

**IMPACT DES INONDATIONS ET LES EFFETS HYDROLOGIQUES DE LA RIVIERE MUKUKWE: CONSTRUCTION D'UN CANAL D'EVACUATION DES EAUX ET D'UN FORAGE DANS LE QUARTIER NDENDERE A BUKAVU**

**APPLIQUEES(ISTA-BUKAVU/BURHUZA) 1**

**Prof Albert KABASELE YENGA YENGA(UPN-KINSHASA) 2**

**Prof Jean Pierre BAJOPE BALUKU(CRSN-LWIRO) 3**

**Prof Robert WAZI NANDEFU(UOB-BUKAVU et UNIVERSITE DE ROUAN/PARIS) 4**

**BAUDOUIN ALINGILIA MAMBEU(UNP-BUKAVU) 5**

**Doctorant Ladislas MOSANGE KATIBIBI(INSTITUT SUPERIEUR DE TECHNIQUES**

**IJASR 2021**

**VOLUME 4**

**ISSUE 1 JANUARY – FEBRUARY**

**ISSN: 2581-7876**

**Abstract:** The flooding provoked by Mukukwe–river occurred during the wet season from September up to June and do not stop to cause catastrophic damages. The origin of these flooding has many factors. Primarily we mention the anthropic impacts on the environment due to disrespect of town planner liability norms aggravated phenomena by climatic upheaval caused by actual climate heating, the violent erosion in watersheds on steep slopes greater than 30°, the sedimentation of Mukukwe valley, enormous waste carried by these waterways and that block the normal water flowings, anarchic buildings that occupy all the spaces and create an unhealthy environment. It is a great moment that all actors been involved in the protection of the environment namely the state through its specialized services; the inhabitants of the places concerned (Mukukwe, Muhungu, Vamaro, Sayo Camp and Irambo).

The NGOs (Non –governmental Organization), civil societies contribute to the preservation and sanitation of this part of Bukavu town.

**Key words:** Impact-Inondation-Effets-Hydrologiques effects- River-Forage-Drilling-Bukavu Mukukwe.

## **I. INTRODUCTION**

Depuis plus d'une décennie, la Terre tout entière connaît l'épineux problème de réchauffement climatique dont les conséquences sont entre autres des précipitations diluviennes imprévisibles par endroits occasionnant des inondations catastrophiques ainsi que des érosions qui s'en suivent, des phénomènes qui n'épargnent pas la République Démocratique du Congo. Par ailleurs, la ville de Bukavu dans son ensemble souffre d'un fléau en outreance qui est le phénomène des constructions anarchiques bafouant les lois urbanistiques qui pourtant existent mais que la mauvaise gouvernance administrative tant nationale qu'urbaine corrompue a bien du mal à appliquer. En plus de cela, le quartier Ndendere dans son ensemble et plus particulièrement la cellule de Mukukwe connaissent un surpeuplement et dont la consommation des biens par les habitants génère d'énormes quantités des déchets dont la gestion dépassent les efforts de la municipalité urbaine.

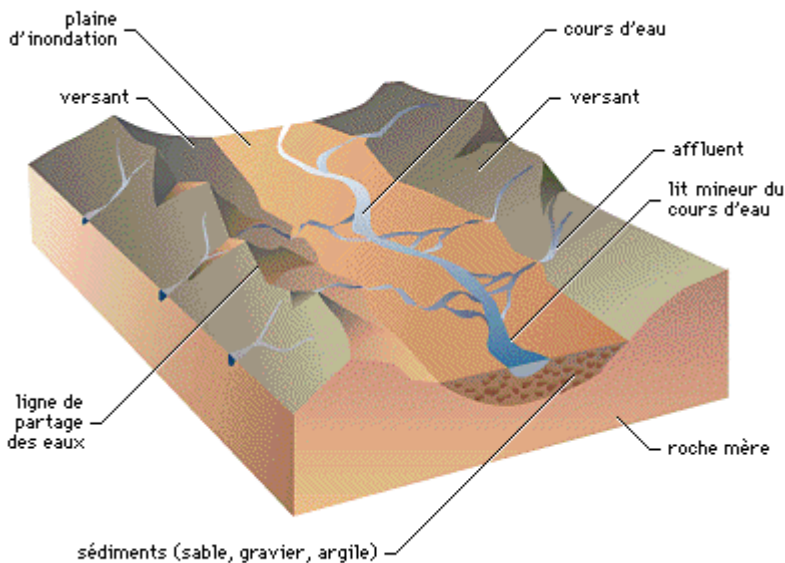
Dans un environnement pareil il va falloir mener une sensibilisation auprès des habitants de cette entité communale qu'est la cellule de Mukukwe et des plaidoyers auprès des autorités urbaines compétentes afin d'amener les différents acteurs impliqués dans la protection et amélioration de cet environnement fort dégradé pour qu'ils jouent consciencieusement les rôles qui leur sont dévolus à savoir une gestion de l'environnement sans complaisance, avec responsabilité et d'une manière durable.

