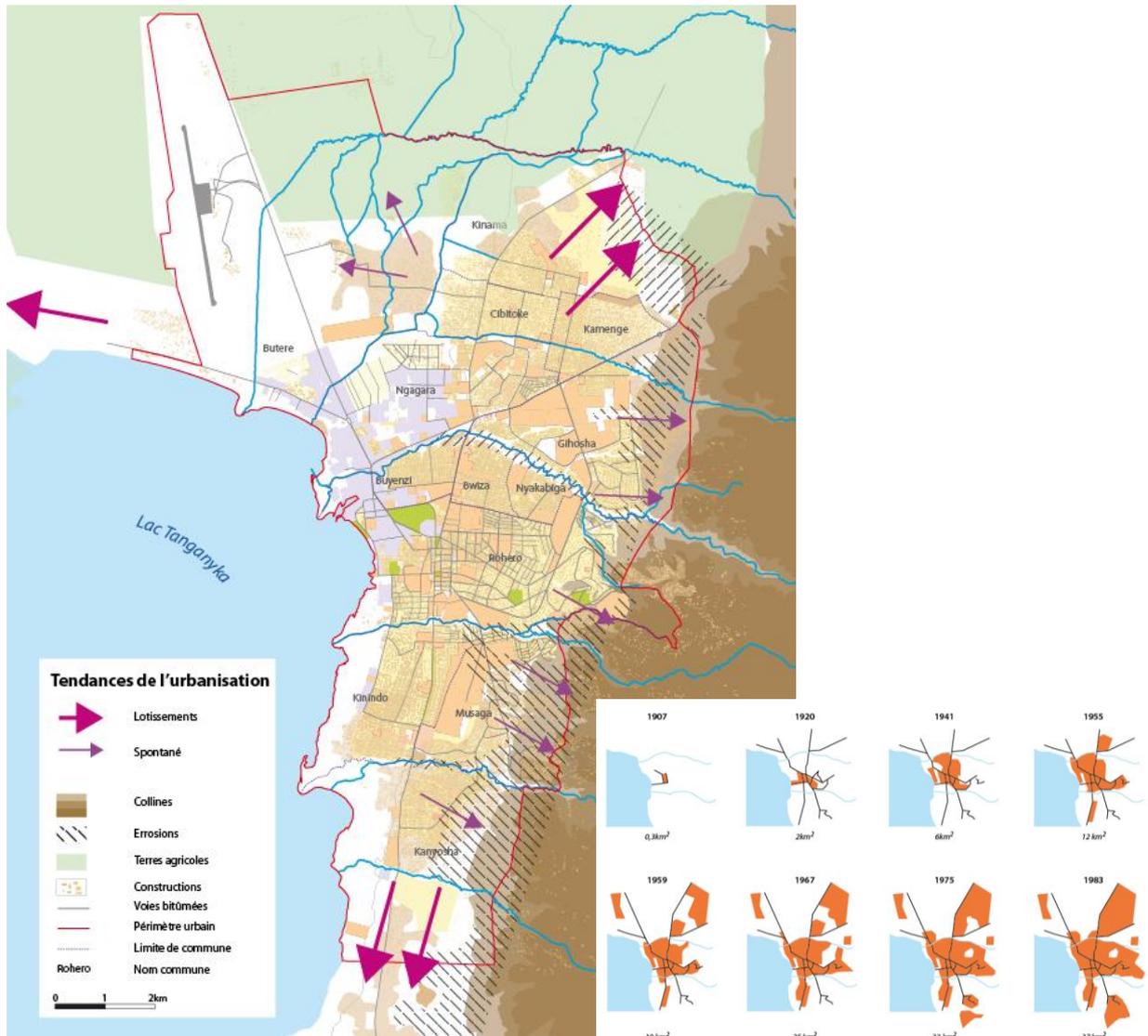


Illustration 12. Evolution de la surface urbanisée de Bujumbura depuis 1907 et tendances actuelles de l'urbanisation (source : [Schéma directeur d'aménagement urbain](#))

L'augmentation de la surface urbanisée conduit à surcharger parfois catastrophiquement les réseaux situés à l'aval (quand ils existent) ou directement à noyer des zones qui n'étaient pas prévues pour recevoir ces débits. De nombreux ouvrages de collecte des eaux pluviales ont été dimensionnés par rapport aux conditions d'il y a 20 à 30 ans, et ne sont pas adaptés aux ruissellements actuels.

Enfin, selon les témoignages, la rivière Gasenyi a été déviée de son cours originel afin de permettre la culture du riz, avant le début de l'urbanisation de la zone. Les habitations et le marché ont occupé des espaces anciennement utilisés pour l'agriculture sans que la rivière n'ait été replacée dans son cours original.

A titre d'exemple, certains collecteurs larges se déversent dans des exutoires de dimension plus réduite, ce qui entraîne invariablement des débordements, comme au niveau du collecteur de Kibonangoma qui se termine brutalement au niveau de la 22ème avenue à Carama.



Illustration 13. Le large collecteur de Kibonangoma (à gauche) se déverse dans un canal non maçonné (au centre) et l'exutoire étroit de la 22^{ème} avenue (à droite)

De plus, la Direction-Générale des Infrastructures Hydrauliques et de l'Assainissement ainsi que la Direction-Générale de l'Urbanisme ont développé en 2012 et 2013 des schémas directeurs d'urbanisme et d'assainissement des eaux pluviales de manière totalement indépendante. L'urbanisation se développe donc jusqu'à présent sans tenir compte des possibilités de collecte et de drainage des eaux pluviales, et réciproquement le réseau de collecte sans tenir compte des tendances en matière d'urbanisme.



Illustration 14. Schémas directeurs d'assainissement et d'urbanisation (2012 et 2013)

1.1.2.6. Le ravinement, lié notamment au niveau du lac Tanganyika

L'augmentation des vitesses d'écoulement et des débits joue un rôle très important dans les dynamiques d'érosion. Une cause est le déboisement et le manque de couverture végétale de l'ensemble des bassins versants, y compris et surtout dans les collines, qui conduisent à une augmentation très importante des débits initiaux. Un autre facteur à prendre en compte est le niveau du lac Tanganyika, qui influence directement l'équilibre du profil des rivières par un phénomène d'érosion régressive, à partir du lac et dans toute la « plaine de divagation ». Ces deux facteurs combinés permettent d'expliquer l'approfondissement progressif des lits mineurs en aval et par conséquent leur élargissement, menaçant souvent les habitations et les infrastructures.



Illustration 15. Ravin de Kamessa en périphérie de la ville (à gauche) ; proximité des écoulements de la Nyabagere et des habitations (à droite)

En effet les cours d'eau qui traversent Bujumbura ont un écoulement dit « torrentiel » en amont, et « fluvial » quand la pente se réduit. Un écoulement torrentiel est influencé uniquement par les contraintes qui se posent à l'écoulement ; par contre, l'écoulement fluvial est caractérisé par des divagations, des phénomènes d'érosion régressive, et influencé par l'ensemble des aménagements en aval et par la hauteur de l'exutoire, qui est soit directement le niveau du lac (Mutimbuzi, Ntakangwa, Muha, Kanyosha, Kirungwe), soit indirectement le niveau de la rivière qui elle-même est influencée par le niveau du lac (la Nyabagere se jette dans la Kinyankonge, la Mpimba se jette dans la Muha).

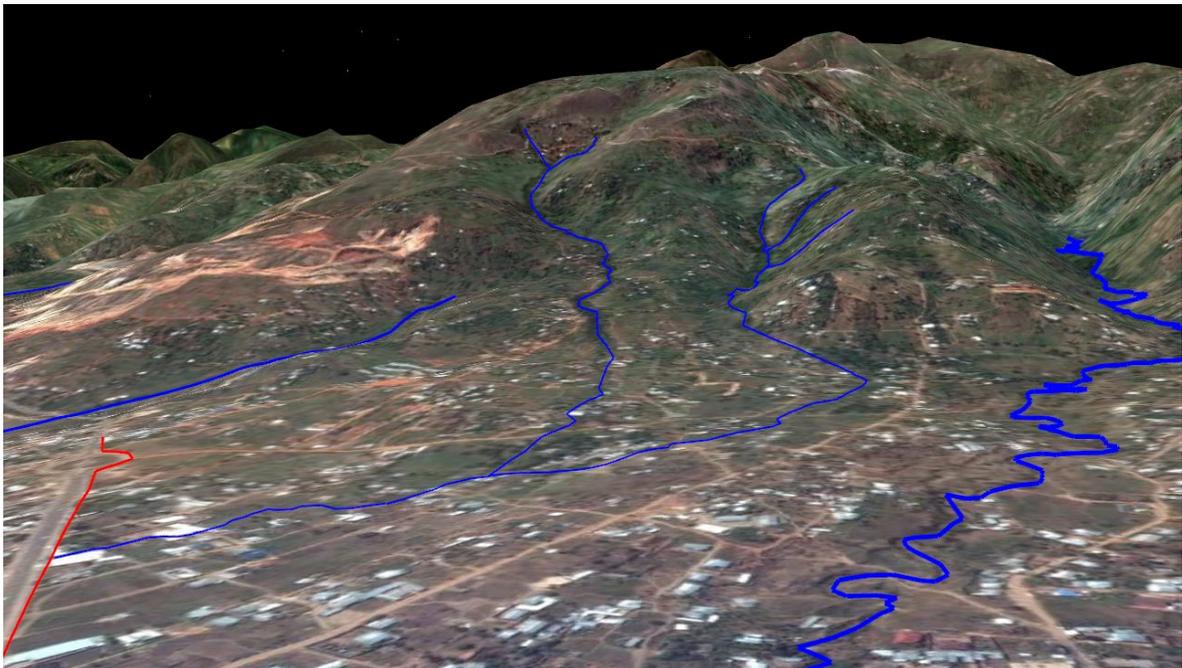


Illustration 16. Ecoulements torrentiels et divagations naturelles des rivières Nyakabugu, Cari, Nyabagere dans la plaine de l'Imbo (Source : [Etude sur la collecte et l'évacuation des eaux pluviales](#))

Les évolutions du système orographique aux alentours de Bujumbura méritent certainement une étude spécifique.

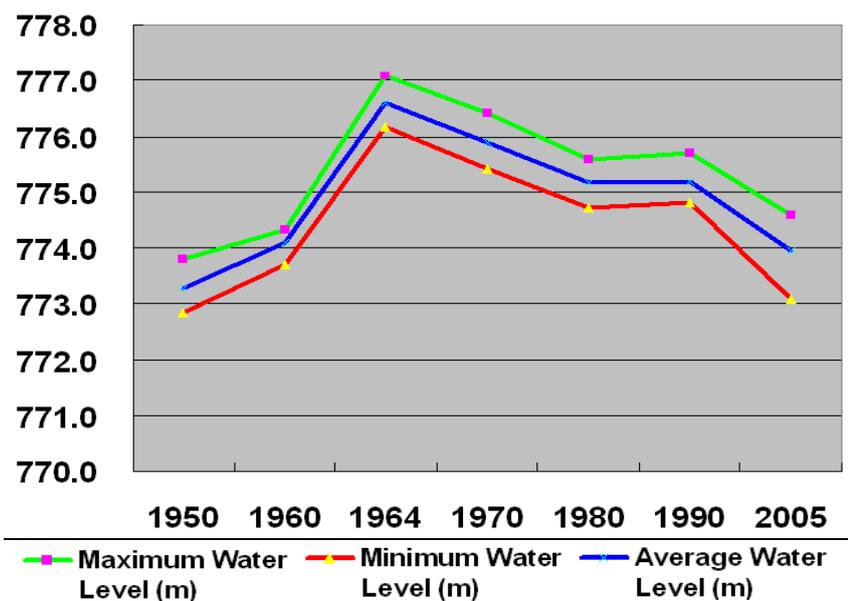


Illustration 17. Evolution du niveau du lac Tanganyika entre 1950 et 2005 (source : [IGEUBU-PAM : Modèles SIG sur les risques d'inondations de la ville de Bujumbura](#))

Cette étude pourrait entre autres clarifier le rôle du lac Tanganyika, qui présente d'une part un risque en matière d'inondation, avec potentiellement 1 310 grands bâtiments et 958 petits bâtiments inondés pour un niveau de 776m (enregistré en 1964 et présentant une période d'environ 50 ans) ; et d'autre part un risque en matière d'érosion, qui peut tout à fait être maîtrisé à condition d'équiper convenablement les exutoires des rivières.



Illustration 18. Zone potentiellement inondable pour un niveau de 776 m (source : [IGEUBU-PAM : Modèles SIG sur les risques d'inondations de la ville de Bujumbura](#))

1.1.3. Aléa sismique

Le pays ne dispose pas d'enregistreurs sismiques et il n'est donc pas possible d'écarter totalement la possibilité de la survenue d'un tremblement de terre de très petite amplitude en parallèle de la pluie (les séismes inférieurs à 3 sur l'échelle de Richter ne sont pas détectés par les réseaux internationaux). L'étude de Nigibira & al. « La vallée du rift est-africain face aux risques gravitaires : Cas de Bujumbura » montre que 93% des glissements de terrain dans la zone sont déclenchés par des conditions hydro-météorologiques plutôt que sismiques. De plus aucun signe d'activité sismique n'a été relevé sur le terrain ni ressentie par les personnes interrogées au cours de la nuit du 9 au 10 février. Cette piste n'est donc pas privilégiée.

1.1.4. Glissements de terrain et/ou obstruction temporaire du lit des rivières

L'étude de Nigibira & al. « La vallée du rift est-africain face aux risques gravitaires : Cas de Bujumbura » montre que la nature géologique ainsi que les aspects morphologiques et topographiques influencent de façon claire la répartition et la concentration des glissements de terrain et éboulements. Le contexte structural et tectonique régional fait que les massifs sont intensément faillés et fracturés. A cela s'ajoute le facteur climatique qui accélère les processus d'altération et d'érosion et le remodelage géomorphologique.

La majorité des glissements de terrain objet de l'étude (68 sur 89) ont lieu à proximité immédiate du lit des rivières, ce qui indique d'une part que les rivières contribuent – avec le creusement continu de leur lit dans ces roches tendres - le risque de glissement de terrain ; et d'autre part que plus des trois quarts des glissements menacent d'obstruer le lit des rivières et de créer des retenues temporaires. Ces retenues peuvent céder brutalement et générer des ruissellements sous forme de crue rapide, à fort potentiel destructeur.

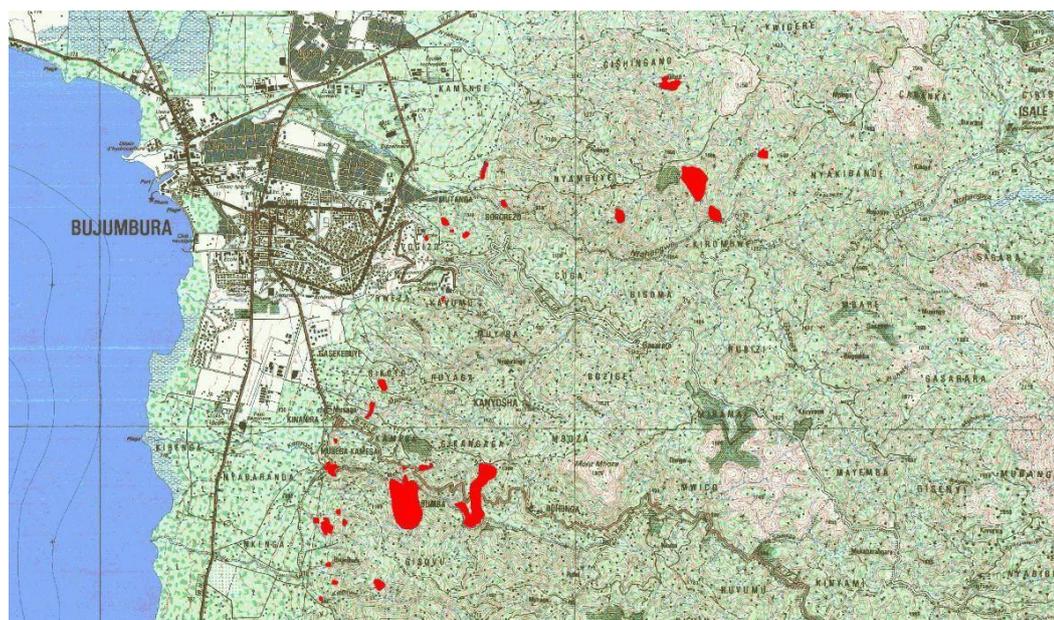


Illustration 19. Localisation (en rouge) des glissements de terrain objets de l'étude Nigibira & al. « La vallée du rift est-africain face aux risques gravitaires : Cas de Bujumbura » (septembre 2013) – projection sur la carte IGN 1982

Ces phénomènes d'obstruction temporaire et de crue rapide ne sont pas uniquement associés aux glissements de terrain d'origine naturelle. Un tel phénomène a été observé le 9 février 2014 au niveau de la rivière Gasenyi, à environ 800m en amont de la RN1 (voir emplacement au niveau de l'illustration 8). D'une part les habitants, le chef de colline et son conseiller ont pu confirmer la présence d'une retenue depuis l'année 2008, qui a cédé dans la nuit du 9 au 10 février. D'autre part une série de photos satellites de 2007, 2008, 2011 et 2013 ainsi que les photos prises dans le lit de la rivière le 9 mars ont permis de confirmer cette hypothèse.



En 2007, avant l'exploitation de la carrière, le lit de la rivière est bien prononcé (en sombre). La zone claire est le site d'exploitation.



En 2008, en cours d'exploitation, les camions ont aménagé un accès vers le lit de la rivière pour acheminer les pierres vers la RN1 à 800m en aval.



Cette zone aménagée bloque le lit de la rivière. En 2013, une petite retenue était déjà visible.



Cette image de 2011 montre au moins cinq camions simultanément dans le lit de la rivière

Illustration 20. Série d'images satellites DigitalGlobe de 2007 à 2013 montrant l'évolution du site d'exploitation de la carrière et l'obstruction du lit de la rivière Gasenyi

Dans ce cas, l'obstruction n'est pas le fait d'un simple glissement de terrain, mais d'une déstructuration complète d'un versant de la colline, qui s'est affaissé dans le lit de la rivière. En complément de ce phénomène, le passage des camions a tassé la retenue et lui a ainsi permis d'augmenter sa capacité de stockage. Il semble qu'un volume d'eau d'environ 15 000 m³ ai pu être retenu temporairement à ce niveau.

Le lit de la rivière lors de la visite de terrain du 9 mars est décalé d'environ 200m par rapport au lit originel, comme le montre le tracé du nouveau lit de la rivière superposé sur l'image satellite de 2011 ci-dessous. De plus le lit présente des marques nettes de la présence temporaire d'un lac de retenue, et d'une ouverture soudaine, avec une érosion importantes des berges et un charriage de blocs solides tel qu'illustré sur les photos.

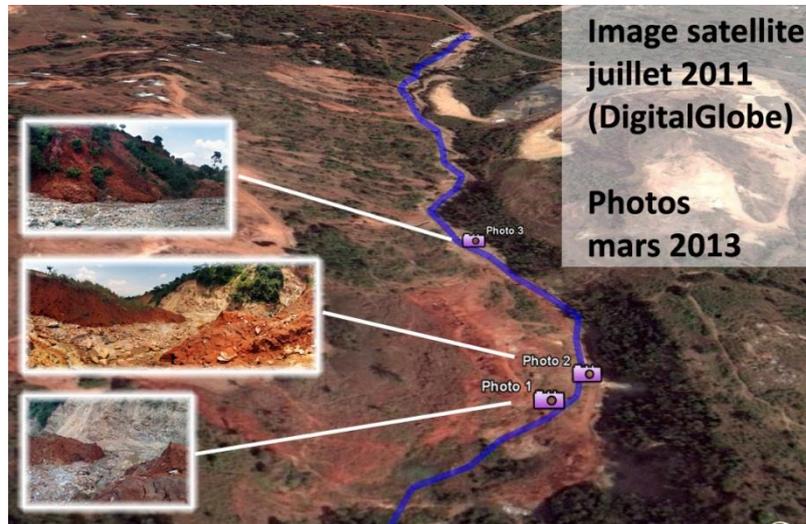


Illustration 21. Le tracé en bleu est l'enregistrement, au GPS, du centre du nouveau lit de la rivière Gasenyi. Les photos 1 et 2 montrent les traces d'une retenue temporaire. La photo 3 le versant de la colline, totalement détruit, qui continue à s'affaisser.

Cette configuration explique les dégâts observés en aval de la carrière dans le bassin versant de la rivière Gasenyi, notamment au niveau de la RN1 au PK8+200 et dans le quartier de Gatunguru. La crue rapide a permis le charriage des pierres et moellons sur une distance de plus de 2 km. L'image du 14 février traitée par UNOSAT ci-dessous montre bien la dynamique associée à ce phénomène.



Illustration 22. Image satellite montrant la crue rapide en aval de la RN1 au niveau du quartier de Gatunguru

1.2. Analyse de l'exposition

L'analyse se concentre sur les cinq communes les plus impactées au cours de la catastrophe : Mutimbuzi, Isale (à l'extérieur de la municipalité de Bujumbura), Buterere, Kamengé et Kinama (à l'intérieur). Ces cinq zones ont subi plus de 81% des dommages recensés. La partie amont (à l'est) de Kinama a été impactée par la crue rapide en provenance de la Gasenyi.

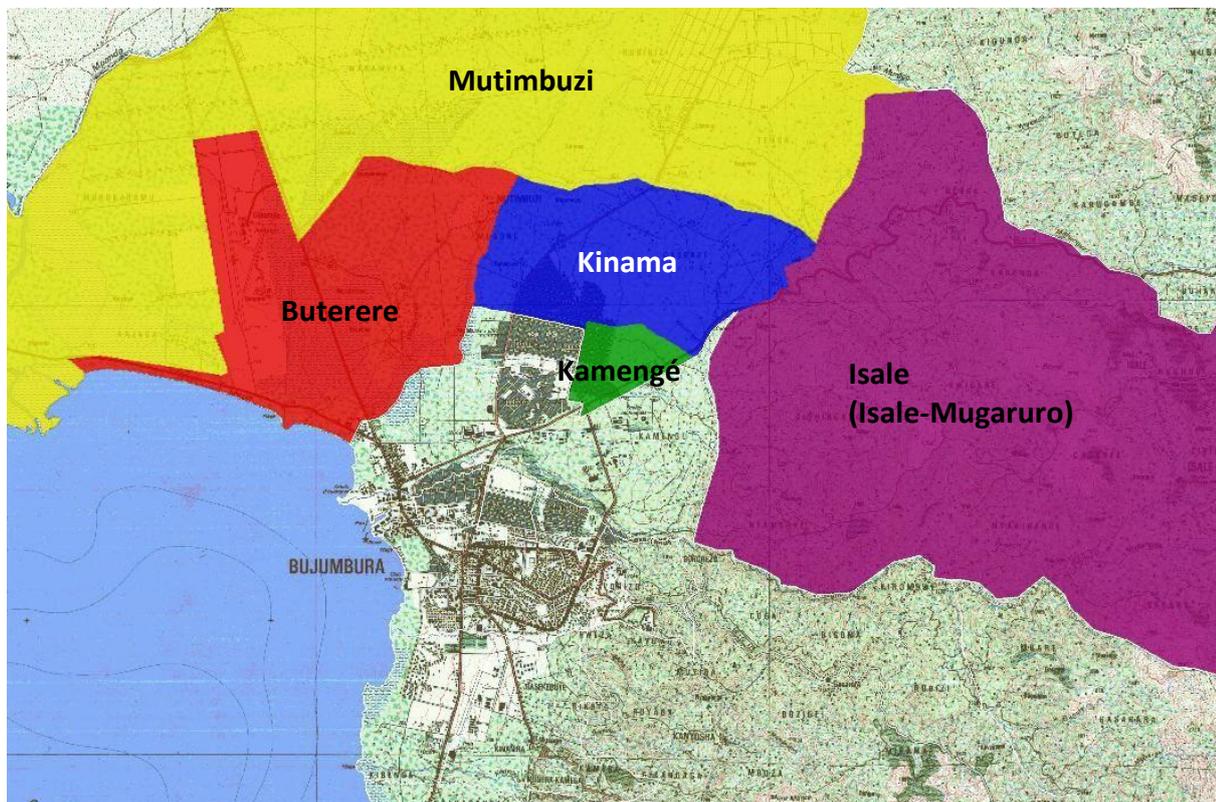


Illustration 23. Limites des communes de Buterere, Isale, Kamenge, Kinama, et Mutimbuzi, les plus impactées par la catastrophe

Ces différentes communes présentent un certain nombre de contraintes partagées avec la municipalité de Bujumbura, notamment dans ces différents types de zones :

- les fortes pentes des collines à l'est (7 5000 ha) ;
- les zones inondables, au bord du lac et dans la partie nord (1 400 ha) ;
- les zones de protection des berges des rivières et des bords du lac (zones tampons) :

1.2.1. Commune de Buterere

La commune de Buterere avait, en 2010, une population de 30 478 habitants. Elle est totalement dépourvue de réseau d'évacuation d'eaux pluviales. Il n'y a pas de vie commerciale visible, ni de marché. Les ordures ménagères ainsi que les eaux usées sont jetées dans les parcelles et sont emportées par les eaux des pluies qui inondent les quartiers. La décharge publique de toute la ville de Bujumbura et la station d'épuration des eaux usées sont toutes situées dans cette commune, située dans un environnement complexe dont l'assainissement

doit être intégré à une réflexion plus globale mettant en jeu des intérêts souvent contradictoires (intérêts agricoles, besoins d'urbanisation, activités économiques liées à la proximité de l'aéroport, contraintes topographiques et hydrologiques/hydrauliques).

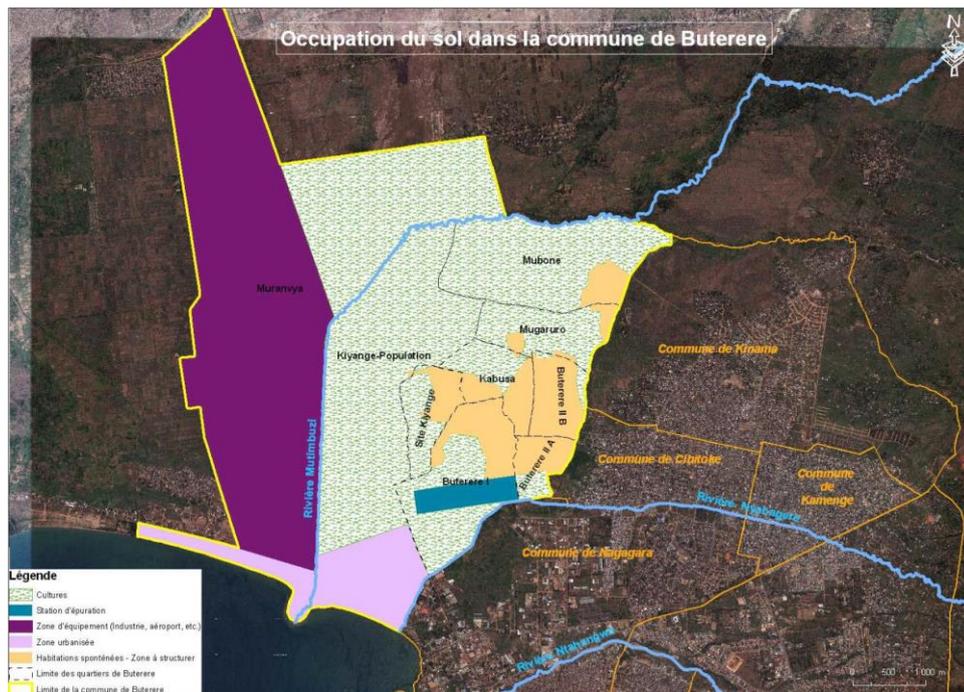


Illustration 24. Occupation des sols de la commune de Buterere

Aucune activité commerciale de grande envergure n'est connue, ni aucune activité industrielle ou touristique. Les infrastructures présentes sur la commune sont :

- un bâtiment administratif abritant le bureau de l'administrateur communal, le secrétariat, le service d'Etat civil et le bureau de la police judiciaire ;
- sur le même site, le bâtiment qui abrite le tribunal de résidence, un centre pour jeunes public et la cité des jeunes Don Bosco ;
- trois écoles primaires publiques (Buterere I, Buterere II, Mubone), deux privées (Ajeca, Mutualité), le lycée municipal public de Buterere, et 3 écoles secondaires privées (Kiyange, Centre Islamique Educatif de l'Avenir, Section technique de l'AJECA) ;
- un centre de santé public, avec un équipement suffisant, et des structures sanitaires privées (CESABU, La VIE) ;
- sur une population de 30478 personnes, 1912 seulement sont alimentés dont 239 abonnés à la REGIDESO et 882 par 18 bornes fontaines publiques fonctionnelles ;
- en 2010, 50 personnes avaient un compteur électrique REGIDESO (le reste de la population a recourt à des sources d'énergies traditionnelles comme le bois, la braise; le pétrole et la bougie) ;

- une seule route asphaltée (dénuée de canalisation) relie la route nationale Bujumbura - Cibitoke à la route nationale Bujumbura – Bubanza ; les autres voies sont 9 routes en terre inter quartiers qui nécessitent une réhabilitation ;
- le réseau de téléphones fixes de l'ONATEL n'est pas disponible.

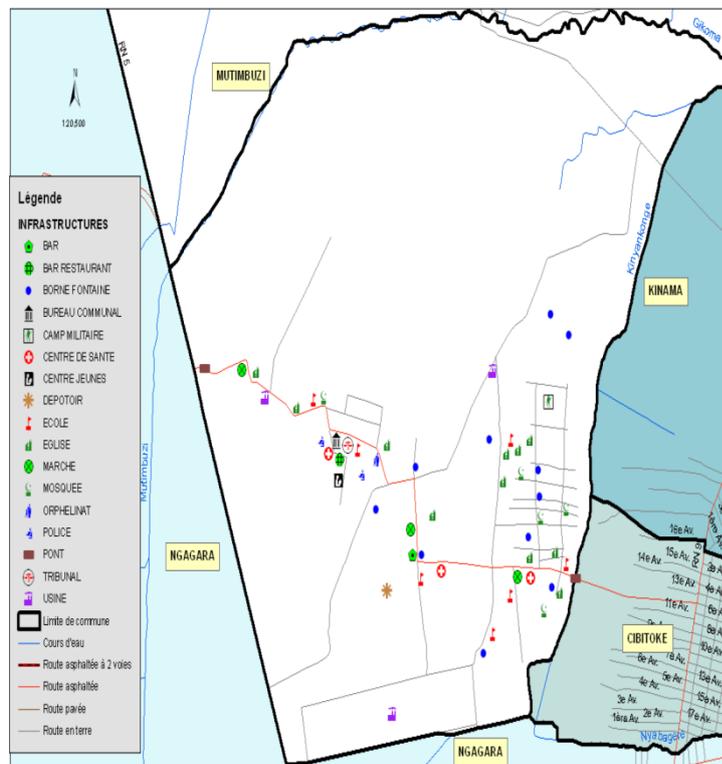


Illustration 25. Infrastructures économiques et sociales de Buterere

La plupart de ces infrastructures sont exposées au risque d'inondation, ainsi que la plupart des périmètres agricoles et/ou irrigués qui sont le moyen de subsistance pour la population.

Plus d'informations sont disponibles au niveau du [Plan Communal de Développement Communautaire de Buterere](#) et de la [monographie](#) associée.

1.2.2. Commune d'Isale

Isale a une superficie de 166,5km² et est subdivisée en quatre zones, seize collines et 61 sous-collines. Sa population qui avoisinait 85 000 personnes à la fin de l'an 2008 est répartie en 17 106 ménages. La densité est de 510 hab/km². La commune d'Isale est une des communes de la région naturelle de Mirwa, surplombant la ville de Bujumbura. Deux grandes rivières Ntakangwa et Muhunguzi passent par la commune et beaucoup d'autres petits cours d'eau et sources d'eau potable sont présents (373 sources).

L'agriculture est l'activité principale de la population : haricot, bananier, pomme de terre, patate douce, manioc, café et palmier à huile. L'élevage est aussi développé, avec peu de gros bétail (241têtes) mais davantage de caprins (2959 têtes), ovins (178 têtes), porcins (1246), et animaux de basse court (environ 35 000) et de l'apiculture.

Les infrastructures sont :

- le bureau communal vétuste ;
- les infrastructures des services techniques : 4 CDS et 1 tribunal de résidence
- 5 écoles secondaires et 25 écoles primaires.

Les glissements de terrain sont à l'origine de nombreuses destructions comme ça a été le cas dans la colline de Kibuye (environ 6000 habitants). Cette colline aurait connu à elle seule 3 glissements de terrain d'une importante ampleur. La population a évacué la zone après le premier glissement de terrain et a ainsi limité des pertes humaines lors des 2 glissements suivants.

Plus d'informations sont disponibles au niveau du [Plan Communal de Développement Communautaire d'Isale](#).

1.2.3. Commune de Kamenge

La population de la commune de Kamenge est de 50 188 habitants, La commune est dans le périmètre urbain de la capitale et ne possède pas d'espaces réservés aux activités agricoles. Quelques paysans se déplacent dans les localités avoisinantes pour y cultiver certains produits vivriers comme le riz, la patate douce, le manioc, le maïs, dont la production est principalement réservée à l'autoconsommation. C'est le commerce et l'artisanat qui constituent la source de revenu principale de la population, avec aussi de nombreux services comme le transport urbain (bus, camions, taxi-moto, taxi-vélo), salons de coiffure, salles de projection cinématographique.

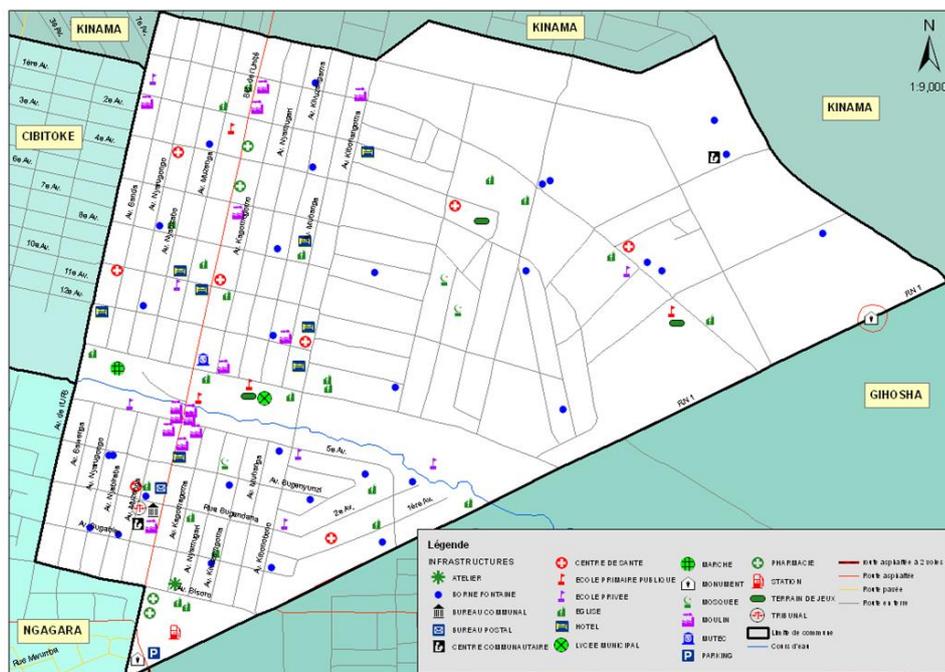


Illustration 26. Carte des potentialités économiques à Kamengé

Les infrastructures incluent :

- Un bureau communal, sur le même site qu'un centre pour jeunes et un tribunal de résidence ;
- Le marché de Kamenge ;
- Les écoles publiques Kamenge I et Kamenge II, le lycée Municipal Kamenge, et l'EP Mirango I ;
- Un centre de santé communautaire ;
- Les routes dont deux goudronnées, le boulevard de l'unité et la RN1, qui sont les principales artères de la commune, les autres étant constituées d'avenues ou de rues pour permettre la circulation à l'intérieur des différents quartiers ;
- 26 bornes fontaines publiques réparties dans tous les quartiers ;
- Un réseau électrique et téléphonique dans 6 quartiers.

Ce sont les infrastructures le long de la rivière Nyabagere, insuffisamment canalisée, qui sont les plus exposées au risque d'inondation. On compte notamment 5 écoles, quelques moulins et le marché, qui a été réhabilité récemment par le projet PTPCE et dont plusieurs rangées de stands ont été emportés lors de la crue dans la nuit du 9 au 10 février.

Dans la commune de Kamenge, il y a globalement 0.37 m de caniveau pour chaque mètre de voirie. C'est une commune totalement urbanisée. Le réseau d'eaux pluviales de la commune est insuffisant et a besoin d'être complété pour assurer une évacuation efficace des eaux de ruissellement. Des travaux de réhabilitation (curage, reprofilage et/ou recalibrage) sont également à prévoir pour une mise à niveau du réseau existant.

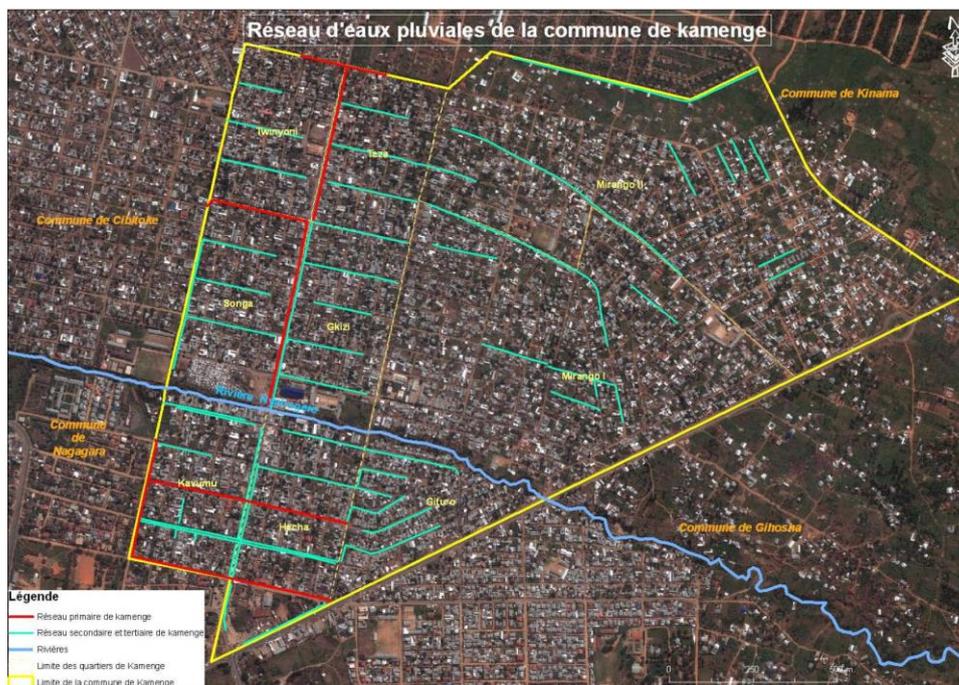


Illustration 27. Réseau de collecte des eaux pluviales de Kamenge

La surface de la commune de Kamenge a fortement réduit suite au morçèlement de 1999, qui a séparé l'ex-Commune de Kamenge en deux parties dont l'actuelle commune de Gihosha. Cela s'est traduit par la perte d'importantes infrastructures socio-économiques.

Plus d'informations sont disponibles au niveau du [Plan Communal de Développement Communautaire de Kamenge](#) et de la [monographie](#) associée.

1.2.4. Commune de Kinama

Kinama, dans la plaine de l'Imbo, est traversée par les rivières Gasenyi, Kidumburwe et Kinyankonge. La commune est séparée entre une zone viabilisée, à l'ouest, et une zone non viabilisée à l'est (Gatunguru et Gasenyi). Selon les estimations, la population de cette commune a connu une augmentation de 49776 habitants en 2008 à 61145 habitants en 2013. Avec une superficie de 56 km², la densité de population serait ainsi passée de 889 à 1092 habitants au km² en 5 ans. La population des quartiers non viabilisés Gatunguru et Gasenyi est estimée en 2013 est de 3 858 habitants. Du fait d'investissements insuffisants, les infrastructures d'hygiène et d'assainissement sont restées également insuffisantes par rapport aux besoins de la population.

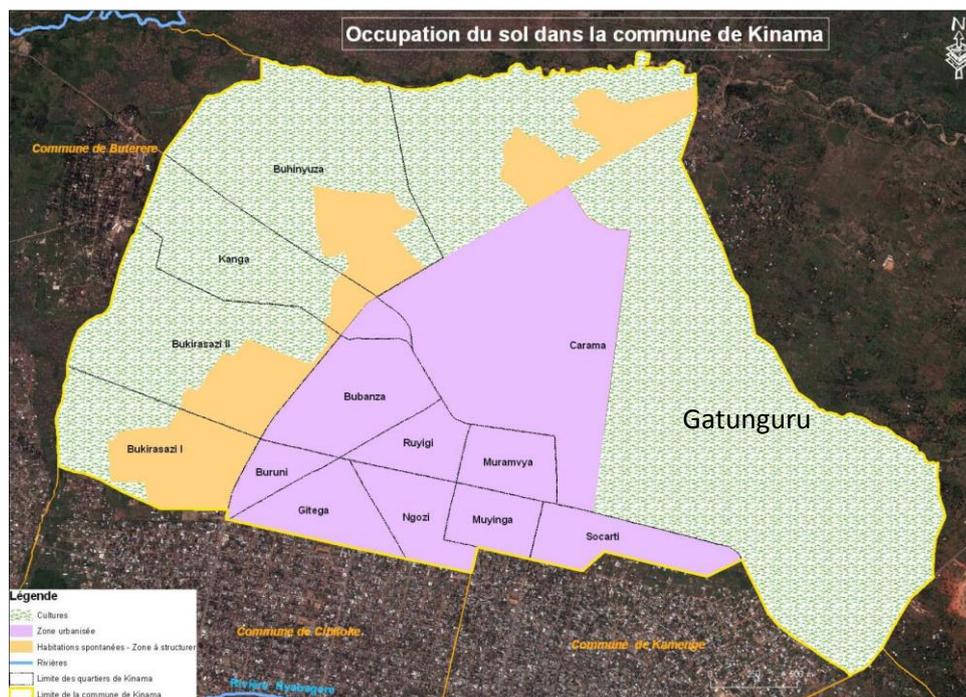


Illustration 28. Occupation des sols de la commune de Kinama

Les autorités estiment que 700 ménages y auraient perdu leurs maisons du fait des torrents de boue et de moellons charriés par la rivière Gasenyi qui a quitté son lit. Détruit à près de 90%, le marché principal de Gatunguru se reconstruit lentement, et les commerçants utilisent exactement les mêmes matériaux (essentiellement du bois) faute de moyens financiers et d'appuis conseils / techniques.