### **I.1. METHODOLOGIE**

Il nous paraît plus édifiant de traiter le présent sujet en explicitant certains concepts clés sur lesquels s'appuient nos recherches, il s'agit notamment des termes: impact, inondation, effets hydrologiques, rivière et forage. Et par la suite nous appuyer sur les instruments juridiques existants en vigueur en RD Congo pour mener une sensibilisation auprès des habitants de ce milieu et une plaidoirie auprès des autorités administratives pour les conscientiser sur les responsabilités civiques au regard de respect des normes urbanistiques et la protection de l'environnement.

**Impact:** ensemble de répercussions (de quelque chose sur une autre chose), un effet, une influence.

**Inondation** :est une invasion d'un territoire par les eaux, due à une crue des cours d'eau (ou à l'avancée de la mer).



Encyclopédie Encarta, © Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

#### -CAUSES DES INONDATIONS

**Topographie d'une plaine d'inondation:** Une plaine d'inondation ou plaine alluviale est une vaste étendue de terrain sablonneux, graveleux et argileux qui recouvre le fond d'une vallée. Les plaines d'inondation se forment lorsqu'un cours d'eau sillonnant une vallée sort de son lit mineur et se répand sur son lit majeur. Il entre alors en crue et recouvre de limons de débordement de la plaine alluviale. En se retirant, le cours d'eau dépose des sédiments (sable, gravier, argile) qui enrichissent le sol de la plaine, qui est généralement très fertile.

**Forage** : c'est un système d'approvisionnement en eau potable en aspirant l'eau de la nappe phréatique ou aquifère à l'aide d'une pompe manuelle (forage manuel du type INDIA ou autres) ou pompe électrique (forage électrique avec pompe électrique immergée)

**-Rivière** : est un système d'écoulement d'eau d'amont en aval, une eau naturelle et non une eau superficielle de pluie

#### Rôles des eaux de pluie :

Une partie de l'eau de pluie est retenue par le sol, absorbée par la végétation ou évaporée ; le reste, l'eau de ruissellement, atteint le lit des cours d'eau. Les crues se produisent lorsque le sol et la végétation ne peuvent pas assimiler toute l'eau de ruissellement et provoquent une élévation du lit du cours d'eau. Le plus souvent, celui-ci ne déborde pas, mais l'eau ruisselle parfois dans des quantités qui ne peuvent être transportées dans les lits des rivières ni retenues dans les bassins naturels et les réservoirs artificiels situés derrière les barrages. Le cours d'eau déborde et il se produit alors une inondation.

-Environ 30 p. 100 des précipitations ruissellent, et à cette quantité peuvent encore s'ajouter des masses de neige fondue(cas des régions tempérées). Beaucoup de rivières connaissent des crues pendant la saison de pluie ou au printemps et débordent de leur lit pour atteindre leur plaine d'inondation. Ces plaines d'inondation sont, ou devraient être, exemptes de toute construction. Les pratiques agricoles intensives diminuent la capacité du terrain à retenir l'eau et augmentent le ruissellement. La maîtrise des inondations passe par le reboisement et par la mise en œuvre des méthodes efficaces de traitement des sols de conservation et de reboisement

## I.2.EFFETS HYDROLOGIQUES DES INONDATIONS

Les effets des inondations ne se limitent pas aux dommages matériels et humains directs ou indirects et à la suite des épidémies provoquées par le manque d'eau potable. Les eaux de ruissellement rapides entraînent l'érosion du sol ainsi que des problèmes de dépôts de sédiments, surtout en aval\* érosion. Les frayères à poissons et les autres habitats de la vie sauvage sont souvent détruits. Lorsqu'elles se prolongent, les inondations retardent la circulation, endommagent les systèmes de drainage et compromettent les pratiques agricoles. Les culées de ponts, les rives, les embouchures d'égouts sont endommagées; la navigation et l'approvisionnement en énergie hydroélectrique sont compromis.