La commune de Kinama compte 81.4 km de voies contre 48.3 km de réseau d'eaux pluviales, soit un taux théorique d'équipement de 59%. L'analyse de la distribution spatiale du réseau d'eaux pluviales existant montre qu'il est concentré dans la partie urbanisée de la commune, qui représente environ 50 % de la superficie totale de Kinama. Une bonne moitié de la commune est totalement dépourvue de caniveaux (parties Est, Ouest et Nord).

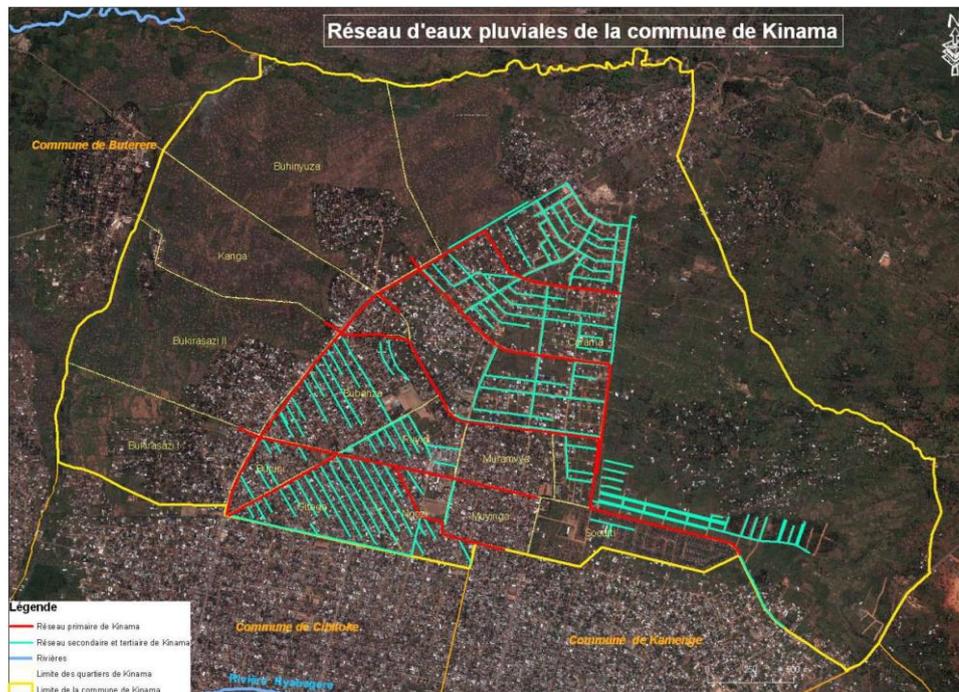


Illustration 29. Réseau de collecte des eaux pluviales de la commune de Kinama

Les infrastructures dans la commune de Kinama incluent :

- Un tribunal de résidence ;
- Etablissements scolaires : 5 écoles primaires publiques Kinama I, Kinama II, Kinama III, Kinama IV et Gasenyi III ; et 8 privées ECOSA, Ecole du Béthel, La science, St Jacques, Don Joseph, Shaloom, St Basile, St Placide ; et 2 établissements secondaires publics : Lycée Ste Famille Kinama et du Lycée municipal de Kinama ;
- 12 centres de santé, tous privés dont un seul agréé ;
- Un centre d'enseignement des métiers ;
- Un grand marché, des minis marchés à Bukirasazi I, Carama, Kanga et Ngozi, ainsi que 61 restaurants, 37 bistrot, 191 boutiques, 57 salons de coiffure, 2 boulangeries, 34 ateliers de soudure, 7 ateliers de réparation électronique, etc. ;
- 418 parcelles raccordées à l'eau potable et 1229 ménages sont abonnés à l'électricité.

Les quartiers Bukirasazi I, Bukirasazi II, Buhinyuza et Kanga n'ont jamais fait objet de viabilisation. Seule une route intérieure reliant Kamenge à la RN9 via Kinama est asphaltée, et les rues pavées totalisent un linéaire de 800 mètres (avenues Busoni 500m et Buyengero 300m). Certaines rue dans les quartiers Bukirasazi I, Bukirasazi II, Buhinyuza et Kanga ainsi

qu'une partie des quartiers Carama (Cardito) et Bubanza (de la 23ème à la 25ème avenue), ont été tracées par la population sans respect des normes techniques alors qu'une partie du quartier Carama (Carama-ECOSAT) a été viabilisée mais avec des caniveaux de dimensions insuffisantes. L'assainissement à Kinama est largement sous-dimensionné, une partie du territoire est considéré comme fortement exposé à des risques d'inondation.

Plus d'informations sont disponibles au niveau du [Plan Communal de Développement Communautaire de Kinama](#).

1.2.5. Commune de Mutimbuzi

La commune est traversée par trois cours d'eau, dont deux ont un caractère torrentiel au niveau des Mirwa (Rusizi, Muzazi), tandis que la Gikoma arrive depuis la commune d'Isale avec un régime fluvial. La Muzazi et la Gikoma après leurs confluence forment la Mutimbuzi qui rejoint le lac en traversant le bas-fond.

La population est de 69037 habitants en 2008 (314 hab/ km²). Les zones de Maramvya, Rukaramu et Gatumba montrent de forte concentrations humaines et une activité commerciale développée surtout pour les articles de première nécessité (alimentaire).

La majorité de la population subvient à ses besoins avec des cultures vivrières (riz, maïs, haricot, patate douce, arachide, banane manioc), et possède en parallèle quelques cultures de rente (café robusta, palmier à huile, coton) ou maraîchères (tomates, aubergines, mangues, avocats) ou de fleurs. L'élevage y occupe une place non moins négligeable, avec une spécialisation (l'agriculteur de Mutimbuzi n'est pas aussi éleveur). L'élevage moderne est développé, avec Sobel, Avicom, Nkunuzimana Stany, et autres. On y pratique également l'élevage des caprins, ovins, des porcins, des poules, des lapins et des abeilles.

Les activités qui se rencontrent dans la Commune sont principalement : menuiserie, briqueterie, pêche, couture, cordonnerie, soudure. Les sous-sols exploités surtout pour l'extraction des pierres, moellons, sables et graviers dans les rivières Murago et Muzazi et Gikoma.

La Commune Mutimbuzi dispose des infrastructures suivantes :

- un bureau communal ;
- le tribunal de résidence ;
- un bloc servant de bureau de l'agronome communal, le vétérinaire communal, l'officier de police judiciaire ;
- les bureaux des zones de Rubirizi, de Maramvya, de Rukaramu et de Gatumba ;
- 4 centres de santé publics ;
- 5 centres de santé privés ;
- 7 pharmacies privées ;

- 2 lycées communaux, 1 lycée sous convention, 2 collèges communaux, 4 écoles secondaires privées, 15 écoles primaires publiques, 5 écoles privées maternelles et primaires

et est traversée par quatre routes nationales à savoir RN1, RN4, RN5 et RN 9.

Plus d'informations sont disponibles au niveau du [Plan Communal de Développement Communautaire de Mutimbuzi](#).

1.3. Analyse de la vulnérabilité des infrastructures

1.3.1. Réseau routier (routes et ponts)

Les principaux facteurs contribuant à la vulnérabilité du réseau routier sont :

- la pente raide des talus ;
- l'abondance des précipitations et des écoulements d'eau ;
- la nature de la roche formant les talus et son état dégradée et l'épaisseur importante de la couche d'altération ;
- les cultures vivrières et l'exploitation des carrières mettant à nue et rendant les sols vulnérables pour les éboulements des talus de déblais ;
- l'absence ou au mauvais fonctionnement du système de drainage en haut des talus (fossés de crête non fonctionnels) ;
- les pentes élevées des fossés longitudinaux canalisant les eaux de ruissellement en pied des talus sur des distances trop importantes (effets néfastes observés au moindre dysfonctionnement de ces fossés) ;
- le sous-dimensionnement des ouvrages hydrauliques et leur mauvais état structurel et fonctionnel, quand ils existent ;
- l'entretien limité des aménagements routiers.

La route nationale 1 (RN1) est caractérisée par un relief particulièrement escarpé avec des dénivellations importantes. Dans sa première partie, elle traverse la plaine de l'Imbo à l'allure rectiligne, pour monter à 900 m d'altitude. Les cinq premiers km présentent une forte dégradation environnementale, surtout au niveau des carrières qui fournissent la ville en matériaux de construction. La deuxième partie correspond à la zone qui relie la dépression de l'Imbo à la crête du Congo-Nil (2200-2600m). Les déformations de la chaussée ne sont pas fréquentes et sont généralement des tassements localisés dus à une instabilité du talus naturel et à un mauvais drainage de la chaussée qui a causé déjà la destruction de deux passages hydrauliques après les pluies de l'année 1995. Jusqu'à la ville Bugarama, située à 35 km de la capitale, la route traverse des zones instables où le talus naturel risque de subir des glissements importants qui provoqueraient la coupure totale de la route. Il s'agit précisément

du talus situé au PK19,8, d'environ 100 m de longueur, dont le pied est érodé par la rivière Muhunguzi.

La route nationale n°3 se trouve au pied du versant occidental de la crête Congo-Nil, qui présente une chute brutale de la montagne sur la plaine de l'Imbo. Un réseau très dense de rivières torrentielles y est développé. Avec cette morphologie, les eaux de ruissellement s'écoulent avec une grande vitesse et charrient une grande quantité de matière solide. Si on ajoute à cela, la déforestation intense et la nature du sol (argileux avec des blocs de granite), le coefficient de ruissellement augmente, la quantité des matériaux transportés par les écoulements se multiplie et les gros blocs sont transportés par les écoulements torrentiels. Devant cette situation, les ouvrages hydrauliques réalisés sur la route se trouvent incapables de transiter la quantité d'eau arrivant avec une quantité de charriage importante, qui les bouche. Ainsi, les eaux de ruissellement débordent fréquemment la route menaçant sa pérennité. Malgré les interventions par le remplacement des anciennes buses par d'autres de dimensions plus grandes, le problème d'évacuation des eaux est toujours présent.

La route nationale n°4 relie la ville de Bujumbura à la frontière avec la République Démocratique du Congo. Cette route se trouve le long du lac Tanganyika et toutes les rivières qui se jettent dans le lac en provenance du versant nord-ouest de la ville traversent cette route. Comme la destination finale de ces eaux est le lac Tanganyika, toute pluviométrie exceptionnelle engendre des dégâts collatéraux sur certains ouvrages hydrauliques qui sont parfois sous dimensionnés, notamment le dalot situé sur la rivière Kinankonge, en début d'itinéraire (PK 4.9).

La RN7, quant à elle, traverse dans ses premiers 30 km une région montagneuse très accidentée et comporte de nombreux ouvrages de drainage et de soutènement. Les abords de la route subissent une forte pression humaine particulièrement sur les sols qui sont cultivés dans le sens de la pente. Les eaux de ruissellement sont permanentes à cause de la pluviométrie très élevée qui atteint les 2300 mm. Ce facteur de ruissellement constitue un agent important de dégradation de la chaussée et de ses abords. L'érosion hydrique provoque des éboulements localisés, des glissements, des affaissements, des éboulements et des arrachements du revêtement engendrant à long terme des nids de poule et des glissements de talus naturels.

La route nationale n° 9 se trouve au pied du versant des montagnes qui surplombe la ville de Bujumbura dans sa partie Nord-Ouest. Elle relie la ville de Bujumbura au chef-lieu de la province Bubanza. Avec cette morphologie, les eaux de ruissellement s'écoulent à partir des hauteurs surplombant la ville arrivant à cette route avec une grande vitesse et une quantité considérable d'eau et des produits charriés de toute nature (arbustes, blocs rocheux, etc.). Conséquemment, les ouvrages hydrauliques réalisés sur la route contiennent difficilement la quantité d'eau arrivant avec une quantité de charriage importante, qui les bouche. Ainsi, les eaux de ruissellement ont tendance à déborder ou créent des forts ravinements en aval des ouvrages hydrauliques et mettent en péril leur pérennité. Il y a lieu de distinguer deux sections sur la RN9, la première entre Bujumbura et Bubanza et la deuxième entre Bubanza et

la RN10 (NDORA). Cette dernière section, très accidentée est en cours de construction. Quant à la première section, c'est une route de plaine.

La route nationale 10, qui relie la ville Rugombo située sur la RN5 à la ville de Kyanza située sur la RN1, traverse transversalement les formations de la crête Congo-Nil. Elle passe à travers un paysage dominé par les collines. La cote maximale atteinte est de l'ordre de 2275m. Le long de la route, les talus sont formés par une couche d'altération pouvant atteindre 5m d'épaisseur et une roche mère constituée essentiellement de schistes, de micaschiste, de kaolinite, de schiste gréseuse, de mica blanc (muscovite) et des intercalations de quartz. La couche superficielle d'altération provoque souvent les glissements lorsqu'elle se trouve en état de saturation. En regard du processus d'altération très important vu les conditions climatiques favorables (pluviométrie intense, climat chaud, etc.) jumelé avec une pente aussi favorable, les schistes par leur structure feuilletée subissent souvent des altérations intenses jusqu'à la dislocation.

La stratégie d'entretien jusqu'ici mise en œuvre au niveau de la gestion du patrimoine routier national apparaît inadéquate au regard de l'état général de fatigue des couches de chaussée des différentes routes du réseau. Les opérations d'entretien actuellement limitées surtout à des interventions de petites et moyennes entreprises pour des travaux de curage et de nettoyage des fossés et des éboulis n'intègrent pas des actions directes sur les couches de chaussée et/ou les ouvrages. Cette absence d'interventions sur les couches portantes, loin d'être une conséquence des limites objectives de capacités techniques, matérielles ou financières des petites et moyennes entreprises, dénote plutôt une insuffisance dans la planification et le mode de priorisation des travaux d'entretien au niveau de l'Office des Routes qui ne dispose pas actuellement d'instruments et d'outils fiables pour la gestion du réseau et la programmation des travaux d'entretien. Les insuffisances ainsi relevées dans le système ne permettent pas non plus d'optimiser l'utilisation des ressources mobilisables dans le secteur par défaut de garantir l'indispensable corrélation à assurer entre l'entretien courant et périodique et la réhabilitation et/ou la modernisation du réseau routier.

1.3.2. Infrastructures scolaires

L'état physique des infrastructures scolaires même réparées reste potentiellement exposé à la précarité liée à leur position géographique à proximité des cours d'eau ou à leur situation en plein quartier populaire sans clôture ou à l'insuffisance de leurs normes de construction.

Des actions de réhabilitation ou de correction à court terme qui seront envisagées n'auront d'effets durables que si les collines surplombant la ville sont aménagées de manière à favoriser l'infiltration au sol des eaux pluviales. Ces actions devraient nécessairement être complétées par d'autres visant le maintien des cours d'eau dans leurs lits. Elles s'accompagneraient d'une sensibilisation de la population au sens et à l'intérêt des infrastructures communautaires et de l'érection des clôtures pour limiter leur utilisation abusive ou désordonnée par les non destinataires en temps de vacances. Les prochaines constructions scolaires telles que préconisées dans le Plan Sectoriel de Développement de l'Education et de la Formation 2012-2014, devraient être assujetties aux normes standards de

l'école amie de l'enfant pour venir à bout d'autres aléas comme les vents violents identifiés dans le plan de contingence pour une meilleure durabilité.

1.3.3. Marchés

Les principaux facteurs contribuant à la vulnérabilité des marchés sont :

- Fréquence insuffisante d'évacuation des déchets en lien avec moyens limités des entreprises œuvrant dans le domaine, entraînant des problèmes d'hygiène ;
- Surpopulation des marchés suite à la démographie galopante des villes, entraînant des problèmes d'occupation de l'espace et de sécurité ;
- Aménagement des kiosques en bois dans les marchés pour la conservation des marchandises, constructions très vulnérables du point de vue de la sécurité, voire même d'incendie ;
- Inexistence d'un réseau collectif d'évacuation des eaux usées provoquant un remplissage rapide des systèmes de fosses septiques et puits perdus traditionnels.

1.3.4. Réseau d'adduction en eau potable

Les principaux facteurs contribuant à la vulnérabilité des réseaux d'adduction d'eau potable concernent :

- le non-respect des zones de protection des ouvrages de captage ou d'adduction ;
- la faible protection des infrastructures au niveau de la traversée des cours d'eau ;
- et la proximité des zones sujettes effondrements ou glissements de terrain dans les bassins versants de certains cours d'eau traversant Bujumbura, comme c'est le cas notamment au niveau de la rivière Ntakangwa.

L'exemple de la destruction de l'ouvrage de captage de la source de Gatunguru par la lame d'eau issue de la rivière Gasenyi est une illustration qui prouve que la REGIDESO devrait s'atteler à appliquer les bonnes pratiques en matière de protection des sources d'eau de la capitale. Cette protection des sources d'eau doit s'adosser sur deux principes de base :

- la délimitation d'une zone de protection éloignée des sources, non aedificandi mais qui favorise la plantation d'arbres pour régénérer le couvert végétal afin de freiner l'érosion hydrique ;
- et la délimitation d'une zone de protection rapprochée (mur de clôture) des sources.

Concernant la traversée des cours d'eau, il s'agit de revisiter les ouvrages d'art supportant les canalisations de façon à les consolider pour leur permettre de résister à des crues d'une période de retour d'au moins décennale et en assurant une maintenance périodique des structures de base des ouvrages pour réparer à temps les avaries constatées.

Pour ce qui est des effondrements et des glissements de terrain dans les bassins versants des cours d'eau, il s'agit d'une problématique globale qui concerne toutes les infrastructures et qui

nécessite une approche holistique dans le cadre d'une politique d'aménagement et de gestion des bassins versants des rivières traversant la ville de Bujumbura.

1.3.5. Réseau de collecte des eaux pluviales

Le réseau ne présente pas de vulnérabilité particulière, mais son dimensionnement et développement inapproprié au regard de l'urbanisation rend vulnérable certains quartiers, comme indiqué dans la section 1.1.2..5 (« L'inadéquation de l'assainissement des eaux pluvial dans les zones urbanisées »). Il s'agit dans le cas d'espèce d'appliquer les recommandations de l'[Etude sur la collecte et l'évacuation des eaux pluviales](#) de 2012 en mettant l'accent sur les actions prioritaires identifiées selon une planification à court, moyen et long terme.

L'autre circonstance contribuant à la vulnérabilité est le manque de moyens du service technique municipal (SETEMU) pour prendre en charge les opérations d'entretien et de maintenance (préventif et curatif) des infrastructures de collecte des eaux pluviales.

1.3.6. Réseau de collecte des eaux usées

90% de la population a accès à un assainissement de type autonome. Le réseau de collecte des eaux usées est peu développé et n'a pas montré de signes de faiblesse lors de l'événement. La station d'épuration présente des signes de faiblesse au niveau des remblais des bassins, qui n'ont pas été végétalisés avec des espèces végétales adéquates.

1.3.7. Réseau électrique

Selon les informations recueillies auprès de la REGIDESO, le réseau électrique de la ville a bien résisté à l'intempérie, et ne présente pas de vulnérabilités particulières. Les dommages sur la ligne 30 KV dans le quartier Gasenyi sont liés à l'érosion hydrique de la base des poteaux électriques consécutive à la submersion de la RN1, et non à un sous-dimensionnement des infrastructures.

1.3.8. Centres de santé

Les centres de santé n'ont pas présenté de vulnérabilités particulières face à l'événement du 9-10 février et ont continué à fonctionner correctement.

2. Evaluation des dommages causés aux infrastructures économiques et sociales



Illustration 30. Ouvrage obstrué sur la route nationale 1 (à 8,2 km de Bujumbura)

Section 2/3 du rapport de la mission d'évaluation

L'évaluation des dommages aux infrastructures a été menée par les groupes listés au paragraphe 6 du résumé exécutif, en estimant le coût de reconstruction à l'identique. La reconstruction à l'identique était rarement considérée comme une hypothèse viable, ainsi ces estimations de dommages ont une précision allant de 20 à 30% selon les secteurs.

Les dommages sont au total de **6,9 milliards FBu** pour les infrastructures (soit 0,18% du PIB), répartis en :

- 3,4 milliards FBu pour les routes,
- 775 millions FBu pour les ponts,
- 675 millions FBu pour les écoles,
- 650 millions FBu pour les infrastructures agricoles,
- 640 millions FBu pour les marchés,
- 627 millions FBu pour le système d'adduction en eau potable et
- 80 millions FBu pour le réseau électrique.

La carte ci-dessous fournit un aperçu de l'ensemble des dommages répertoriés ; le détail au niveau des différents secteurs est indiqué dans les pages suivantes. :

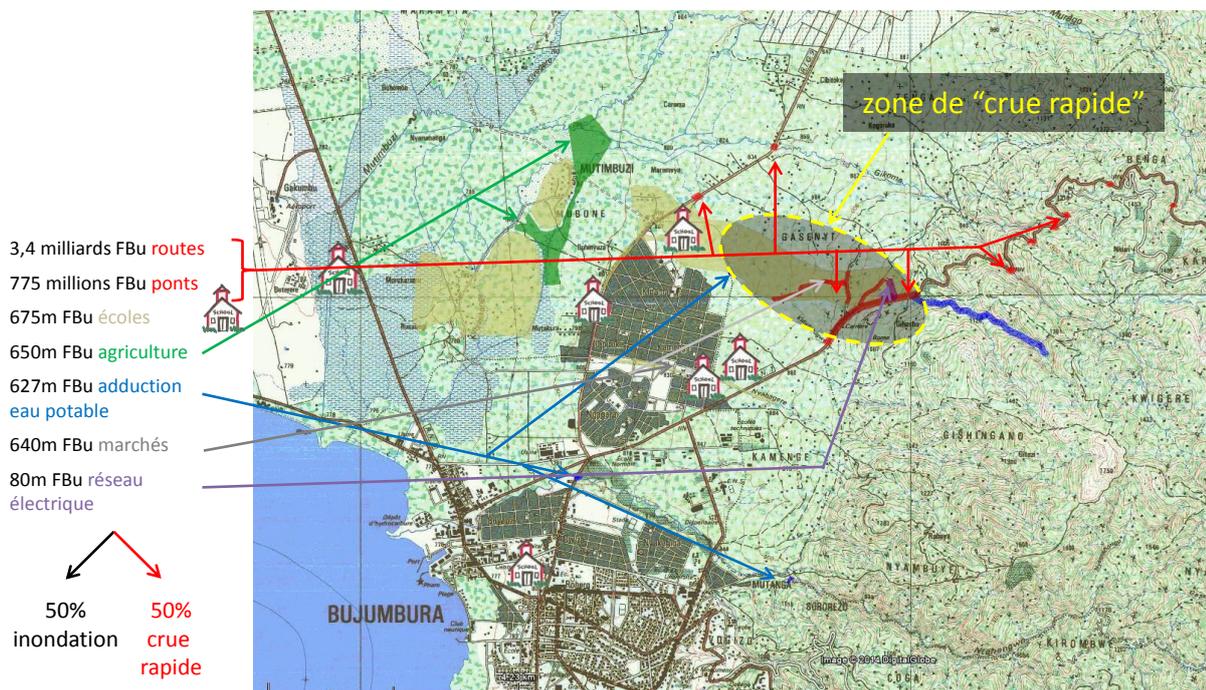


Illustration 31. Aperçu des dommages aux infrastructures

Au-delà des dommages aux infrastructures, environ 2,5 milliards FBu ont été perdus en termes de récoltes (une estimation est en cours au niveau de la FAO), et environ 1000 ménages ont perdu leur habitation (une estimation est menée par le PNUD et l'OIM). Les unités de mise en œuvre des projets Secteur routier (P064876) et Travaux Publics Gestion Urbaine (P112998) ont fortement appuyé ce travail d'évaluation.

2.1. Réseau routier (routes et ponts)

L'évaluation sur le volet infrastructures routières a capitalisé sur le travail déjà en cours au niveau du Projet de Développement du Secteur Routier (PDSR) et relatif à l'évaluation des dommages causés par les inondations aux infrastructures routières, notamment aux routes nationales (RN) 1, 3, 7 et 10, sur lesquels des travaux de traitement de points critiques étaient en cours.

Ces dommages sont présentés en cinq catégories : (i) les dommages sur la zone de crue rapide, au niveau de l'ouvrage de franchissement de la Gasenyi ainsi que sur les 2 km à l'approche de l'ouvrage sur la RN1 ayant subi des phénomènes de ravinement importants et au niveau des voies communales à Gatunguru; (ii) des éboulements ou phénomènes de glissement côté déblai, entraînant des ruissellements sur la chaussée suite à l'obturation du drainage longitudinale, avec des dégradations variables de la chaussée et souvent des effondrements de rive côté remblai ; (iii) des érosions ou glissements côté remblais, emportant des parties entières de chaussée, souvent liés à l'agressivité des écoulements des cours d'eau en contrebas et aux infiltrations d'eau souterraine sous la plateforme routière; (iv) l'obturation ou la destruction des ouvrages d'assainissement et de drainage, essentiellement liés au charriage par les écoulements de matériaux divers constitués parfois de blocs rocheux ou glissements localisés des berges des talwegs, et ; (v) des dommages aux ouvrages d'art (ponts).

La carte ci-dessous présente la localisation des dommages observés au niveau du réseau routier.

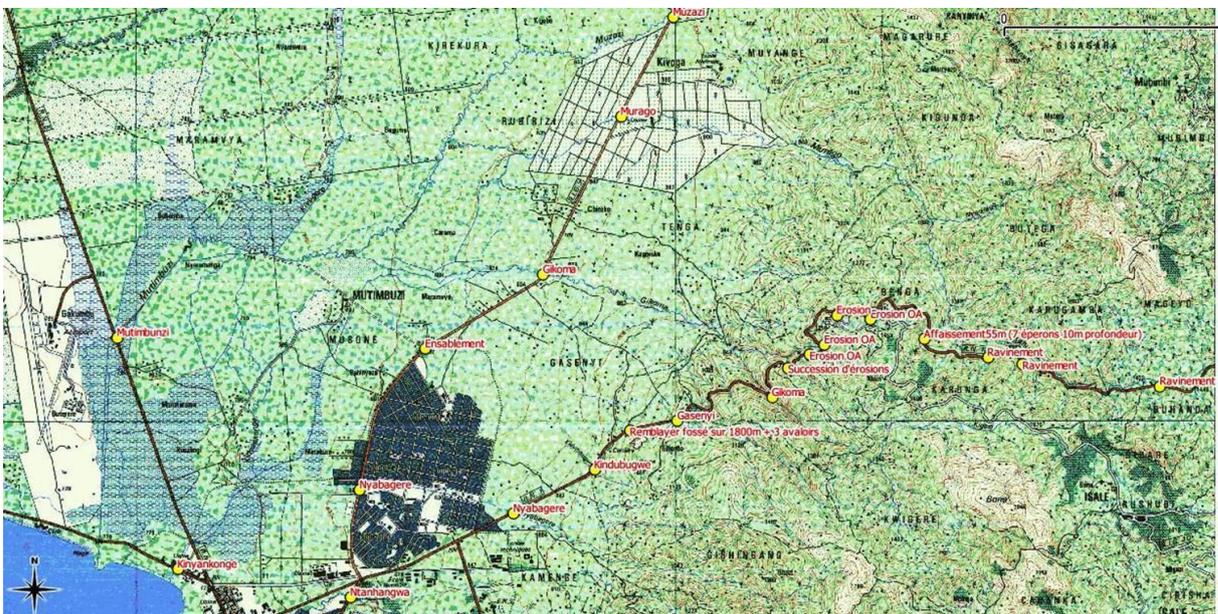


Illustration 32. Localisation des dommages sur les routes RN1, RN4, RN5, et RN9

2.1.1. Destructions au niveau de la RN1 et la rivière Gasenyi et en aval

La crue rapide au niveau de la rivière Gasenyi a entraîné des dommages très importants non seulement au niveau de l'ouvrage de franchissement de la RN1, mais aussi le long de la route

sur une distance de plus de 2 km. La majeure partie du ruissellement est passée au-dessus de la route et a rejoint le lit de la rivière ; mais une autre partie a emprunté et longé la route selon la pente longitudinale, provoquant des ravineurs longitudinaux particuliers du PK6+400 au PK8+200 de la RN1 de part et d'autre de la chaussée. Le creusement allait jusqu'à trois mètres de profondeur à certains endroits, et la chaussée s'est ainsi retrouvée « suspendue », dépourvue d'accotements, avec un risque d'effondrement immédiat. La circulation des poids lourds sur la RN1 est interrompue par mesure conservatoire depuis l'événement.



Illustration 33. Erosion au niveau de la RN1 au passage de l'ouvrage Gasenyi



Illustration 34. Erosion le long de la RN1 en aval de l'ouvrage Gasenyi

Les dommages correspondant à cette catégorie sont listés dans le tableau ci-dessous :

RN1 - PK6+400 au PK8+200 - Gasenyi	Ravinement profond des fossés de drainage de longitudinal sur cette section avec effondrement d'une partie des accotements.	750 000 000 FBu
RN1 - PK8+200 - ouvrage Gasenyi	Obturation et endommagement des trois buses arches et des aménagements aval ; Ravinement du remblai de la plateforme routière.	330 000 000 FBu
Voies communales de Gatunguru	Le ruissellement en nappe accompagné de boues et pierres a entièrement détruit environ 5000 m de voies.	1 050 000 000 FBu
TOTAL		2,13 milliards FBu

2.1.2. Eboulement des talus de déblais

L'éboulement et le glissement des talus de déblai dévie les ruissellements des fossés longitudinaux, en pied des déblais, et oriente ainsi les eaux vers le côté remblai engendrant des glissements des rives des chaussées au niveau des sections les plus vulnérables où le sol est de nature érodable.



Illustration 35. Eboulement des talus de déblai ayant provoqué l'effondrement de la chaussée sur la RN1 au PK11+500 (Muberure)

Les dommages correspondant à cette catégorie sont listés dans le tableau ci-dessous :

RN1 - PK11+500 - Muberure	Trois glissement avec effondrement d'une partie du remblai et de l'accotement de la plate-forme routière ; Ravinement à l'aval des deux buses métalliques avec mise à nu de la descente en béton armé à l'aval,	140 000 000 FBu
RN1 - PK18 - Gasozo	Glissement du remblai de la plate-forme sur une hauteur de 10 m.	85 000 000 FBu
RN3 - PK29 - Kijerijeri - Muruta	Important glissement du talus de déblai sur une hauteur de 20 m ayant occasionné la coupure de la route.	280 000 000 FBu
RN10 - PK113 - Muruta	Glissement d'une partie du remblai de la plate-forme routière. La dégradation a atteint la structure de l'accotement.	45 000 000 FBu
Boulevard de l'Unité - Kamenge	Ravinement des berges à l'amont et à l'aval menaçant les constructions aux alentours.	35 000 000 FBu
TOTAL		585 millions FBu

2.1.3. Effondrement côté remblai



Illustration 36. Effondrement du remblai de la RN1 au PK20+500

L'effondrement des remblais est le plus souvent lié à l'érosion provoquée par les cours d'eau en contrebas de la plateforme mais également aux infiltrations d'eau souterraines fragilisant les rives et le sol support de la chaussée.

Les dommages correspondant à cette catégorie sont listés dans le tableau ci-dessous :

RN1 - PK16 - Gasozo	Affaissement de la chaussée avec infiltrations d'eau souterraine sous la plate-forme routière ; Glissement d'une partie du remblai de la plate-forme routière.	80 000 000 FBu
RN1 - PK20+500 - Gasozo	Important glissement du remblai de la plate-forme généré par l'écoulement longeant la route.	60 000 000 FBu
RN1 - PK17+350 - Gasozo	Glissement du remblai de la plate-forme routière avec effondrement d'une partie de l'accotement et de la demi-chaussée à cause des infiltrations des eaux souterraines.	55 000 000 FBu
RN7 - PK18+300 - Nyabiraba	Glissement côté remblai de la plate-forme routière longeant l'écoulement en pied de remblai.	60 000 000 FBu
RN10 - PK62+500 - Bukinanyana	Effondrement du remblai contigu de la buse métallique avec effondrement d'une partie de la chaussée.	25 000 000 FBu
TOTAL		280 millions FBu

2.1.4. Obstruction ou destruction des buses et autres ouvrages d'assainissement ou de drainage

Ces phénomènes sont souvent liés à l'obturation des débouchés hydrauliques de certains ouvrages ainsi qu'à l'absence de dispositif de protection à l'aval engendrant des ravinelements côté remblai.



Illustration 37. Effondrement d'une partie du remblai et de l'accotement de la plate-forme routière sur la RN1 au PK11+500 dans la commune de Muberure

Les dommages correspondant à cette catégorie sont listés dans le tableau ci-dessous :

RN1 - PK4+200 - Ouvrage sur la Nyabagere	Ravinement aval important à la sortie du dalot au PK4+200 ayant engendré l'effondrement de la majeure partie des protections aval avec fragilisation des berges particulièrement le talus soutenant une église	140 000 000 FBu
RN1 - PK12+250 - Muberure	Ravinement à l'aval de la buse métallique avec démolition d'une partie de la tête aval et glissement d'une partie du remblai contigu à l'ouvrage	45 000 000 FBu
RN1 - PK13+100 - Muberure	Ravinement à l'aval de l'ouvrage hydraulique avec démolition de la tête et des protections en Gabions	90 000 000 FBu
RN1 - PK14+100 - Muberure	Glissement de la chaussée avec effondrement de l'accotement et de la demi-chaussée; Ravinement à l'aval de l'ouvrage hydraulique avec décrochement de la tête et du caniveau de remblai	75 000 000 FBu
RN10 - PK114 - Muruta	Ravine à l'aval de l'ouvrage de décharge menaçant la plate-forme routière.	55 000 000 FBu
TOTAL		405 millions FBu

2.1.5. Ouvrages d'art (ponts)

Les dégradations au niveau des ouvrages d'art concernent essentiellement la démolition partielle de certains éléments structurels des aménagements amont et aval existants au niveau de certains ponts mais également la fragilisation du remblai contigu aux culées des ouvrages d'art provoquée par la déviation des écoulements du lit naturel des cours d'eau.



Illustration 38. Pont Gikoma sur la RN9 (PK6+700)

Les dommages correspondant à cette catégorie sont listés dans le tableau ci-dessous :

RN1 - PK1+200 - Pont PP Murundi	Décrochement important de l'ancien pont et dégradation de la structure de jonction entre le nouvel ouvrage d'art et l'ancien ; Affouillement à l'aval de l'ouvrage d'art avec fragilisation des talus des berges de l'écoulement particulièrement ceux juxtaposant les culées.	50 000 000 FBu
RN1 - PK10+500 - Pont Gikoma	Glissement sur 150 m du remblai de la plate-forme routière ; Démolition partielle du radier et de la tête aval de l'ouvrage en voûte	260 000 000 FBu
RN4 - PK1+000 - Pont Nyabagere	Effondrement du remblai contigu à l'ouvrage hydraulique et de la demi-chaussée ; Décrochement de la structure de prolongement du dalot existant	105 000 000 FBu
RN9 - PK6+700 - Pont Gikoma	Erosion progressive du lit amont de l'écoulement ayant provoqué la déviation des eaux du lit naturel et le débordement des eaux sur la chaussée ; Fissuration des protections en maçonnerie à l'aval de l'ouvrage d'art.	120 000 000 FBu
RN9 - PK8+900 - Pont Murago	Erosion progressive du lit amont de l'écoulement ayant provoqué la déviation des eaux du lit naturel ; Fragilisation du remblai de l'ouvrage d'art et des culées côté amont.	45 000 000 FBu
RN9 - PK11 - Pont Muzazi	Démolition d'une partie de la chute aval de l'ouvrage d'art à cause de l'agressivité des eaux.	85 000 000 FBu
Boulevard du 1er Novembre - Pont Ntakangwa	Ensablement de l'ouvrage d'art avec réduction du tirant d'eau ayant engendré la dégradation des berges de l'écoulement.	25 000 000 FBu
Boulevard du 28 Novembre - Pont de la République sur la Ntakangwa	Décrochement d'une partie de la chute à l'aval de l'ouvrage d'art avec fragilisation des talus des berges de l'écoulement.	85 000 000 FBu
TOTAL		775 millions FBu

2.2. Infrastructures scolaires

C'est au total 14 salles de classe et 6 latrines qui ont été impactées par la catastrophe ; certains des 12 639 élèves affectés (6 655 filles et 5 984 garçons) ont pu rejoindre des infrastructures voisines pour continuer leur scolarité, alors que d'autres attendent avec impatience la réhabilitation – même partielle – des infrastructures.

A titre d'exemple, les élèves de l'école Kamenge II, complètement hors d'usage suite à l'événement, ont été redirigés vers les écoles Mirango I, Ngagara, Kamenge III, et le lycée Municipal, avec leurs enseignants. L'école Mirango I n'a pas été endommagée, mais les latrines sont dans un état déplorable à cause de l'afflux d'élèves en provenance des écoles sinistrées.



Illustration 39. Six salles de classe endommagées et recouvertes de boues à l'école Gasenyi III (à gauche) ; L'école de Kamenge II est totalement hors d'usage (à droite)

Les dommages aux infrastructures scolaires sont listés dans le tableau ci-dessous :

Dénomination	Inondation	Dépôts	Glissement	Nature des dommages	Montant des dommages
Bushaka				Pas encore visitée	823 680 FBu
Buterere I	OUI	OUI	NON	Cour intérieure inondée et latrines pleines	4 122 080 FBu
Buterere II	OUI	OUI	NON	Cour intérieure inondée et latrines pleines	4 122 080 FBu
Bwumba				Pas encore visitée	823 680 FBu
Cibitoke I	NON	NON	NON	Pas de dégâts signalés	7 080 800 FBu
EP Gasenyi (Mutimbuzi)	OUI	OUI	NON	Toiture endommagée pour 3 salles de classe ; nécessite une réhabilitation ainsi que la protection des fondations et revêtement du pavement	78 389 520 FBu
EP Kinama III	moins de 50 cm	10 cm à 50 cm	NON	salles de classe endommagées, Cour intérieure inondée	50 204 960 FBu

Dénomination	Inondation	Dépôts	Glissement	Nature des dommages	Montant des dommages
Gasenyi III	moins de 50 cm	10 cm à 50 cm	NON	6 salles de classe inondées par de l'eau, boue et débris de bois, cour intérieure boueuse	69 427 840 FBu
Gishingano	moins de 50 cm	OUI	NON	Pas encore visitée	823 680 FBu
Kamemge II	plus d'1 m	plus de 50 cm	NON	11 salles de classe inutilisables ainsi que tous les blocs latrines et la cour intérieure, l'école est à reconstruire ou réhabiliter avec des gros moyens	376 608 360 FBu
Kinama IV	moins de 50 cm	10 cm à 50 cm	NON	5 salles de classe inondées par de l'eau, boue et débris de bois, cour intérieure boueuse	47 828 960 FBu
Kinyovu I				Pas encore visitée	823 680 FBu
Kinyovu II				Pas encore visitée	823 680 FBu
Muberure I	OUI		NON	Latrines inondées et à reconstruire selon les standards et normes requis	14 667 680 FBu
Muberure II	OUI		NON	Latrines inondées et à reconstruire selon les standards et normes requis	14 667 680 FBu
Mutakura	NON	NON	NON	Cour intérieure et latrines inondées avec un bloc latrines bouché et inutilisable	1 080 800 FBu
Nyabagere I	NON	NON	NON	2 salles de classes inondées avec de la boue	1 080 800 FBu
Nyarukere I	NON		NON	Pas de dégâts liés aux inondations	823 680 FBu
Nyarukere II	NON		NON	Pas de dégâts liés aux inondations	823 680 FBu
Sagara				Pas encore visitée	823 680 FBu
TOTAL					676 millions FBu

2.3. Infrastructures agricoles et périmètres irrigués

Seul un périmètre irrigué rizicole au niveau de la rivière Murago a été recensé comme ayant subi des dommages, au niveau du barrage, des anneaux d'irrigation et du hangar de stockage :

Dénomination	Inondation	Dépôts	Glissement	Nature des dommages	Montant des dommages
Rubirizi - Périmètre irrigué sur la rivière Murago	OUI			Barrage et anneaux d'irrigation, hangars de stockage	650 000 000 FBu
TOTAL					650 millions FBu

Au-delà des dommages aux infrastructures, environ 2,5 milliards FBu ont été perdus en termes de récoltes, petit bétail et arbres fruitiers (une estimation est en cours par la FAO et le Ministère de l'Agriculture). Le détail des dommages, pertes et réponses proposées est disponible dans la présentation « [Dommages causés au secteur agricole par les pluies diluviennes](#) », dont le tableau ci-dessous a été extrait.