### . Rivière:

«Est un cours d'eau d'importance moyenne qui se jette dans un autre cours d'eau. En hydrographie, une **rivière** est un cours d'eau au débit moyen modéré (supérieur à 2 m<sup>3</sup>/s), recevant des affluents et qui se jette dans une autre rivière ou dans un fleuve<sup>1</sup>». (Rivière)\*

## II.LE BILAN HYDRIQUE

L'équation du bilan hydrique se fonde sur l'équation de continuité et peut s'exprimer comme suit, pour une période et un bassin donné:

$$P + S = R + E + (S \pm \Delta S) \quad (1.1)$$

Avec:

P : précipitations (liquide et solide) [mm],

S : ressources (accumulation) de la période précédente (eaux souterraines, humidité du sol, neige et glace) [mm],

R : ruissellement de surface et écoulements souterrains [mm],

E : évaporation (y compris évapotranspiration) [mm],

S + DS : ressources accumulées à la fin de la période [mm].

Périmètre irrigué : 3Km<sup>2</sup>(Bassin de Mukukwe jusqu'à la rivière Ruzizi)

1ha=10.000m<sup>2</sup>

Mukukwe connaît un climat tropical à deux saisons(saison sèche et saison de pluie) et la pluviométrie est faible plus au moins 1000mm/an qui est la précipitation moyenne du bassin.

Le bilan hydrique est le résultant chiffré de la comparaison du total des précipitations tombées d'une région et

L'évapotranspiration potentielle évaluée au laboratoire.

Elle a pour but d'apprécier la quantité de pluie tombée dans une région bien déterminée.

### -Infiltration ou perméabilité du sol

Degré d'infiltration du sable : 96 pour cent

Degré d'infiltration d'argile : 11,2 pour cent

Infiltration moyenne :  $96 + 11,2 / 2 = 53,6$  pour cent

Débit = 100L/S (débit moyen de la rivière MUKUKWE)

P=ETR+R+I

ETR : Evapotranspiration

R : Ruissellement

I : Infiltration

D : Eau de drainage

On sait que  $DS=P - ETR - R-D$ , avec DS : variation du stock d'eau

P : Pluviomètre

R : Ruissellement

D : Eau de drainage

E : Evapotranspiration réelle

Supposons que la variation du stock d'eau est nulle

$DS=0$  (l'eau coule continuellement et n'est pas gardé à un endroit)

$0=P - ETR - R - D$  ceci implique que  $ETR=P - R - D$

En négligeant les ruissellements, notre équation sera  $ETR=P - D$  (évapotranspiration)

Quantité drainée=Quantité précipitée -D

Alors  $ETR = 1000\text{mm} - 536\text{mm} = 464\text{mm}$  et le bilan hydrique sera maintenant :  $P= ETR + R + I$

Le bilan hydrique sera alors :  $P=464\text{mm} + 1000\text{mm} + 536\text{mm} = 2000\text{mm}$

Le bilan hydrique est de  $20\text{m}^3/\text{h}$

NB : On se rend compte que le bilan n'est pas consistant d'où le drainage pour faciliter l'écoulement des eaux usées vers la rivière RUZIZI ; il y a lieu de bien faire le curage et construire en béton le canal d'évacuation.

On exprime généralement les termes du bilan hydrique en hauteur d'eau (mm par exemple), on parle alors de lame d'eau (précipitée, écoulée, évaporée, stockée, etc.). Cette équation exprime simplement que la différence entre le débit d'eau entrant et le débit d'eau sortant d'un volume donné (par exemple un bassin versant) au cours d'une période déterminée est égale à la variation du volume d'eau emmagasinée au cours de ladite période. Elle peut s'écrire encore sous la forme simplifiée suivante :

$$E = I - O \pm \Delta S \quad (1.2)$$

Avec :

E : évaporation [mm] ou  $[\text{m}^3]$ ,

I : volume entrant [mm] ou  $[\text{m}^3]$ ,

O : volume sortant [mm] ou  $[\text{m}^3]$ ,

DS : variation de stockage [mm] ou  $[\text{m}^3]$ .