Commune	Ménages impactés	Cultures détruites et perte de bétail	Superficies endommagées (Ha)
Isare	4 125	Patate douce, Manioc, Palmier à huile, Haricot; Banane, Plants fruitiers; Petit élevage (porcs, chèvres, poules).	325
Mutimbuzi (Gatunguru) Rubirizi	2 550	Riz, Pépinières de plants fruitiers; Cultures maraichères; Haricot, Manioc, bananier; Germe de riz ; Petit élevage (porcs, chèvres, poules);	1650
Buterere, Kinama et Kamenge	2 105	Cultures maraichères ; Patates douces ; Manioc.	270
Muhuta	3034	Bananier, manioc, patate douce, caféier, pomme de terre, cultures maraichères, arbres fruitiers	360
Cankuzo	1367	Haricot, maïs, manioc, patate douce, bananier, caféier, ananas	1367
Karuzi		Haricot, bananier, manioc, patate douce, maïs, caféier, sorgho, etc.	2094
Mwaro	1954	Haricot, Patate douce, Manioc, bananes, pomme de terre, Prune de Japon, etc.	822
Ruyigi	5054	Haricot, Maïs, Pomme de terre, Arachide, Manioc, Sorgho	1821
Total	20 189		8 709

2.4. Marchés



Illustration 40. Marché de Kamengé le 10 février 2014

Les dommages correspondant aux marchés sont listés dans le tableau ci-dessous :

Dénomination	Inondation	Dépôts	Glissement	Nature des dommages	Montant des dommages
Marché Kamenge	moins de 50 cm	10 cm à 50 cm	NON	La zone a été inondée. Les stocks ont été emportés, les deux premières rangées de stands le long de la rivière (une cinquantaine) ont été détruites. Les dommages s'élèvent à environ 100 million FBu (estimation IBUTIP), et l'assureur a été saisi pour couvrir les dégâts.	100 000 000 FBu
Marché Gatunguru	plus d'1 m	plus de 50 cm	NON	L'ensemble du marché a été rasé par un écoulement d'eau et de pierre, environ une centaine de stands ont été détruits.	540 000 000 FBu
TOTAL					640 millions FBu

2.5. Réseau d'adduction en eau potable

Le système d'alimentation en eau de la ville de Bujumbura repose sur une production d'eau potable assurée par deux usines de traitement d'eau et de trois captages d'eau de source. La production moyenne journalière s'élève à 110.000 m³/j dont 100.000 m³/j fournis par l'usine du lac, 6.000 m³/j par l'usine captant l'eau de la rivière Ntakangwa et 4.000 m³/j issues des captages de sources d'eau. Cette production couvre partiellement les besoins en eau de la ville estimés en moyenne à 150.000 m³/j. La gestion des installations de production et de distribution d'eau potable de la capitale et des principales villes du pays est du ressort de la société publique REGIDESO qui assure également la gestion du secteur de l'électricité au niveau national.

Après investigations, on constate que les dommages occasionnés par les intempéries du 9 au 10 février 2014 à Bujumbura sur le réseau d'adduction en eau potable sont relativement limités. Globalement le réseau de la ville a résisté à la catastrophe sauf à certains points névralgiques du réseau où des effondrements de terrains dus à l'érosion hydrique ont occasionné quelques casses ou déboitements de conduites principales, vite maîtrisés par la régie des eaux. La perte de production résultant de ces dommages au moment de la visite de terrain effectuée le 6 mars 2014, est estimée à 7% environ. Les points les plus affectés du système de production d'eau concernent la destruction du captage de la source de Gatunguru (1.400 m³/j) par les ravinements et l'affaissement d'un canal d'amenée d'eau brute de l'usine de traitement des eaux de Ntakangwa (6.000 m³/j) du à l'effondrement d'un talus proche du lit de la rivière.



Illustration 41. Captage raviné de la source de Gatunguru et bâtiment de l'aérateur en cascades endommagé



Illustration 42. Canal d'amenée d'eau brute affaissé sur la rive gauche de la rivière Ntakangwa

Les avaries les plus sérieuses sur le réseau de distribution d'eau se situent au droit du pont du peuple Murundi franchissant la rivière Ntakangwa. En aval, l'exutoire d'un caniveau est détruit et les piliers de la passerelle de la canalisation DN 700 fonte sont effondrés dans le lit de la rivière. En amont, l'ancien pont qui abrite la canalisation DN 300 acier et des fourreaux de câbles électriques s'est affaissé entraînant la rupture de la canalisation et une fragilité des câbles. Une solution provisoire a été mise en œuvre par la REGIDESO pour réparer les conduites d'eau et sauver l'ouvrage métallique.



Illustration 43. Réparations provisoires sur conduites DN 300 A (à gauche) et DN 700 F (à droite) - pont du Peuple Murundi

Une avarie a été également signalée sur une conduite DN 200 en fonte à un point de passage sur la rivière Nyabagere en amont du pont de Kamenge. La conduite emportée par le torrent pendant l'intempérie a fait l'objet d'une réparation provisoire qui devra être consolidée par la suite par l'expropriation d'une concession empiétant la conduite.



Illustration 44. Réparation provisoire sur conduite DN 200 F (à gauche) au point de passage de la Nyabagere au pont de Kamenge

Les dommages correspondant au réseau d'adduction en eau potable sont listés dans le tableau ci-dessous :

Canal d'aménée d'eau brute vers l'usine des eaux de Ntakangwa	Le canal d'aménée maçonné sur une distance de 800m y compris le dessableur, la chambre de mise en charge d'eau brute se sont effondrés suite au glissement de terrain.	498,498,400 FBU
Source d'eau de Gatanguru	Captage raviné de la source de Gatunguru et bâtiment de l'aérateur en cascades endommagé.	38,000,000 FBU
Pont Chaussée du peuple Murundi / rivière Ntakangwa	En aval: piliers de la passerelle de la canalisation DN700 fonte effondrés dans le lit; en amont : l'ancien pont, qui abrite la canalisation DN300 et des fourreaux de câbles électrique, s'est affaissé entraînant la rupture de la canalisation et une fragilité des câbles.	64,000,000 FBU
Conduite Nyabagere DN200 en amont du pont de Kamenge	Conduite Nyabagere en fonte ductile DN200 emportée par le torrent puis provisoirement réparée.	26,500,000 FBU
TOTAL		627 millions FBu

2.6. Réseau électrique

Selon les informations recueillies auprès de la REGIDESO les dommages sur le réseau électrique sont relativement limités. Seule une portion de ligne électrique moyenne tension (30 kV) s'est effondrée, sur une distance d'environ 4 km. Ces dégâts ont été causés par l'érosion hydrique de la base des poteaux électriques consécutive à la submersion de la RN1.



Illustration 45. Ligne électrique moyenne tension tombée au niveau du chantier du site présidentiel le long de la RN1

Les dommages correspondant à cette catégorie sont listés dans le tableau ci-dessous :

Dénomination	Inondation	Dépôts	Glissement	Nature des dommages	Montant des dommages
Ligne électrique Gasenyi	plus d'1 m	OUI	NON	Ligne électrique endommagée sur quatre kilomètre, certains poteaux emportés et transformateur de 150 KVA mis hors usage.	80 250 000 FBu

2.7. Réseau de collecte des eaux usées

Les informations recueillies auprès des services techniques municipaux (SETEMU) n'ont pas fait état de dommages particuliers sur le réseau collectif des eaux usées de la ville. Il faut dire que ce réseau n'est pas très développé, 90% de la ville étant sous assainissement autonome (fosses septiques). Certaines de ces fosses ont par contre débordé, entraînant des pollutions et des problèmes de santé publique.

Au niveau de la station d'épuration à Buterere, un phénomène de sédimentation à la confluence des rivières Nyabagere et Kinyankonge a entraîné une diversion de l'écoulement qui met actuellement en danger le mur de soutènement de la station au niveau de l'aqueduc. Il n'y a pas de dommage à proprement parlé à ce stade, mais un curage doit être effectué pour éviter un endommagement de ce mur de soutènement.



Illustration 46. Sédimentation à la jonction des rivières Nyabagere et Kinyankonge au niveau du site de la station d'épuration des eaux usées de Buterere

Seule cette sédimentation est considérée comme un « dommage ».

Dénomination	Inondation	Dépôts	Glissement	Nature des dommages	Montant des dommages
Station d'épuration des eaux	NON	plus de 50 cm	NON	Une sédimentation en amont de la station d'épuration à la jonction entre les rivières Nyabagere et Kinyankonge a créé une diversion des écoulements et met en danger le mur de soutènement de la station au niveau de l'ouvrage.	5 000 000 FBu

2.8. Centres de santé

Les centres de santé n'ont pas subi de dommages, mis à part certaines latrines qui ont été inondées.

2.9. Réseau de collecte des eaux pluviales

Le réseau de drainage des eaux pluviales a été visité par la mission lors de la sortie du 6 mars 2014 notamment dans les quartiers nord de la ville qui ont été fortement touchés par les inondations.

Un certain nombre de collecteurs et exutoires ont été bouchés par les sables, boues et matières solides charriées par les inondations. Toutefois ceci n'est pas considéré comme un dommage aux infrastructures.

3. Priorités pour un relèvement et une reconstruction résilients



Illustration 47. Travaux de remise en état du canal d'amenée d'eau vers l'usine d'eau potable de Ntakangwa

Section 3/3 du rapport d'évaluation

Avec la perspective d'accélérer la mise en œuvre des politiques, stratégies et plans d'action mis en place par le Gouvernement en matière d'infrastructure et de gestion des risques de catastrophes (Schéma directeur d'urbanisme, Schéma directeur d'assainissement des eaux pluviales, Stratégie nationale de renforcement des capacités en RRC, Plan d'Action National pour l'Adaptation au changement climatique), ce rapport propose des activités classées en trois catégories :

- Urgence : activités permettant d'arrêter la progression des dommages ;
- Moyen terme : activités permettant la réhabilitation des infrastructures ;
- Long-terme : activités permettant d'envisager une reconstruction résiliente.

Sur une enveloppe totale de **162 milliards FBu**, 132 milliards FBu concernent la réhabilitation ou le développement d'infrastructures et la gestion des risques de catastrophes. Parmi ces 132 milliards FBu, **24 milliards FBu** sont considérés comme prioritaires (urgence / moyen terme) pour permettre la réhabilitation des infrastructures avec une approche résiliente. En parallèle, 30 milliards FBu sont recommandés pour la stabilisation des bassins versants aux alentours de Bujumbura.

Les principaux investissements structurels proposés sont présentés sur la carte ci-dessous :



Illustration 48. Investissements pour un relèvement et une reconstruction résilients

3.1. Transports routiers

Des actions conservatoires ont été immédiatement engagées pour faire face aux impératifs du maintien de la circulation empruntant normalement la RN1 (dégagement et nettoyage de chaussée et ouvrages d'assainissement, déviation du trafic de la RN1 sur les axes RN7 et 10, mesures d'urgence sur la RN1, etc.). Les besoins de reconstruction intégrant une meilleure résilience de ces infrastructures sont évalués à environ 14,4 milliards de FBU, dont près de 50% pour les travaux de la seule RN1. Ces besoins intègrent le redimensionnement des ouvrages et l'amélioration de leur protection et de celle de certaines zones de remblai.

Il convient toutefois, de noter qu'avec la situation particulière des travaux à réaliser sur la RN1 et l'état de fatigue des routes RN7 et 10, supportant actuellement la déviation du trafic en provenance de cette route, les travaux de reprise sur la section critique des vingt premiers kilomètres sur la RN1 revêtent un caractère extrêmement urgents pour permettre la réouverture immédiate de cette route afin d'éviter des ruptures au niveau des RN7 et 10 bloquant du coup la circulation sur ce corridor avec toutes les conséquences économiques qui en découleraient. Les travaux urgents ainsi répertoriés, qui comprendraient, notamment, les 12 points critiques identifiés sur la RN1 sont évalués à environ 5,9 milliards FBu (environ 3,9 millions USD) et devraient faire objet d'une attention toute particulière, avant la saison des pluies pour éviter que l'effondrement des RN7 et 10 ne viennent compliquer davantage la situation sur la RN1.

Au-delà de ces premières estimations, il faudra noter que l'amélioration de la résilience des reconstructions à effectuer sur les routes devrait intégrer la prise de mesures transversales pour une gestion proactive des bassins versants et de certains talus dont la stabilité conditionnerait, dans une large mesure, la pérennité des investissements à consentir. Chacune des solutions préconisées devrait commencer par l'élimination des sources principales ayant provoqué les phénomènes, ainsi que l'atténuation des facteurs aggravants. Aussi, il ne s'agit pas d'interventions de type Aménagement, dont les critères de conception devraient intégrer des facteurs plus exigeants adaptés à une catégorie de route et une durée de vie plus importante. La proposition des solutions aux différents points d'urgence a pris en compte les principaux éléments suivants :

- contrainte de maintien de la circulation sur la RN1 ;
- délais de réalisation des travaux en veillant à l'intégration des parties de travaux déjà engagées, quand elles sont adaptées ;
- capacité des entreprises et leur technicité pour la mise en œuvre des solutions préconisées ;
- utilisation de matériaux locaux ou disponibles sur le marché local, évitant des délais importants d'importation ;
- utilisation des postes de travaux prévus dans le cadre du marché en cours comme base d'évaluation.

Le détail des interventions préconisées est indiqué dans le tableau ci-dessous :

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
RN1 - PK1+200 - Pont PP Murundi	Moyen terme	Protection des berges de l'écoulement à l'amont et à l'aval de l'ouvrage d'art ; Revêtement et renforcement du remblai contigu aux culées du pont.	170 000 000 FBu
RN1 - PK4+200 - Ouvrage sur la Nyabagere	Moyen terme	Recalibrage et protection des berges de l'écoulement à l'amont et à l'aval de l'ouvrage hydraulique ; Revêtement en perré maçonné des têtes amont et aval.	370 000 000 FBu
RN1 - PK6+400 au PK8+200 - Gasenyi	Urgence	Reconstruction du remblai, des fossés et des accotements de part et d'autre de la chaussée.	1 786 606 962 FBu
RN1 - PK6+400 au PK8+200 - Gasenyi	Moyen terme	Construction d'ouvrages de décharges et aménagements d'exutoires.	315 000 000 FBu
RN1 - PK8+200 - ouvrage Gasenyi	Urgence	Démolition et remplacement de l'ouvrage existant par un dalot de dimension 3x(4x2,5m) et mise en place d'une descente à l'aval.	1 150 000 000 FBu
RN1 - PK8+200 - ouvrage Gasenyi	Moyen terme	Protections des berges, aménagements de seuils à l'amont, plantations et mesures conservation des sols et de l'eau, dispositifs de sécurisation.	405 000 000 FBu
RN1 - PK10+500 - Pont Gikoma	Urgence	Reconstruction de la chaussée et mise en place de dispositif de soutènement en terre armée.	420 000 000 FBu
RN1 - PK10+500 - Pont Gikoma	Moyen terme	Reprise des têtes de l'ouvrage existant, construction d'aménagement à l'aval et de seuils d'entretien des charriages amont.	235 000 000 FBu
RN1 - PK11+500 - Muberure	Urgence	Démolition et remplacement de l'ouvrage existant par un dalot 2x2 ; Reconstruction de la chaussée et mise en place de dispositif de soutènement côté remblai.	345 000 000 FBu
RN1 - PK11+500 - Muberure	Moyen terme	Stabilisation des flancs de la colline à l'amont par le curage des éboulements, la plantation d'arbres et sa végétalisation.	140 000 000 FBu
RN1 - PK12+250 - Muberure	Urgence	Reconstruction des dispositifs de protection à l'aval et renforcement du remblai contigu à l'ouvrage.	140 000 000 FBu
RN1 - PK12+250 - Muberure	Moyen terme	Végétalisation des talus de déblai et reconstruction des fossés.	85 000 000 FBu
RN1 - PK13+100 - Muberure	Urgence	Démolition et remplacement de l'ouvrage existant ; Reconstruction de la chaussée et mise en place de dispositif de soutènement côté remblai.	330 000 000 FBu

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
RN1 - PK14+100 - Muberure	Urgence	Démolition et remplacement de l'ouvrage existant ; Reconstruction de la chaussée et mise en place de dispositif de soutènement côté remblai.	130 000 000 FBu
RN1 - PK14+100 - Muberure	Moyen terme	Mesures de Conservation Eau et Sol de stabilisation des flancs des collines à l'amont de l'écoulement ; Aménagement d'un fossé de crête en tête des talus de déblais.	85 000 000 FBu
RN1 - PK16 - Gasozo	Urgence	Aménagements de dispositifs de drainage par éperons ; Reconstruction de la plateforme routière ; Construction d'un ouvrage de décharge et de fossés longitudinaux.	430 000 000 FBu
RN1 - PK17+350 - Gasozo	Urgence	Aménagements de dispositifs de drainage par éperons ; Reconstruction de la plateforme routière ; Construction d'un mur de soutènement côté remblai.	320 000 000 FBu
RN1 - PK17+350 - Gasozo	Moyen terme	Reconstruction de la buse existante et aménagement de protection à l'aval.	100 000 000 FBu
RN1 - PK18 - Gasozo	Urgence	Construction d'un mur de soutènement côté remblai ; Reconstruction de la demi-chaussée.	150 000 000 FBu
RN1 - PK18 - Gasozo	Moyen terme	Construction d'un fossé de crête au niveau du talus de déblai ; Végétalisation et stabilisation du talus.	210 000 000 FBu
RN1 - PK20+500 - Gasozo	Urgence	Construction d'un mur de soutènement en pied des remblais ; Reconstitution des remblais et protection des talus en maçonnerie ; Reconstruction de la plateforme routière et dispositifs de drainage.	190 000 000 FBu
RN1 - PK20+500 - Gasozo	Moyen terme	Modification du lit de l'écoulement en vue d'atténuer l'effet sur le pied du talus routier ; Réalisation de travaux de curage du lit de l'écoulement.	40 000 000 FBu
RN3 - PK29 - Kijerijeri - Muhuta	Moyen terme	Curage des matériaux glissés et terrassement du talus ; Construction d'un mur de soutènement côté déblai.	715 000 000 FBu
RN4 - PK1+000 - Pont Nyabagere	Urgence	Démolition et remplacement de l'ouvrage existant ; Construction de protection amont et aval des berges de l'écoulement.	490 000 000 FBu
RN5 - PK4+500 - Pont Mutimbuzi	Moyen terme	Curage du lit de la rivière ; Construction de protection amont des berges de l'écoulement.	130 000 000 FBu

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
RN7 - PK18+300 - Nyabiraba	Moyen terme	Construction d'un mur de soutènement en pied des remblais ; Reconstruction de la plateforme routière et dispositifs de drainage.	160 000 000 FBu
RN9 - PK6+700 - Pont Gikoma	Moyen terme	Curage du lit de la rivière ; Construction de protections à l'amont et à l'aval des berges de l'écoulement.	430 000 000 FBu
RN9 - PK8+900 - Pont Murago	Moyen terme	Construction de protection à l'aval de l'ouvrage d'art ; Renforcement du remblai contigu à l'ouvrage.	280 000 000 FBu
RN9 - PK11 - Pont Muzazi	Moyen terme	Reconstruction de la chute aval de l'ouvrage d'art ; Aménagement de protection des berges à l'amont et à l'aval.	350 000 000 FBu
RN10 - PK62+500 - Bukinanyana	Moyen terme	Remplacement de la buse existante ; Reconstruction de la plateforme routière.	120 000 000 FBu
RN10 - PK113 - Muruta	Moyen terme	Reconstruction du remblai à l'aval de l'ouvrage hydraulique ; Construction d'un mur de soutènement côté remblai.	340 000 000 FBu
RN10 - PK114 - Muruta	Moyen terme	Construction d'un mur de soutènement en terre armé du remblai de la plateforme ; Reconstruction de la demi-chaussée ; Prolongement du caniveau de remblai.	280 000 000 FBu
Boulevard du 1er Novembre - Pont Ntakangwa	Moyen terme	Curage du lit de l'écoulement ; Construction de protection amont et aval des berges.	220 000 000 FBu
Boulevard du 28 Novembre - Pont de la République sur la Ntakangwa	Moyen terme	Reconstruction de la chute aval de l'ouvrage d'art ; Aménagement de protection des berges à l'amont et à l'aval.	420 000 000 FBu
Boulevard de l'Unité - Kamenge	Moyen terme	Construction de protection des berges à l'amont et à l'aval de l'ouvrage hydraulique ; Revêtement des têtes de l'ouvrage en perré maçonné.	250 000 000 FBu
Piste RN9 - Mutimbuzi	Moyen terme	Construction d'une piste surélevée (en moyenne de 1 m) afin d'assurer sa praticabilité en toutes saisons dans cette zone humide et sa fonction de digue de protection pour la commune de Buterere en aval. Longueur 4.5 km, largeur utile 6m, base de 9m, surélévation de 1m.	1 125 000 000 FBu
Voies communales de Gatunguru	Moyen terme	Remise en état des voies avec protection après traitement des problèmes d'érosion et de canalisation de la Gasenyi.	1 500 000 000 FBu

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Développer des alternatives à la RN1 pour pouvoir dévier le trafic en cas de dérangement	Long terme	Renforcement de la RN7 entre Bujumbura et le point de rencontre avec la RN18 sous projet avec financement BAD.	80 000 000 000 FBu
TOTAL URGENCE			5,9 milliards FBu
TOTAL MOYEN TERME			8,5 milliards FBu
TOTAL LONG TERME			80 milliards FBu
TOTAL			94,4 milliards FBu

3.1.1. Soutènements et reconstruction des rives de chaussée

La reconstruction nécessite souvent la mise en œuvre de soutènements de la plateforme en remblai. Le choix du type de dispositif à adopter dépend de plusieurs facteurs dont la configuration du terrain, souvent avec une topographie contraignante, les conditions géotechniques des sols d'assise, la possibilité de maintien de la circulation provisoire.