Si le bassin versant naturel est relativement imperméable, la variation de stock sur une période donnée peut être considérée comme nulle ( $DS=0$ ). Dès lors, on peut introduire le déficit d'écoulement  $D$  dans l'équation qui s'écrit :

$$I - O = D \quad (1.3)$$

En effet, MUKUKWE-LUZIBA n'est pas une rivière à proprement parlé car elle est un cours d'eau dont les sources sont les eaux usées déversées de toutes les habitations bâties anarchiquement sur les bassins versants surplombant la vallée de Mukukwe où l'on rencontre l'ancien terrain de football. Ainsi, on parlerait d'un ruisseau plutôt que d'une rivière car le débit est nettement inférieur à 2 mètres par seconde sauf à cas des crues. Il s'agit d'un cours d'eau à régime très contrasté avec un très faible écoulement pendant toute la saison sèche, un débit qui n'atteint guère  $0,5 \text{ m}^3$  par seconde à sa confluence où elle se jette dans la rivière Ruzizimais qui soudainement peut atteindre même  $100 \text{ m}^3$  par seconde pendant une forte averse pour retomber à moins de  $5 \text{ m}^3$  par seconde après quelques heures après la pluie. Bref, les eaux d'écoulement permanent sont d'un débit extrêmement faible alors que celles provenant des pluies diluviennes occasionnelles sont abondantes, il s'agirait d'un écoulement analogue à un oued.

Les eaux usées des ménages sont conduites le long d'étroites ruelles dans des canalisations tracées le long des maisons et descendent de tous les bassins versants, c'est-à-dire : Vamaro, ISP (Institut Supérieur Pédagogique/Bukavu), Muhungu, Nyawera, Hypodrome, Camp Sayo... et les eaux se concentrent dans deux principaux canaux tracés longitudinalement le long du terrain de football et se dirigent à l'Est pour se jeter plus loin à trois Km dans la rivière Ruzizi. Après le pont au-dessus de l'Institut Byahene, le ruisseau prend le nom de Luziba, cette dernière coule lentement dans une vallée à faible pente, une vallée complètement envahie par des bâtisses constituant un véritable bidonville, toujours en proie d'inondation lors des averses, situation qui rend ce milieu très insalubre. La boue, les sédiments ainsi que les déchets de tout genre ternissent l'image de la commune d'Ibanda.

Ainsi, le ruisseau Mukukwe est un cours d'eau dont les sources sont constituées des eaux usées ménagères très polluées, aucune source d'eau naturelle n'est observée actuellement dans cette vallée dite Mukukwe, cela jusqu'à la rivière Ruzizi dans laquelle elle se jette. Néanmoins, dans la vallée d'Irambo, au baffons du cimetière de Camp Sayo, il existe un puits d'eau naturel non aménagé dans la vallée d'Irambo II que la population locale exploite pour ses besoins, notamment la lessive, le nettoyage des maisons...

Toutefois pendant la saison de pluie, le débit du ruisseau augmente suite aux apports des eaux de pluie. Si pendant la saison sèche la vallée de Mukukwe-Luziba est très sèche dans son ensemble, il n'en est pas de même pendant la saison pluvieuse où elle est souvent inondée par les eaux de ruissellement à tel point que les habitations construites le long de la canalisation du ruisseau ainsi que celles occupant la vallée sont inondées au premier niveau. Pour éviter le noyage, les habitants s'hébergent à l'étage supérieur. Lorsque les précipitations sont très abondantes, l'inondation atteint même la cour et les auditoriums de l'Université du SEPRMAD (ISGEA), d'où il est évident que la vallée de Mukukwe-Luziba est une vallée mal drainée ne constituant pas un milieu propice à la construction des maisons d'habitation.

La présence d'inondations fréquentes s'explique par la morphologie de la vallée en pente très faible, en forme d'auge et dont la dénivellation entre la source du ruisseau Mukukwe et sa confluence avec la rivière Ruzizi n'étant que de moins de dix mètres sur une longueur totale d'environ trois Km et demie. Les inondations sont de plus en plus importantes ces dernières années suite au phénomène du réchauffement climatique qui occasionnent des précipitations diluviennes. Les données prélevées avec le GPS (Global Positioning System) indique que la vallée de Mukukwe au niveau du terrain de football est de 1494 mètres d'altitude (Sud :  $02^{\circ}30.594'$  et Est :  $028^{\circ}51.618'$ ) alors qu'au confluent avec la rivière Ruzizi, l'altitude est de 1465 mètres (Sud :  $02^{\circ}30.040'$  et Est :  $028^{\circ}53.348'$ ) d'où la dénivellation n'est que de 29 mètres.

Notons qu'avant les années 2000, la vallée de Mukukwe constituait un environnement humide inhabité ou du moins très partiellement occupée par les cultures et les pépinières d'arbres, c'est pourquoi pendant cette période, la vallée était très humide et peuplée d'une végétation hydrophile, notamment les *Panicum maximum*. On y rencontrait par ailleurs une faune constituée des souris, grenouilles, serpents, mouches... Les eaux coulaient à partir de nombreuses sources naturelles actuellement tarées.

Les raisons de tarissement des sources et assèchement de la vallée de Mukukwe sont principalement le drainage de la vallée pour la construction des maisons d'habitation dans une ville sans cesse en explosion démographique depuis bientôt trois décennies, l'élargissement et l'approfondissement des canaux d'écoulement des eaux, le remblaiement de la vallée avec des terres apportées d'ailleurs pour rehausser le niveau de la fondation des maisons.

### III. LES PUITES VISITES

Certaines technologies peu coûteuses ont été développées à Mukukwe au-dessus du stade on a visité un puits à ciel ouvert communément appelé KIZOLA dont voici ses coordonnées GPS: Alt 1517m; S 02°30.747' ; E 028° 51.590'.

C'est un puits peu profond afin de desservir la population en eau pour certains travaux ménagers et de cuisson, mais curieusement dans ce contrée nous n'avons pas vu un ouvrage de la REGIDESO, on a compris que cette population se sert de cette eau de bizola pour la boisson et la cuisson. Cette eau sert aussi pour l'irrigation des champs en saison sèche ou il y a une faible diminution du niveau statique de l'eau.

Le deuxième puits visité est celui est le KIZOLA d'IRAMBO dont voici les coordonnées GPS : Alt 1478m S 02°30.239' E 028° 52.439' ou la profondeur est de plus au moins 2m, ce puits est à ciel ouvert mais l'eau est un peu limpide par rapport au puits visité à MUKUKWE. Ce dernier a une profondeur de plus au moins 3m. Ces puits se trouvent souvent au fonds de vallées et à des zones humides.

Le troisième puits est celui de KIZOLA en aval de cimetière de RUZIZI, c'est un puits de profondeur de plus au moins de 9m et avec comme coordonnées GPS Alt 1466m, S 02°30.227' et E 028° 52.480'. C'est un puits tubulaire et annulaire afin d'améliorer l'accès à l'eau souterraine pour la consommation. Etant donné que les puits à ciel ouvert s'effondrent facilement dans les sols sablonneux instables, ce dernier est couvert au dessus par une planche de forme circulaire avec trou pour permettre aux usagers d'accrocher un bidon coupé sur un fil en nylon enfin de leur permettre de puiser l'eau du puits. Cette technique est souvent utilisée dans un puits à faible profondeur et surtout sur les fonds de vallée et des zones humides.

### IV. LE SEDIMENT

La genèse d'une roche sédimentaire commence par la météorisation de la roche-mère, suivie par l'érosion et le transport des débris et des solutés vers un bassin où il y a accumulation et diagenèse. (Pierre Bedard)

Le sédiment est un dépôt naturel de substances minérales (débris de roches) résultant de l'érosion du sol (vent, eaux, glacier) et pouvant sédimenter pour former des roches sédimentaires.

- Origine et caractéristiques des sédiments

Les sédiments sont des dépôts (continentaux ou marins) qui proviennent de l'altération et de la désagrégation de roches préexistantes. Ces dépôts sont ensuite transportés par les cours d'eau et/ou le vent, pour finalement se déposer dans des bassins de sédimentation et former des roches sédimentaires.