Le choix s'est orienté vers la solution de murs en gabions disponibles sur le marché local, économiques et facilement réalisables par les entreprises locales. Les murs gabions proposés peuvent être :

- Murs poids en gabions

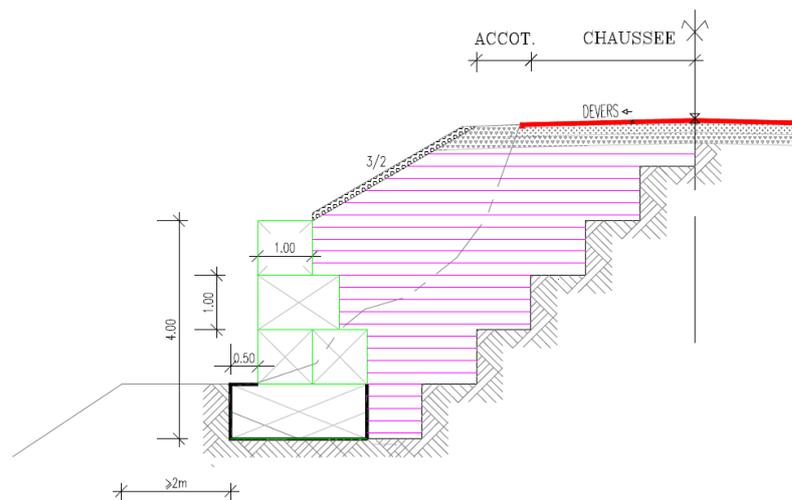


Illustration 49. Murs poids en gabions

Ils sont proposés pour maintenir le talus de remblais de la plateforme projetée et d'éviter la retombée du talus sur une hauteur importante, jusqu'à rencontrer le terrain naturel. Ils seront réalisés à une hauteur de 2 à 5 mètres au niveau d'une assise stable à créer au niveau du

terrain naturel. La plateforme existante devrait être taillée en redans permettant un bon ancrage des nouveaux remblais par rapport aux sols de la plateforme en place, réduisant ainsi les risques de nouveaux glissements. Le talus de remblai est à revêtir en maçonnerie de moellons en vue de rendre l'ensemble de la zone étanche par rapport aux eaux de ruissellements.

Cette solution a été proposée pour sept points critiques ayant subi des effondrements et éboulements des bords de la chaussée du côté des remblais.

➤ Gabions en terre armée (Terramesh)

Cette technique est plus adaptée en zones avec des assises de moindre portance et pour des emprises réduites en terrain accidenté notamment en hauts ravins. Généralement plus économique, plus légère et auto-stabilisante, cette technique consiste en une construction de murs gabions en cascade, ancrés dans un remblai qui est à monter par couches successives de 25cm, compactés au-dessus de nappes des treillis métalliques des gabions étalés en prolongement des éléments des gabions. Un soin particulier doit être donné à l'attache et à la couture des treillis des éléments de gabions, à la réalisation des remblais sélectionnés par couches successives de 25cm compactés à 95% de l'OPM.

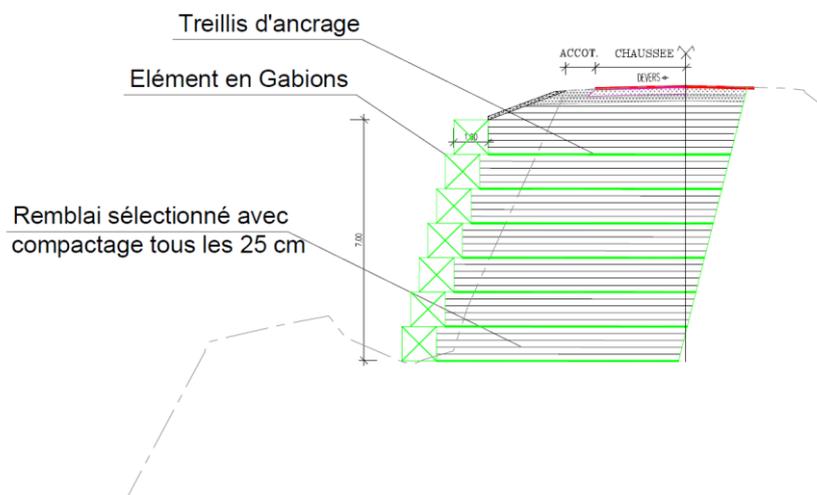


Illustration 50. Gabions en terre armée (Terramesh)

Cette solution a été proposée pour trois points critiques ayant subi des effondrements et éboulements des bords de la chaussée du côté des remblais, avec des contraintes d'emprise réduite et/ou d'assises instables, sur la RN1.

3.1.2. Drainage souterrain par éperons

Cette solution est proposée au niveau des points d'urgence où des infiltrations souterraines ont provoqué des déformations importantes de la plateforme routière, généralement accompagnées de glissements des rives en remblai.

Le principe consiste en : (i) l'excavation des sols d'assise ayant glissé et dont la stabilité se trouve fragilisée ; (ii) le captage amont des eaux souterraines par la construction d'éperons longitudinaux constitués de matériaux concassés 20/40 avec un tube PVC perforé d'évacuation des eaux et une enveloppe en géotextile de protection contre la contamination et l'infiltration des fines ; (iii) l'aménagement d'éperons transversaux (tous les 7m) avec la même technique que les éperons longitudinaux. Ils permettront l'évacuation des eaux d'infiltration du côté aval et le captage d'éventuelles remontées sous la chaussée ; (iv) le blocage en pied du côté aval par des murs en gabions poids ; (v) la reconstitution de la plateforme excavée par des matériaux de remblais sélectionnés ; (vi) la reconstruction de la chaussée et ses dépendances et du système de drainage des eaux superficielles.

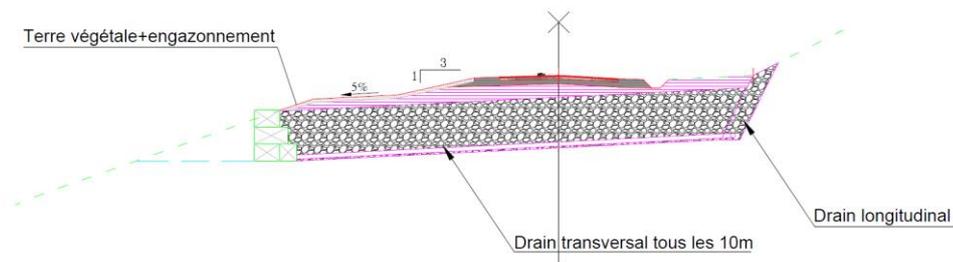


Illustration 51. Drainage souterrain par éperon

Cette solution a été proposée pour deux points critiques ayant subi des dégradations en raison des infiltrations souterraines.

3.1.3. Traitement des ravinelements (RN1 PK6+400 à PK8+200)

Les profonds ravinelements de part et d'autre de la chaussée, certes provoqués par une lame d'eau exceptionnelle provenant de l'écoulement du PK8+200, risquent de se répéter si la solution d'aménagement et de réparation n'est pas correctement réalisée. Les travaux de remblaiement effectués après les inondations sont mal réalisés, sans compactage, sans traitement des ravines...

La solution normative recommandée consiste en : (i) décaissements en redans des ravines et réglage des parois et des fonds des fouilles ; (ii) remblaiement des fouilles et compactage en couches successives de 25 à 30cm ; (iii) construction de fossés trapézoïdaux en maçonnerie y compris dispositions de brise vitesse ; (iv) réglage des talus de déblais ; (v) reconstitution et revêtement des accotements. Il est également recommandé la mise en place d'un drain longitudinal en fond de fouille, ainsi que la création d'au moins deux ouvrages de décharge sur la descente qui se trouve trop longue par rapport à la capacité des fossés longitudinaux. La réalisation de fossés de crête est également souhaitable.

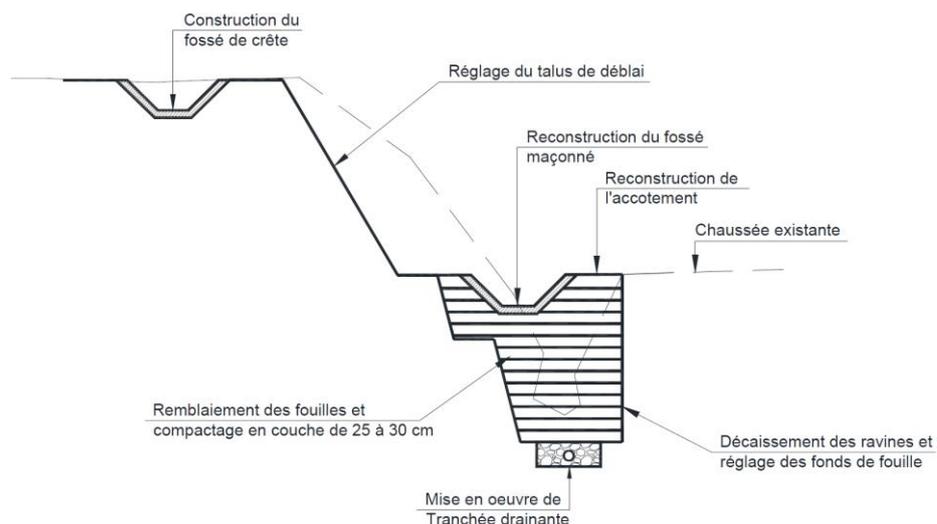


Illustration 52. Traitement des ravissements

3.1.4. Reconstruction d'ouvrages hydrauliques

Certains ouvrages hydrauliques existants ont subi des dégâts importants et ont été dans plusieurs cas parmi les sources du problème, soit en raison de leur état fonctionnel ou en raison de leur sous dimensionnement. Les ouvrages à reconstruire sont de type dalots simples ou multiples en béton armé dont le choix des dimensions est adopté en fonction des débits du projet en utilisant les dimensions prévus par le marché des travaux. Un dispositif amont de protection contre l'arrivée des blocs est prévu en vue de faciliter l'entretien périodique par le curage des blocs.

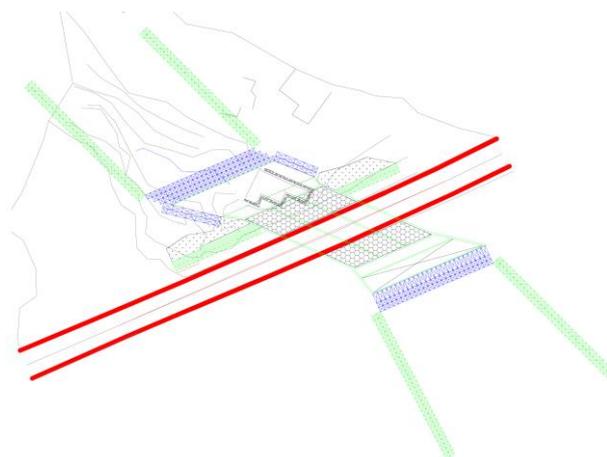


Illustration 53. Propositions d'aménagement pour l'ouvrage RN1 au niveau de la rivière Gasenyi

Les autres ouvrages hydrauliques prévus au niveau des autres points sont des dalots 1,5 x 1,5m ou 2x2m, ils ont été agrandis en vue de tenir compte des débits des bassins correspondants. Ils sont prévus aux PU1-5 ; PU1-7 et PU1-9.

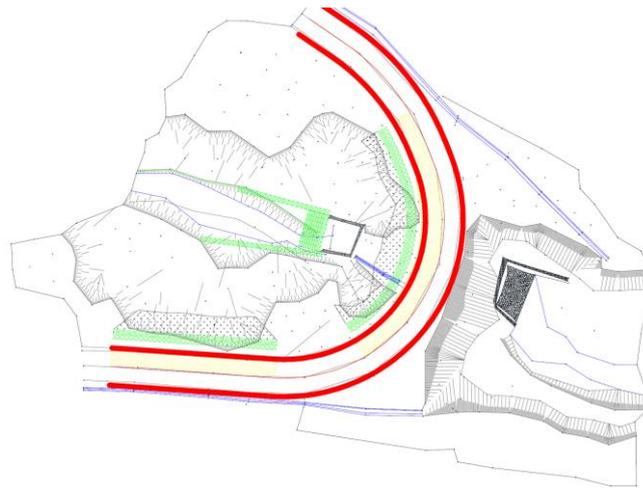


Illustration 54. Propositions d'aménagement pour l'ouvrage RN1 au niveau de la rivière Gikoma

Par ailleurs, l'ouvrage existant au PU1-3 au PK10+500 présente une capacité hydraulique insuffisante, nécessitant sa reconstruction par un ouvrage d'art permettant à la fois de transiter les débits de ruissellements et les gros blocs rocheux charriés. Il s'agit ici de travaux qui dépassent le type d'interventions urgentes de réparation, mais qu'il faut considérer dans le cadre du projet d'élargissement de la RN1, actuellement en cours d'étude.

3.1.5. Autres mesures de protection

Outres les aménagements principaux présentés ci-avant, il y'a lieu de considérer diverses autres mesures nécessaires et importantes pour la pérennité des aménagements, il s'agit notamment :

- Stabilisation des talus des déblais, dont les éboulements provoquent l'obturation des fossés longitudinaux et l'évacuation des eaux du côté des ravins, ce qui fragilise la stabilité en rive et provoque les éboulements et les effondrements des chaussées ;
- Création de buses de décharge, des fossés longitudinaux dont les longueurs dépassent généralement la capacité en termes de débit et de vitesse. Ceci fait qu'en cas de dysfonctionnement des fossés, les ruissellements provoquent plus facilement des dégâts de type éboulements ;
- Reconstruction du système de collecte des ruissellements de la plateforme par la reconstruction des fossés en maçonnerie du côté des déblais et l'aménagement de bordures du côté des hauts remblais ;
- L'aménagement de descentes d'eau à l'aval des ouvrages hydrauliques et d'ouvrages de collecte en pied permettant de limiter les phénomènes d'érosion.

3.1.6. Mesures de long terme

En dépit des travaux d'urgence à mener sur les infrastructures routières afin d'une part préserver les acquis dans le secteur du transport routier et d'autre part assurer la sécurité des

usagers toutes catégories confondues, il est important de programmer et de réaliser des mesures d'accompagnement qui permettrait d'atténuer les facteurs aggravants ayant générés les dégâts constatés suite aux inondations du 9 février 2014. A ce titre, il faut compter : (i) le traitement des bassins versants et des talus longeant les axes routiers par le reboisement et la végétalisation afin d'atténuer le phénomène d'érosion ; (ii) un contrôle des exploitations de carrières et d'extraction de matériaux dans le lit des écoulements ; (iii) un contrôle des exploitations agricoles situées dans domaine routier et fragilisant la structure des talus. Ces travaux sont mentionnés et évalués au niveau de la rubrique « 3.9 Gestion durable des terres ».

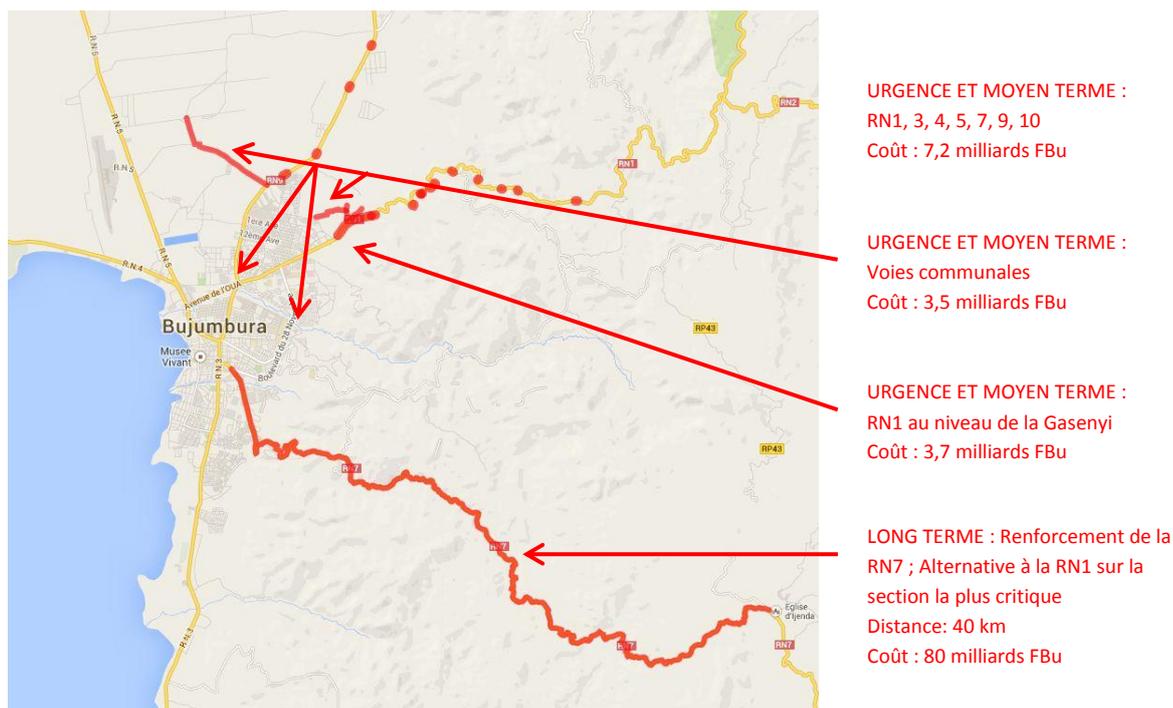


Illustration 55. Propositions à court, moyen et long terme pour la réhabilitation et le développement du réseau routier

De plus, il conviendra de développer une certaine alternative à la RN1 sur la section la plus critique qui pourrait être: (i) le renforcement des 50km premiers de la RN7 pour un coût d'environ 80 milliards FBu, ou; (ii) le bitumage des 44 km de la RP 101 qui offre aussi une alternative de déviation, pour environ 70 milliards FBu. Le tableau de synthèse reprend le montant le plus élevé des deux alternatives.

3.2. Réseaux d'assainissement

3.2.1. Réseau de collecte des eaux pluviales

Certains quartiers ne sont pas équipés de canaux de drainage et là où ils existent, leur fonctionnement a été fortement compromis par le transport solide charrié (sable, pierres, autres déchets) au moment des pluies. Les services techniques municipaux (SETEMU) parties prenantes de la visite de terrain ont confirmé le défaut d'entretien préventif des canaux par manque de ressources financières.

La politique actuelle du sous-secteur du drainage des eaux pluviales se caractérise par une faible implication de l'État au niveau institutionnel, au niveau de l'organisation des acteurs et au niveau du financement des infrastructures. En effet, le SETEMU, relevant de la Mairie de Bujumbura et du Ministère de l'intérieur, est la seule structure officielle en charge de ce volet. Il est responsable (conformément au décret n°100/162 du 12 Juillet 1983) de la planification, des études, de la maîtrise d'ouvrage des projets et programmes d'assainissement pluvial, de l'entretien et de la maintenance des infrastructures, de même que de la mobilisation des financements. Or, le SETEMU lui-même est subventionné par l'État et depuis quelques années, il ne reçoit plus de dotation financière de l'État pour l'entretien des émissaires. Il a, par conséquent, pratiquement arrêté ses activités d'entretien et de maintenance des caniveaux.

L'analyse de cette catastrophe montre qu'au-delà de l'équipement de la ville en collecteurs d'eaux pluviales, il y a aussi urgence à régler les problèmes liés aux schémas d'aménagement et de gestion des principaux cours d'eau qui traversent la ville. Il s'agit en fait de mieux organiser les activités humaines dans les terroirs en amont notamment dans les collines pour limiter les dégradations sur l'environnement au niveau des différents bassins versants, le creusement des ravins dont certains présentent des risques directs pour les installations, mais aussi d'équiper les cours d'eau d'ouvrages adéquats pour réguler l'écoulement des eaux et par conséquent limiter les inondations.

Un certain nombre d'actions ont été préconisées, directement en lien avec les dommages observés lors de la catastrophe, illustrées sur la carte ci-dessous et détaillées dans le tableau. Elles viennent compléter les mesures proposées dans l'[Etude sur la collecte des eaux pluviales](#), pour un montant de 21 milliards de FBu, considérées comme nécessaires pour palier aux principales insuffisances du réseau de collecte des eaux pluviales.