La plus grande quantité de sédiments est d'origine marine. Les sédiments détritiques, transportés par les rivières et les fleuves, sont les plus nombreux. Les argiles, les grès et les calcaires représentent la quasi-totalité des sédiments. Les grès et sables sont nombreux en milieu continental (environ 40 p. 100), tandis que les argiles sont majoritaires en milieu marin (supérieur à 70 p. 100). L'épaisseur moyenne de la couche sédimentaire continentale est de l'ordre de 2 000 m.

- Cycle des sédiments

Le cycle des sédiments se déroule en quatre étapes successives : érosion des roches continentales, transport des sédiments, accumulation des sédiments et formation des roches sédimentaires.

#### 3.1 Érosion des roches continentales

L'érosion des roches continentales peut être éolienne (vent), hydrique (précipitations, ruissellement des eaux courantes, action des vagues), ou encore anthropique (engendrée par le travail des sols). Les processus d'érosion



naturelle se produisent lentement au cours des temps géologiques. Ils créent une désagrégation des particules arrachées aux roches. Les activités des plantes et des animaux, et surtout celles des hommes avec l'agriculture (qui entraînent souvent l'élimination de la végétation qui retient le sol, ainsi que la réduction de la structure du sol devenant plus vulnérable à l'érosion) contribuent à cette dégradation. On parle de sédiments fluviaux lorsque l'eau est le principal agent d'érosion.

### 3.2 Transport des sédiments

Le transport des sédiments est principalement assuré par les eaux de ruissellement en surface (on parle alors de sédiments en suspension). Les sédiments les plus fins sont transportés par le vent pour former le lœss (zones agricoles) et les dunes dans les déserts, tandis que les sédiments plus grossiers (limons, sables, graviers) sont transportés par les eaux courantes pour former les deltas et les rives océaniques et fluviales. Le débit des cours d'eau conditionne aussi le taux de transport des sédiments et permet de trier les particules en suspension en fonction de leurs poids et tailles.

Les glaciers transportent également des sédiments et forment des moraines. Les fleuves transportent plusieurs milliards de tonnes de sédiments vers la mer chaque année. La concentration et la taille des sédiments transportés dans les cours d'eau se déterminent à partir de prélèvements réalisés par creusage ou par captage avec l'aide de trappes à sédiments.

### 3.3 Accumulation des sédiments

L'accumulation des sédiments s'effectue dans des bassins ou zones d'accumulation (fonds lacustres, fonds marins). Ces dépôts sédimentaires peuvent se déposer en éventail sous forme de cône, ou former des deltas. Ces sédiments se superposent en formant des strates horizontales.

### 3.4 Formation des roches sédimentaires

La formation des roches sédimentaires se produit en surface (roches exogènes) par diagenèse, c'est-à-dire par tassement, compaction, puis cimentation (ou consolidation) et durcissement du dépôt de sédiments après expulsion de l'eau. Plus les sédiments sont fins et plus la compaction est forte. Les sédiments sont joints par des ciments, tels que la silice ou le calcaire. Des sédiments particuliers (stalactites et stalagmites) résultent d'une précipitation chimique.

## IV.1 SÉDIMENTS CONTINENTAUX ET MARINS

### 4.1 Les sédiments continentaux

Les sédiments continentaux sont principalement des sédiments détritiques grossiers. Leur transport s'effectue par le vent sur de grandes distances. Leur lieu de dépôt peut être un fleuve, un lac, un plateau.

### 4.2 Les sédiments marins

Les sédiments marins se retrouvent sur les fonds océaniques. Les géologues en distinguent trois types:

– les sédiments pélagiques, formés à partir d'éléments transportés par les vents et les eaux de surface ; ils sont souvent riches en débris fossiles et s'accumulent dans les régions éloignées des régions continentales ; ils recouvrent par exemple l'océan Pacifique ;

– les turbidités, sédiments provenant de la dégradation des roches continentales, formés sur les talus continentaux ou en bordure des continents ; les turbidités sont transportées par de rapides courants dits de turbidité ;

– les sédiments homogènes, très fins, qui proviennent des mouvements des

Eaux profondes chargées de particules du fond océanique et qui se déposent lorsque les courants faiblissent. Les sédiments marins sont d'autant plus fins qu'ils se forment loin des côtes continentales (les vases, par exemple).

## 5 SÉDIMENTS ET ENVIRONNEMENT

La présence des sédiments est néfaste lorsqu'elle participe au phénomène d'érosion et de désertification. La turbidité des rivières et des lacs peut aller jusqu'à rendre l'eau nocive pour les animaux et les végétaux de ces milieux aquatiques. L'augmentation du niveau des rivières par le dépôt de sédiments peut aussi renforcer le risque d'inondation. De plus, la diminution de la profondeur de l'eau peut également être dangereuse pour la navigation des bateaux, d'où la nécessité de draguer régulièrement le fond des cours d'eau.

Par ailleurs, les eaux de surface peuvent transporter des sédiments pollués et toxiques (engrais, pesticides) qui altèrent la qualité de l'eau. Un déboisement intensif peut également accélérer l'érosion des sols qui est dramatique pour l'agriculture. Enfin, les sédiments présents dans les eaux courantes usent les pompes et les turbines des barrages et tendent à remplir leurs réservoirs. Les sédiments qu'on rencontre dans la vallée de Mukukwe proviennent des roches détritiques ou clastiques.

les roches détritiques terrigènes (ex : silicoclastiques: elles proviennent de l'accumulation de fragments de minéraux et de roches préexistantes continentales, comme le grès, le sable, le limon, le loess, l'argile. Les constituants (sédiments) de ces roches ont d'abord été transportés par les cours d'eau jusqu'aux bassins sédimentaires, mers et océans dont ils tapissent ensuite le fond.

La dégradation de l'environnement dans le quartier Ndendere et plus précisément dans les cellules de Mukukwe, Vamaro, Paysage et Irambo ne favorise pas le développement durable de cette partie de la ville de Bukavu bien au contraire elle le compromet et expose la population à des catastrophes.

### Qu'est-ce que le développement durable ?

Le développement durable selon la CNUED(1992),(Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement) est un modèle de développement économique et social visant à assurer la pérennité du patrimoine naturel de la Terre.

- principes de base du développement durable

Le concept de développement durable se fonde sur la mise en œuvre d'une utilisation et d'une gestion rationnelle des ressources (naturelles, humaines et économiques), visant à satisfaire de manière appropriée les besoins fondamentaux de l'humanité. Les conditions nécessaires du développement durable sont les suivantes : la conservation de l'équilibre général et de la valeur du patrimoine naturel ; une distribution et une utilisation des ressources équitables entre tous les pays et toutes les régions du monde ; la prévention de l'épuisement des ressources naturelles ; la diminution de la production des déchets (qui inclut la réutilisation et le recyclage des matériaux) ; la rationalisation de la production et de la consommation d'énergie (*voir* énergie, économies d').

Le développement durable peut également se définir par une série de grands principes qui constituent sa charte :

- la gestion intégrée : gestion globale qui tient compte de toutes les relations et interactions existants entre les systèmes. Elle se traduit par l'adoption d'une démarche transversale (plutôt que sectorielle), multi partenariale et interdisciplinaire ;
- la gouvernance : elle implique des approches rationnelles de la décision, basées sur des indicateurs et des évaluations ;
- le long terme : réflexion des actions et projets sur une échéance supérieure à 4 ou 5 ans ;
- la précaution : maintien d'un certain nombre d'options possibles ouvertes lorsque subsiste un doute ou une incertitude ;
- la prévention : choix des solutions limitant au minimum les impacts, afin de réduire les actions correctives après la mise en œuvre des projets ;
- la responsabilité : engagement global et universel qui renvoie à la responsabilité individuelle et locale. Elle débouche sur le principe de pollueur-payeur qui stipule que les responsables des pollutions et nuisances sont ceux qui assument les coûts ;
- la subsidiarité : principe de travail à l'échelon de décision le mieux approprié pour agir efficacement en faveur de l'intérêt général ;



- la solidarité : notion de reconnaissance d'intérêts communs entre personnes, entreprises, États, etc., impliquant pour les uns l'obligation morale de ne pas desservir les autres et de leur porter assistance.

Proclame ce qui suit :

#### PRINCIPE 1

Les êtres humains sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature.