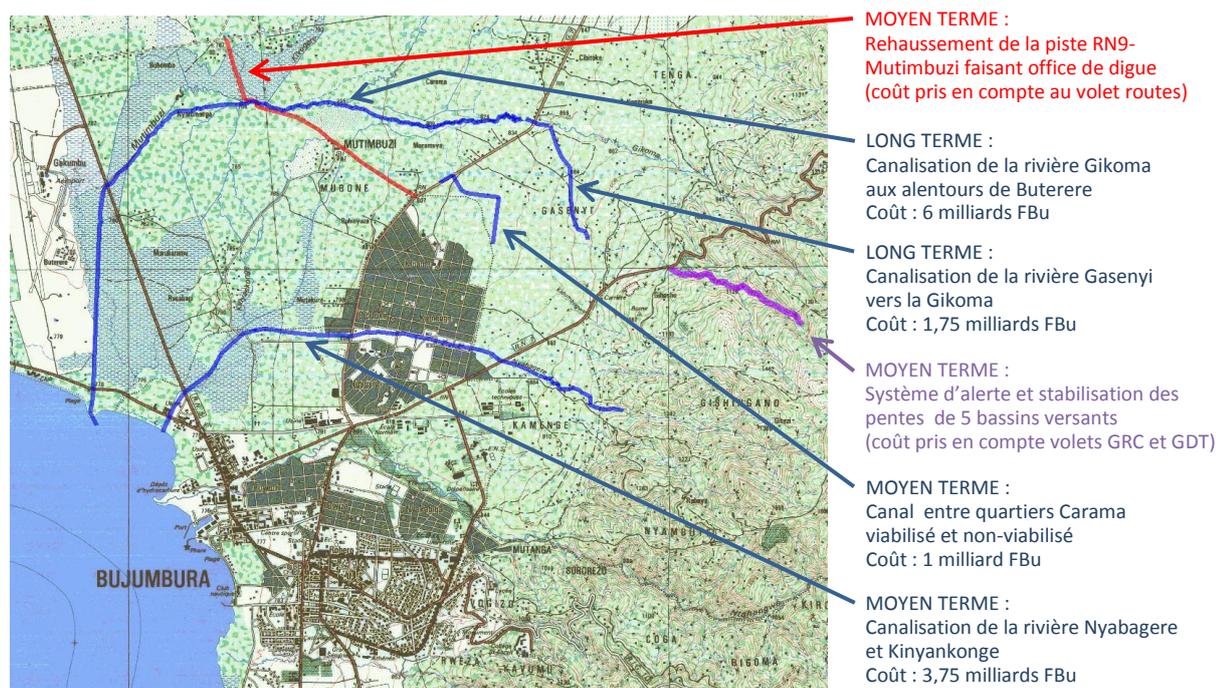


Illustration 56. Interventions préconisées pour améliorer le drainage

Le détail des interventions préconisées est dans le tableau ci-dessous :

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Canalisation de la rivière Nyabagere et Kinyankonge	Moyen terme	Canal trapézoïdal de 2,5m de profondeur, bétonné dans le fond (10 cm de béton armé x 2,5m de largeur) et maçonné sur les bords, le long de la Nyabagere, en communes de Kamenge/ Cibitoke/ Ngagara au-dessus de la RN1 (commune Gihosha) + passages sous route RN9 + le long de la Kinyankonge depuis le quartier 9 jusqu'au lac. Linéaire : 7,5 km.	3 750 000 000 FBu
Canal entre quartiers Carama viabilisé et non-viabilisé	Moyen terme	Prolongement du canal entre quartiers Carama viabilisé et non-viabilisé et redimensionnement de l'exutoire pour permettre l'évacuation des eaux depuis le nouveau canal principal vers la RN9 puis le long de la RN9	1 000 000 000 FBu
Drainage de la rivière Gikoma aux alentours de la zone urbaine de Buterere	Long terme	Amélioration du drainage de la rivière Gikoma aux alentours de la zone urbaine de Buterere : canal trapézoïdal de 2,5m de profondeur, bétonné dans le fond (10 cm de béton armé x 2,5m de largeur) et maçonné sur les bords, afin de protéger Buterere contre les inondations et d'améliorer les rendements agricoles dans cette zone humide.	6 000 000 000 FBu

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Canalisation de la rivière Gasenyi	Long terme	Canalisation de la rivière Gasenyi depuis l'amont des quartiers Carama 1 et 2 jusqu'à l'exutoire après la RN9 ; 2,5 km de collecteur bétonné + passage sous route RN9. Canal trapézoïdal avec un fond de 15 cm de béton armé, une hauteur moyenne de 2,5 m (avec remblai côté aval) et 3 m de large au niveau du fond.	1 750 000 000 FBu
Station d'épuration des eaux	Urgence	Curage en amont de la station d'épuration pour rétablir un bon écoulement.	5 000 000 FBu
Station d'épuration des eaux	Moyen terme	Renforcement du mur de soutènement par des gabions ou des maçonneries.	50 000 000 FBu
TOTAL URGENCE			5 millions FBu
TOTAL MOYEN TERME			4,8 milliards FBu
TOTAL LONG TERME			7,8 milliards FBu
TOTAL			12,6 milliards FBu

3.2.2. Réseau de collecte des eaux usées

La station d'épuration de la ville d'une capacité de 40.000 m³/j est actuellement sous-utilisée, elle fonctionne à moins de 50% de sa capacité nominale. Dans les quartiers inondés, notamment à Carama (commune de Kinama), la nappe phréatique étant très proche, certaines fosses ont débordé posant un sérieux problème sanitaire avec le mélange des eaux usées et des eaux pluviales. La solution à ce problème réside dans l'extension du réseau de collecte des eaux usées aux quartiers non encore équipés.

Par ailleurs les deux bras de rivières Gikoma et Kinyankonge se rencontrent à proximité de la station d'épuration. On y observe un phénomène de sédimentation entraînant une diversion de l'écoulement qui met en danger le mur de soutènement de la station au niveau de l'ouvrage de franchissement vers les bassins de lagunage. Pour une meilleure protection des installations contre les inondations, un renforcement du mur de soutènement est préconisé sur 50 m environ afin de contenir les flots en cas de débordement des rivières. Cette activité protégera la station d'épuration mais est une activité consistant à l'amélioration des écoulements des eaux pluviales ; son coût est donc reflété ci-dessus dans la section 3.2.1. Réseau de collecte des eaux pluviales.

3.3. Réseau d'adduction en eau potable

Les actions identifiées pour le réseau d'adduction d'eau potable sont principalement de deux ordres :

- les actions visant à rétablir la situation d'avant catastrophe par une reconstruction résiliente des dommages enregistrés. Ce sont les opérations à réaliser dans la phase d'urgence et à moyen terme ;
- les actions à long terme visant à satisfaire de manière durable les besoins en eau de la ville par la construction d'une nouvelle usine des eaux sur le lac Tanganyika d'une capacité de 40.000 m³/j.

Le détail des interventions préconisées est dans le tableau ci-dessous :

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Canal d'aménée d'eau brute vers l'usine des eaux de Ntahangwa	Urgence	Barrage en maçonnerie ; terrassement et maçonnerie du canal section 1,5 m ² sur 800 m ; pose d'une conduite en fonte sur 600 m ; équipement (prise d'eau, vannes, etc.)	648 047 920 FBu
Source d'eau de Gatanguru	Urgence	Réparation du captage et consolidation de l'aérateur	49 400 000 FBu
Pont Chaussée du peuple Murundi / rivière Ntahangwa	Urgence	Enrochement des piliers de soutien de la passerelle ; recalage de la conduite DN700 ; fourniture et pose des conduites DN300.	83 200 000 FBu
Conduite Nyabagere DN200 en amont du pont de Kamenge	Moyen terme	Expropriation du bâtiment au niveau du côté sud du canal ; élargissement du canal ; fourniture et pose d'une conduite en fonte ductile DN200 sur une longueur de 20 m.	34 450 000 FBu
Nouvelle usine des eaux	Long terme	Un projet de construction d'une deuxième usine d'eau sur le lac Tanganyika de 40.000 m ³ /j est en cours de négociation. Le financement est promis par le Gouvernement Hollandais à concurrence de 80% tandis que le Gouvernement Burundais devra trouver environ 10 millions d'euros.	20 020 000 000 FBu
TOTAL URGENCE			781 millions FBu
TOTAL MOYEN TERME			34 millions FBu
TOTAL LONG TERME			20 milliards FBu
TOTAL			20,8 milliards FBu

3.4. Marchés

Les marchés jouent un rôle primordial dans le développement économique du Burundi. Comme pour les autres infrastructures, les marchés n'ont pas été épargnés par la catastrophe qui s'est abattue dans les quartiers Nord de la ville de Bujumbura durant la nuit du 09 au 10 Février 2014.

En effet, le marché de Gatunguru a été totalement dévasté par cette crue si bien que tous les kiosques y érigés (au nombre de 1 700) ont été totalement emportés, car ce marché se situe dans le prolongement direct de la rivière Gasenyi qui a dévié de son lit principal pour emprunter un alignement droit. Selon les estimations effectuées sur base des enquêtes réalisées, le coût de reconstruction de ces kiosques est estimé à 850 millions FBu, à raison de 500.000 FBu la pièce. Tous ces kiosques appartenaient à des particuliers qui s'étaient procuré un espace pour le commerce dans ce marché et qui avaient consenti des sacrifices énormes pour cet investissement. Quant aux travaux de nettoyage des matériaux de charriage, ils ont été effectués par la population elle-même lors des travaux communautaires.

Pour ce qui concerne le marché de Kamenge en cours de construction sur financement de la Banque mondiale, il a également été touché par le débordement de la rivière Nyabagere. Un mur de soutènement des berges de cette rivière construit le long de ce marché a été partiellement endommagé, et des dépôts de boue ont eu lieu à l'intérieur de ce marché. Toutefois, comme les travaux étaient encore sous garantie, l'entrepreneur en charge de la construction de ce marché a pris contact avec la maison d'assurance pour supporter les réparations et les négociations se poursuivent positivement.

Le détail des interventions préconisées est dans le tableau ci-dessous :

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Marché Kamenge	Urgence	Remise en état d'une cinquantaine de stands le long de la rivière.	dommages assurés
Marché Gatunguru	Moyen terme	Remise en état du marché.	850 000 000 FBu
TOTAL MOYEN TERME			850 millions FBu

L'augmentation de la résilience de ces marchés demande des interventions pour la protection contre les inondations, la collecte des eaux pluviales, la collecte des eaux usées, l'amélioration ou la restauration des infrastructures de communication et la gestion des risques de catastrophes, qui sont chiffrées au niveau des autres sections de ce rapport.

3.5. Réseau électrique

Le détail des interventions préconisées est dans le tableau ci-dessous :

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Ligne électrique Gasenyi	Urgence	Remplacement des poteaux ; fourniture et installation d'un nouveau transformateur ; tirage de la ligne sur 2.5 km.	104 325 000 FBu
TOTAL URGENCE			104 millions FBu

3.6. Infrastructures agricoles et périmètres irrigués

Le détail des interventions préconisées au niveau des infrastructures agricoles est dans le tableau ci-dessous :

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Périmètre irrigué de Rubirizi	Urgence	Remettre en état le barrage, les anneaux d'irrigation et les hangars de stockage du périmètre irrigué de Murago.	550 000 000 FBu
	Urgence	Reconstruction de l'aqueduc métallique sur la Gikoma	100 000 000 FBu
Périmètre irrigué de Mubone	Moyen terme	Elargissement des drains Bukirasazi et Kinyankonge, et revêtement de ces drains par du moellon au mortier de ciment	2 100 000 000 FBu
TOTAL URGENCE			650 millions FBu
TOTAL MOYEN TERME			2,1 milliards FBu
TOTAL			2,75 milliards FBu

D'autre part, des ressources sont recherchées par le gouvernement pour un appui d'urgence (environ 150 000 FBu par ménage pour 11 814 ménages) et un programme de réhabilitation des périmètres agricoles (3 millions FBu par hectare), soit un total de 2 milliards FBu.

Enfin certains travaux de drainage des eaux, mentionnés dans la section « 3.2.1 Assainissement des eaux pluviales », et travaux sur les ouvrages d'art, mentionnés dans la section « 3.1. Transport routier », contribueront à augmenter la résilience du secteur agricole, notamment au niveau des périmètres de Rubirizi, Mubone, Maramvya and Bugoma. Ces travaux concernent :

- Protection de la culée du pont Gikoma par des murs de soutènement en moellon avec mortier de ciment, et murs de protection par gabionnage dans le prolongement du pont sur une distance de 20 m (des deux côtés) ;

- Dragage de la rivière Gikoma, amélioration de sa dynamique d'écoulement et de ses digues ;
- Amélioration de la dynamique d'écoulement de la rivière Mutimbuzi et de ses digues ;
- Dérivation de la rivière Gasenyi vers la Gikoma ;
- Réfection de la piste-digue Mutimbuzi-Marmvya.

3.7. Infrastructures scolaires

Suite à la visite des infrastructures, il a été convenu que le Ministère de l'Enseignement de Base et Secondaire, de l'Enseignement des Métiers, de la Formation Professionnelle et de l'Alphabétisation envoie une lettre au Comité Interministériel d'Urgence et aux services municipaux pour demander (i) la remise en état des salles de classe affectées surtout à Kamenge II, (ii) le dégagement de la route qui mène vers l'EP Gasenyi (Mutimbuzi) ; (iii) de fournir les tôles pour réhabilitation de la toiture de l'EP Gasenyi pour 3 salles de classe. En parallèle, l'UNICEF et le Ministère ont mobilisé les Scouts, la population, la Croix-Rouge Burundais, des ONGs et les services municipaux pour désinfecter et nettoyer les salles de classe là où c'est possible ; et l'UNICEF a augmenté la distribution des kits scolaires. Le détail correspondant aux descriptions utilisées dans le tableau ci-dessous sont disponibles dans le fichier <https://www.dropbox.com/s/ph89emknkfl2h51/Donn%C3%A9es-Education.xlsx>.

Le détail des interventions préconisées est dans le tableau ci-dessous :

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Buterere I	Urgence	Vidange des latrines et assister les enfants affectés en fournitures scolaires	4 122 080 FBu
Buterere II	Urgence	Vidange des latrines et assister les enfants affectés en fournitures scolaires	4 122 080 FBu
Cibitoke I	Urgence	Pas d'action	7 080 800 FBu
Mutakura	Urgence	Vidange des latrines	1 080 800 FBu
Nyabagere I	Urgence	Vidanger et désinfecter l'école et les latrines	1 080 800 FBu
Kinama IV	Urgence	Vidange des latrines, distribution des kits scolaires	33 932 960 FBu
Kinama IV	Moyen terme	Construction d'1 bloc latrine de 6 cabines	13 896 000 FBu
Gasenyi III	Urgence	Vidange des latrines, distribution des kits scolaires	55 531 840 FBu
Gasenyi III	Urgence	Construction d'1 bloc latrine de 6 cabines	13 896 000 FBu
Kamenge II	Urgence	Construction de 11 salles de classe temporaire, distribution des kits scolaires	263 896 360 FBu

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Kamemge II	Moyen terme	Construction de 11 salles de classe en dur, construction de 2 blocs latrines de 6 cabines chacune.	112 712 000 FBu
EP Gasenyi (Mutimbuzi)	Urgence	Distribution des kits scolaires, Vidange des latrines	32 069 520 FBu
EP Gasenyi (Mutimbuzi)	Moyen terme	Construction de 3 salles de classe	46 320 000 FBu
EP Kinama III	Urgence	Distribution des kits scolaires	3 884 960 FBu
EP Kinama III	Moyen terme	Construction de 3 salles de classe	46 320 000 FBu
Bwumba	Urgence	Distribution des kits scolaires	823 680 FBu
Gishingano	Urgence	Distribution des kits scolaires	823 680 FBu
Kinyovu I	Urgence	Distribution des kits scolaires	823 680 FBu
Kinyovu II	Urgence	Distribution des kits scolaires	823 680 FBu
Muberure I	Urgence	Distribution des kits scolaires	771 680 FBu
Muberure I	Moyen terme	Construction d'un bloc latrine de 6 cabines	13 896 000 FBu
Bushaka	Urgence	Distribution des kits scolaires	823 680 FBu
Muberure II	Urgence	Distribution des kits scolaires	771 680 FBu
Muberure II	Urgence	Construction d'un bloc latrine de 6 cabines	13 896 000 FBu
Nyarukere I	Urgence	Distribution des kits scolaires	823 680 FBu
Nyarukere II	Urgence	Distribution des kits scolaires	823 680 FBu
Sagara	Urgence	Distribution des kits scolaires	823 680 FBu
TOTAL URGENCE			324 millions FBu
TOTAL MOYEN TERME			364 millions FBu
TOTAL			688 millions FBu

3.8. Infrastructures de santé

Les centres de santé n'ont pas subi de dommages directs, mais la cour de trois d'entre eux ont été inondées, ce qui a provoqué la mise hors d'usage de cinq blocs de latrines. Il est recommandé de procéder d'urgence à la vidange des latrines, pour un montant de 1 million FBu par bloc soit un budget total de **5 millions FBu**.

Le détail des interventions préconisées est dans le tableau ci-dessous :

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Centres de santé	Urgence	Nettoyage de 5 blocs de latrines	5 000 000 FBu
TOTAL URGENCE			5 millions FBu

3.9. Gestion durable des terres et de l'eau

Au Burundi, l'utilisation des terres tient peu compte de leur aptitude et de leur fragilité. Les pratiques agricoles traditionnelles sont souvent inappropriées, et la surexploitation des terres est un défi majeur dans le contexte de l'explosion démographique.

Aux alentours de Bujumbura, la pression anthropique impose de mettre en œuvre, dès maintenant, les aménagements de gestion durable des terres et de l'eau nécessaires pour limiter les impacts d'une ville qui va doubler sa population et sa surface urbanisée dans les 15 prochaines années.

Afin de protéger les alentours de Bujumbura contre les risques de ravinement, de glissement de terrain, de coulée de boue et afin de réduire progressivement les ruissellements, il est proposé de procéder dans un premier temps à des travaux préliminaires de stabilisation des pentes dans les bassins versants amont de Bujumbura (Gasenyi, Gikoma, Kidumbugwe, Muzazi, Nyabagere, Ntakangwa, 25 000 ha), pour une enveloppe de **15 milliards FBu** ; puis, après environ 18 mois de mise en œuvre, de procéder à des travaux plus avancés de stabilisation des pentes, sur les mêmes 25 000 ha, pour **15 milliards FBu** à nouveau.

Le détail des interventions préconisées est dans le tableau ci-dessous :

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Travaux initiaux de stabilisation des pentes	Moyen terme	Dans les bassins versants amont de Bujumbura présentant des risques de glissement de terrain (Bujumbura (Gasenyi Gikoma, Kidumbugwe, Muzazi, Nyabagere, Ntakangwa : 25 000 ha) : plantation d'éclats de souches d'herbes fixatrices, d'arbustes fourragers (Leucaena, Calliandra) et d'arbres agroforestiers (Grévillea, Cedrella, Moesopsis).	15 000 000 000 FBu
Travaux de stabilisation renforcée des pentes	Long terme	Dans les mêmes bassins versants : mesures avancées de gestion durable des terres et stabilisation des pentes avec une approche de long-terme.	15 000 000 000 FBu
TOTAL MOYEN TERME			15 milliards FBu
TOTAL LONG TERME			15 milliards FBu
TOTAL			30 milliards FBu

Les différentes mesures possibles sont présentées dans l'ouvrage [La pratique de la gestion durable des terres](#) et incluent : (i) la gestion intégrée de la fertilité des sols ; (ii) l'agriculture de conservation ; (iii) la collecte des eaux de pluie ; (iv) la gestion de l'irrigation à petite échelle ; (v) les barrières en travers de la pente ; (vi) l'agroforesterie ; (vii) la gestion intégrée de l'agriculture et de l'élevage ; (viii) la gestion des parcours pastoraux et (ix) la gestion durable des forêts.

	Gestion intégrée de la fertilité des sols	Agriculture de conservation	Collecte des eaux de pluie	Gestion de l'irrigation à petite échelle	Barrières en travers de la pente	Agroforesterie	Gestion intégrée d'agriculture et d'élevage	Pastoralisme et la gestion des parcours	Gestion durable des forêts plantées	Gestion durable des forêts en zones arides	Gestion durable des forêts humides
Résilience accrue au conditions très arides	++	++	+++	+	++	++	++	+++	+	++	+
Résilience accrue au conditions très humides	++	++	+++	++	+	+++	++	++	+	+++	++
Résilience accrue aux pluviométries variables	+	+	+	Pas de données	+	++	+	++	+	+++	++
Résilience accrue aux températures et à l'évaporation augmentés	+	++	++	+	+	++	+	+++	+	++	++
Réduction du risque de perte de production	++	+	+	++	+	++	++	++	+	+++	+

-- négatif ; - légèrement négatif ; -/+ neutre ; + légèrement positif ; ++ positif ; +++ très positif ; na: non applicable

Illustration 57. Contribution des différentes pratiques de gestion durable des terres à l'adaptation aux changements climatiques et à la gestion des risques de catastrophes

3.10. Gestion des risques de catastrophes

Le détail des interventions préconisées est dans le tableau ci-dessous :

Dénomination - localisation	Temporalité	Description des travaux préconisés	Valeur de reconstruction résiliente (FBu)
Gatunguru, Buterere, Isale, Gitega et Muhuta	Urgence	Mettre en place et tester opérationnellement un système d'alerte et de réponse dans les zones à risque de glissement de terrain.	500 000 000 FBu
Carte nationale	Moyen terme	Développer une cartographie des zones à risques et un système d'information	750 000 000 FBu
Brigades communautaires	Moyen terme	Mettre en place et équiper des brigades de riverains pour le suivi des points critiques (notamment en matière de drainage), en commençant par les communes équipées d'un système d'alerte	750 000 000 FBu
Ecole de protection civile	Long terme	Rendre opérationnelle l'école de protection civile avec une formation en prévention et en gestion des catastrophes	250 000 000 FBu
Prendre en compte les facteurs de risques au niveau sectoriel	Long terme	Proposer et chiffrer des mesures d'atténuation des risques sectorielles (transport, urbanisme, eaux pluviales, eaux usées, zones industrielles, exploitation des ressources naturelles)	250 000 000 FBu
TOTAL URGENCE			500 millions FBu
TOTAL MOYEN TERME			1,5 milliards FBu
TOTAL LONG TERME			500 millions FBu
TOTAL			2,5 milliards FBu

3.10.1. Suivi des phénomènes dangereux, prévision et alerte

L'objectif est de renforcer l'utilisation des prévisions et des connaissances disponibles au niveau de l'IGEBU et des autres services afin de sauver des vies et de réduire l'impact des événements hydro-météorologiques extrêmes sur l'économie et la société. Un système d'alerte devrait permettre d'informer les populations et les pouvoirs publics en cas de phénomène naturel dangereux, et d'activer les plans de prévention, anticipation ou de secours adéquats. Cela requiert de faibles investissements matériels, mais des investissements humains et institutionnels importants pour mettre en place des procédures opérationnelles adaptées à tous les contextes, et surtout les moins prévisibles.

Ce système d'information fournirait une aide à la décision en permettant aux institutions participantes et au public un accès aux informations – développées par les institutions gouvernementales – suivantes¹³ :

- Prévision des phénomènes dangereux (glissements de terrain, fermeture temporaire du lit des rivières, sécheresses, inondations par débordement ou ruissellement, feux de brousses, tempêtes) ;
- Cartes et bulletins d'alerte identifiant clairement les risques liés à ces phénomènes, avec des références à des événements comparables survenus dans le passé ;
- Points focaux chargés de la diffusion des informations, la préparation (contingence) et la réponse d'urgence ;
- Conseils de conduite à tenir et de préparation à l'urgence ;
- Coordination institutionnelle, retours d'expérience.

Etant donné la faiblesse des connexions internet au niveau de certaines institutions, il est proposé de mettre en place un système d'information et d'alerte s'affranchissant autant que possible des contraintes liées à la bande passante. Ceci peut se faire par un téléchargement (mode « push ») des informations sur les disques-dur des ordinateurs des utilisateurs, dès que la connexion est disponible. L'ensemble des services d'alerte restent ainsi disponibles à tout moment, avec ou sans connexion à internet, et les données se mettent à jour progressivement lorsque la connexion le permet.

Les livrables proposés à travers cette activité incluent :

1. Système d'information (mise en place des comptes utilisateurs et des dossiers partagés au niveau des institutions membres, affichage de couches d'informations provenant de serveurs WMS et développées dans le cadre de l'activité « cartographie des risques » présentée ci-dessous, intégration automatique des données au sein d'un SGBDR hébergé dans le « cloud », etc.) dans lequel sont organisées, analysées et traitées l'ensemble des données ;

¹³ Les ressources suivantes exposent les principes permettant de développer les capacités d'alerte nationales :

- <http://www.unisdr.org/2006/ppew/info-resources/ewc3/checklist/French.pdf>
- http://www.wmo.int/pages/prog/drr/projects/Thematic/MHEWS/MHEWS_en.html#goodpractices
- http://www.gfdr.org/sites/gfdr.org/files/Implementing_Early_Warning_Systems.pdf

2. Outil de consultation et de mise à jour "offline" (pour les institutions ayant une responsabilité par rapport à l'alerte) : constitution des caches de données adaptés permettant une consultation en l'absence de connexion internet ;
3. Outil de consultation GoogleEarth & internet (pour le public) ;
4. Développement d'applications dédiées Android et Apple (pour les institutions et pour le public) ;
5. Développement d'un canevas de procédures opérationnelles (à adapter pour chaque institution) définissant les responsabilités de chacune dans les phases de prévention, de veille/suivi et de vigilance/alerte. Dans ce contexte la responsabilité de lancer une alerte doit être coordonnée avec la mise en œuvre de la réponse adéquate ;
6. Formations pour l'ensemble des institutions permettant une utilisation cohérente du système ;
7. Simulation pour tester l'opérationnalité du système ;
8. Manuel d'utilisation pour la consultation et la mise à jour des informations, cohérentes par rapport aux procédures opérationnelles.

Il est proposé de considérer ces développements de manière progressive, sur plusieurs années, avec la prise en charge dans une première phase de l'alerte aux populations les plus vulnérables au niveau des sites présentant des risques d'effondrement, de glissement de terrain ou de rupture de retenues collinaires (artificielles ou spontanées). Un budget de **500 million FBu** est proposé pour cette première phase, qui devrait démarrer dès que possible pour éviter de voir un événement similaire à celui du 9-10 février se reproduire.

3.10.2. Développement d'une cartographie des zones à risques

Le plan d'action pour le renforcement des capacités nationales pour la réduction des risques préconise le développement et la mise à jour régulière d'une cartographie des zones à risques.

Avec l'objectif de fournir une information de qualité sur les impacts historiques et futurs liés aux aléas naturels, la mission préconise que cette cartographie combine la modélisation physique, avec une approche probabiliste (type CAPRA), et la cartographie des points critiques basée sur le retour d'expérience (base de données type Desinventar). En effet les informations empiriques (sur les événements passés) sont essentielles pour calibrer les modèles ; par ailleurs seuls les modèles permettent d'anticiper les risques sur la base de scénarios de conservation des sols, de développement urbain, de développement quel que soit le secteur ou de changement climatique.

Cette connaissance des risques ne pourra se développer que dans la durée, avec un travail en phases. Il est ainsi recommandé de commencer à prendre en compte les aléas glissements de terrain et inondations dans les zones les plus touchées. Certains travaux existent et pourront dans un premier temps être rassemblés, afin d'exploiter progressivement les connaissances disponibles et de les développer. Une première phase du projet pourrait ainsi développer les produits suivants :

1. Base de données géoréférencée, historique et dynamique sur les aléas et leurs impacts. La base de données des impacts pourra être développée suivant la méthodologie "Desinventar" et intégrée au système d'information. A l'issue de cet exercice, les données disponibles au sein des différentes administrations, certaines principalement axées sur les aléas et les autres sur les impacts, pourront être croisées (un identifiant unique sera attribué à chaque événement) ;
2. Fonds cartographiques regroupés sous un référentiel géographique commun ou développés selon les besoins (occupation des sols, relief, découpages administratifs, zones de compétence / influence des différents membres de la plateforme, etc.) ;
3. Cartographie et analyse des aléas (zonage, période de retour pour différentes intensités, métadonnées incluant les dates des événements passés et les paramètres physiques permettant de les caractériser) pour les glissements de terrain, les pluies violentes, les inondations de rivières, les inondations rapides en zone rurale, le ruissellement urbain, les débordements de barrages/digues, les vents violents, les sécheresses agronomiques ;
4. Cartographie des principaux éléments / zones vulnérables (zones peuplées ou exploitées, ouvrages et infrastructures vulnérables, avec classification préliminaire de la vulnérabilité) pour chaque aléa ;
5. Cartographie des bonnes pratiques en matière de prévention ou de préparation à l'urgence avec accès à une banque de données permettant d'illustrer ces bonnes pratiques ;
6. Cartographie des principaux éléments présentant un intérêt dans la réponse d'urgence (moyens de transport, sites d'hébergement potentiels, points d'eau, réserves de carburant, de vivres, de produits pharmaceutiques, etc.) ;
7. Atlas des risques présentant les impacts potentiels des différents aléas sur les secteurs de l'économie et de la société (actuels et projections pour le futur sur la base de différents scénarios démographiques, économiques et climatiques) ;
8. Formations et atelier pour l'ensemble des institutions contribuant à la prévention et à gestion des catastrophes.

Le développement de ces produits pourrait être une activité conjointe de la Plateforme Nationale de Prévention des Risques et de Gestion des Catastrophes et la Plateforme Nationale du Systèmes d'Information Géographique, mise en place le 6 mars 2014 dans le cadre de l'Infrastructure Nationale de Données Spatiales (INDSB, voir <http://www.presidence.bi/spip.php?article4500>). En effet la cartographie des risques est un exercice multisectoriel et suppose une collaboration institutionnelle étroite.

Le coût estimé pour cette activité est de **1 milliard FBu** réparti de la manière suivante :

- Première année : Mise en place de la base de données des impacts (Desinventar), du service cartographique dédié (type GeoNode / SIERA), recueil des couches d'informations disponibles, identification des zones requérant un suivi particulier par rapport aux risques de glissement de terrain et d'inondation ;

- Deuxième année : Mise en place d'une ébauche de modélisation des risques (CAPRA) avec une approche multisectorielle et multirisque ; Comparaison des sorties du modèle avec les impacts historiques ;
- Troisième année : Développement d'un atlas dynamique des risques permettant une projection sur la base de différents scénarios (politiques publiques, urbanisme, gestion de l'eau, pratiques de gestion durable des terres, changement climatique, etc.).

3.10.3. Mise en place et équipement des brigades de riverains pour le suivi des points critiques (notamment en matière de drainage)

L'objectif de ces brigades de riverain serait d'assurer un suivi de l'entretien des caniveaux. Leur rôle devrait être défini avec les riverains, mais pourrait aller de la simple observation et notification, au nettoyage périodique des caniveaux (particulièrement quand l'IGEBU prévoit des fortes pluies, ou avant l'installation d'une saison pluvieuse). Les riverains tirent des bénéfices directs à travers leur implication collective, notamment en termes de protection de leurs habitations contre les inondations, de circulation de l'information (prévisions météorologiques), de formations, et de structuration sociale. Un projet pourrait apporter le matériel requis pour mener à bien ces travaux (charrettes, de pelles, de piques, de brouettes, de râtaux, de fourches, de sacs, de gants, de bottes et de tenues appropriées, selon les besoins).

Ces brigades bénéficieraient d'un accompagnement pour optimiser les ressources matérielles et humaines disponibles. Il pourrait être mis en place un partenariat dans le cadre du recyclage des ordures, dont certaines peuvent être mises en valeur par compostage. De plus, ces brigades pourraient aussi jouer un rôle dans les décisions d'investissements de la Commune, d'une part en permettant la remontée d'information sur les défaillances au niveau des services appropriés, et d'autre part en réglant en priorité les déficiences en matière d'assainissement dans les quartiers qui assurent une utilisation, un suivi et un entretien convenable.

L'accompagnement proposé pour la mise en place de ces brigades à Bujumbura est de **500 millions de FBu**, pour une durée de 3 ans.

3.10.4. Prise en compte des risques dans le schéma directeur d'urbanisme, le schéma directeur d'assainissement pluvial, l'activité minière et les plans de développement locaux

Dès le début du processus de développement de l'information sur les risques (cartographie des risques), il est proposé d'impliquer les techniciens spécialisés dans l'évaluation des risques, ayant une bonne connaissance des facteurs de risques sous-jacents, avec des experts et décideurs de différents secteurs, afin de travailler sur des scénarios d'investissement manière concertée. La gestion des risques de catastrophes peut présenter des coûts supplémentaires, mais peut aussi être source d'opportunités et permettre d'identifier des solutions innovantes pour rendre les investissements, notamment en matière d'infrastructures, viables et durables.

Une approche possible pour la prise en compte des risques est l'évaluation environnementale stratégique, qui permet d'identifier non seulement l'impact des risques sur une activité mais aussi l'impact d'une activité sur les risques. Le travail sur différents scénarios permet d'optimiser les potentialités tout en réduisant les risques. Cette manière d'appréhender les risques permet aux décideurs de considérer les opportunités sur le long terme liées aux mesures de prévention. Le document « [Outils d'intégration de la réduction des risques de catastrophes](#) » donne des exemples et propose des approches en matière d'intégration des considérations concernant les risques de catastrophes dans les évaluations environnementales.

La prise en compte des risques dans les secteurs de l'urbanisme, de l'assainissement, de l'exploitation minière est d'autant plus une priorité qu'elle permettra l'atteinte des objectifs de la [Vision Burundi 2025](#), qui prévoit une augmentation progressive de l'urbanisation au cours des 10 prochaines années pour atteindre 40% sous l'effet combiné d'une politique volontariste d'urbanisation et de diversification économique qui prendra appui notamment sur le développement du secteur tertiaire et des exploitations minières.

Dans un premier temps, il est proposé de soutenir l'assistance technique nécessaire à la prise en compte des risques dans les projets d'investissements dans les secteurs des transport, de l'urbanisme, de l'assainissement, et de l'exploitation des ressources naturelles, avec une enveloppe pour 3 ans de **250 millions FBu**.

3.10.5. Rendre opérationnelle l'école de protection civile

L'Ecole Supérieure de la Protection Civile a été mise en place, mais la formation n'a pas encore démarrée. Le gouvernement français a assuré des formations professionnelles des cadres de la Protection Civile, notamment pour les secouristes et les pompiers, ainsi que l'organisation des exercices de simulation pour la réponse aux situations de crise. Un projet de l'Union européenne centré sur le renforcement des capacités de la Protection Civile est en train d'être préparé. La proposition est de compléter cet appui avec des composantes spécifiques à la prévention, au retour d'expérience, à l'aménagement du territoire et à l'urbanisme, avec une enveloppe pour 3 ans de **250 millions FBu**.

Références



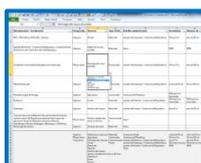
Dossier partagé contenant l'ensemble des documents produits et références utilisées par la mission (documents, cartes, vidéos, photos, etc.)

<https://www.dropbox.com/sh/rn6qbm7rpuzlto/vr6WZz30NP>



Aide-mémoire de la mission du 4 au 14 mars 2014

<https://www.dropbox.com/s/ztiasaiibn1x43/AideM%C3%A9moire.pdf>



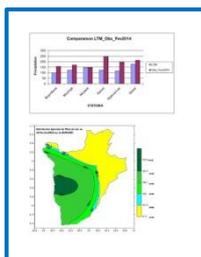
Tableur Excel présentant des tableaux croisés dommages et des recommandations pour un relèvement et une reconstruction résilients

<https://www.dropbox.com/s/u6jks2jn27cwv0x/Donn%C3%A9es+Crois%C3%A9es.xlsx>



Carte au format GoogleEarth présentant l'ensemble des dommages et des recommandations pour un relèvement et une reconstruction résilients

<https://www.dropbox.com/s/xe4ta4pvw74y8y6/CarteBujumbura9-10Feb2014.kmz>



Document d'analyse des données pluviométriques préparée par l'IGEBU pour cette mission

<https://www.dropbox.com/s/v7rrtnuqft3xsd0/IGEBU-AnalyseDonneesMeteoF%C3%A9vrier2014.docx>



Evaluation des dommages et recommandations concernant le secteur routier (préparé par le ST-PDSR, avec une [présentation](#))

<https://www.dropbox.com/s/yrtb4oo6rr14exw/PDSR-STUDI-EvaluationDommagesRN1.pdf>



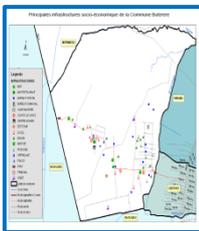
Etude sur la collecte des eaux pluviales

https://www.dropbox.com/s/dsdqvg52p1o70h7/EtudeCollecteEvacuationEauxPluviales_Vol1.pdf et rapports complémentaires dans le dossier <https://www.dropbox.com/sh/6xfh53x2ro0pplv/Kh7sDoKQJTJ>



Schéma directeur d'assainissement des eaux usées

<https://www.dropbox.com/s/b9h7qdrq0rcfk8f/PlanDirecteurAssainissementEauxUsees-01Resume.pdf> et rapports complémentaires dans le dossier <https://www.dropbox.com/sh/6xfh53x2ro0pplv/Kh7sDoKQJTJ>



Plan Communal de Développement Communautaire de Buterere

http://www.mairiebujumbura.gov.bi/download/buterere/pcdc_buterere.pdf



Plan Communal de Développement Communautaire d'Isale

https://www.dropbox.com/s/sn85zglclxwawwg/PCDC_Isale.docx



Plan Communal de Développement Communautaire de Mutimbuzi

https://www.dropbox.com/s/vjqh3t601yr1yjp/PCDC_Mutimbuzi.docx



Plan Communal de Développement Communautaire de Kamengé

https://www.dropbox.com/s/9nnsq4uo0qb8agx/PCDC_Kamenge.docx



Plan Communal de Développement Communautaire de Kinama

http://www.mairiebujumbura.gov.bi/download/kinama/pcdc_kinama.pdf



Vision Burundi 2025

http://www.presidence.bi/IMG/pdf/Vision_Burundi_2025_complete_FR.pdf



Nibigira & al : La vallée du rift est-africain face aux risques gravitaires : Cas de Bujumbura (Burundi)

<http://isterre.fr/docrestreint.api/7607/75f1bef8f598ac8c5402e7f6106583ed234a1213/pdf/nibigira.pdf>



Plan d'action pour le renforcement des capacités nationales pour la réduction des risques, la préparation et la réponse aux urgences au Burundi 2013-2016

<https://www.dropbox.com/s/xokdqaawwy54q1r/Plateforme-PlanActionNationalRRC2013-2016.docx>



Institut Géographique du Burundi (IGEBU)

<http://www.igebu.gov.bi>



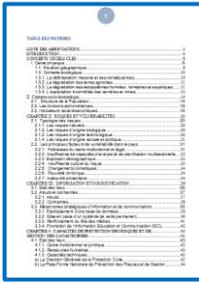
Modèles SIG sur les risques d'inondations de la ville de Bujumbura

<https://www.dropbox.com/s/q3xu9po7razqiay/IGEBU-PAM-RisquesInondationsBujumbura.pptx>



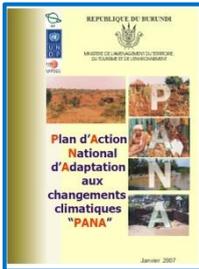
Annnonce du lancement de la plateforme nationale du Système d'Information Géographique

<http://www.presidence.bi/spip.php?article4500>



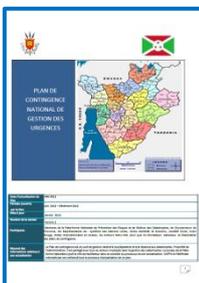
Document provisoire de Stratégie Nationale Prévention des Risques et de Gestion des Catastrophes

<https://www.dropbox.com/s/oqdfll8mi4w6k9t/Plateforme-StrategieNationale.docx>



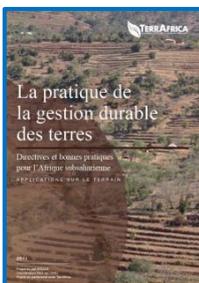
Plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques "PANA"

<http://unfccc.int/resource/docs/napa/bdi01f.pdf>



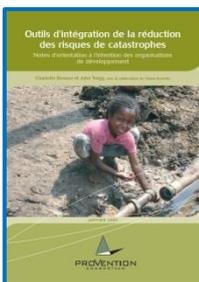
Plan de contingence national de gestion des urgences

<http://www.spcns-burundi.net/images/plan%20de%20contingence%20nationale%20de%20gestion%20des%20urgences.pdf>



La pratique de la gestion durable des terres

http://knowledgebase.terrafrica.org/fileadmin/user_upload/terrafrica/docs/topic_page/SLM_in_Practice_French.pdf



Outils d'intégration de la réduction des risques de catastrophes

http://www.preventionweb.net/files/1066_toolsformainstreamingDRRfr1.pdf



Développement de systèmes d'alerte précoce : une liste de contrôle

<http://www.unisdr.org/2006/ppew/info-resources/ewc3/checklist/French.pdf>



Ministère des Finances

Av. de la Révolution
Bujumbura, Burundi
+257 22 222 775
finances@finances.gov.bi

**Plateforme Nationale de
prévention des risques et de
gestion des catastrophes**

DG de la Protection Civile
Bujumbura, Burundi
+257 22 274 047
nibigiraed@yahoo.fr

Banque mondiale

Av. de l'Aviation
Bujumbura, Burundi
+257 22 206 200
mnzeyimana@worldbank.org