#### PRINCIPE 2

Conformément à la Charte des Nations unies et aux principes du droit international, les États ont le droit souverain d'exploiter leurs propres ressources selon leur politique d'environnement et de développement, et ils ont le devoir de faire en sorte que les activités exercées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle ne causent pas de dommages à l'environnement dans d'autres États ou dans des zones ne relevant d'aucune juridiction nationale.

#### PRINCIPE 3

Le droit au développement doit être réalisé de façon à satisfaire équitablement les besoins relatifs au développement et à l'environnement des générations présentes et futures.

#### PRINCIPE 4

Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolément.

#### PRINCIPE 5

Tous les États et tous les peuples doivent coopérer à la tâche essentielle de l'élimination de la pauvreté, qui constitue une condition indispensable du développement durable, afin de réduire les différences de niveaux de vie et de mieux répondre aux besoins de la majorité des peuples du monde.

#### PRINCIPE 6

La situation et les besoins particuliers des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés et des pays les plus vulnérables sur le plan de l'environnement, doivent se voir accorder une priorité spéciale. Les actions internationales entreprises en matière d'environnement et de développement devraient également prendre en considération les intérêts et les besoins de tous les pays.

#### PRINCIPE 7

Les États doivent coopérer dans un esprit de partenariat mondial en vue de conserver, de protéger et de rétablir la santé et l'intégrité de l'écosystème terrestre. Étant donné la diversité des rôles joués dans la dégradation de l'environnement mondial, les États ont des responsabilités communes mais différenciées. Les pays développés admettent la responsabilité qui leur incombe dans l'effort international en faveur du développement durable, compte tenu des pressions que leurs sociétés exercent sur l'environnement mondial et des techniques et des ressources financières dont ils disposent.

#### PRINCIPE 8

Afin de parvenir à un développement durable et à une meilleure qualité de vie pour tous les peuples, les États devraient réduire et éliminer les modes de production et de consommation non viables et promouvoir des politiques démographiques appropriées.

#### PRINCIPE 9

Les États devraient coopérer ou intensifier le renforcement des capacités endogènes en matière de développement durable en améliorant la compréhension scientifique par des échanges de connaissances scientifiques et techniques

et en facilitant la mise au point, l'adaptation, la diffusion et le transfert de techniques, y compris de techniques nouvelles et novatrices.

#### PRINCIPE 10

La meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens concernés, au niveau qui convient. Au niveau national, chaque individu doit avoir dûment accès aux informations relatives à l'environnement que détiennent les autorités publiques, y compris aux informations relatives aux substances et activités dangereuses dans leurs collectivités, et avoir la possibilité de participer aux processus de prise de décision. Les États doivent faciliter et encourager la sensibilisation et la participation du public en mettant les informations à la disposition de celui-ci. Un accès effectif à des actions judiciaires et administratives, notamment des réparations et des recours, doit être assuré.

#### PRINCIPE 11

Les États doivent promulguer des mesures législatives efficaces en matière d'environnement. Les normes écologiques et les objectifs prioritaires pour la gestion de l'environnement devraient être adaptés à la situation en matière d'environnement et de développement à laquelle ils s'appliquent. Les normes appliquées par certains pays peuvent ne pas convenir à d'autres pays, en particulier à des pays en développement, et leur imposer un coût économique et social injustifié.

#### PRINCIPE 12

Les États devraient coopérer pour promouvoir un système économique international ouvert et favorable, propre à engendrer une croissance économique et un développement durable dans tous les pays, qui permettrait de mieux lutter contre les problèmes de dégradation de l'environnement. Les mesures de politique commerciale motivées par des considérations relatives à l'environnement ne devraient pas constituer un moyen de discrimination arbitraire ou injustifiable, ni une restriction déguisée aux échanges internationaux. Toute action unilatérale visant à résoudre les grands problèmes écologiques au-delà de la juridiction du pays importateur devrait être évitée. Les mesures de lutte contre les problèmes écologiques transfrontalières ou mondiaux devraient, autant que possible, être fondées sur un consensus international.

#### PRINCIPE 13

Les États doivent élaborer une législation nationale concernant la responsabilité de la pollution et d'autres dommages à l'environnement et l'indemnisation de leurs victimes. Ils doivent aussi coopérer diligemment et plus résolument pour développer davantage le droit international concernant la responsabilité et l'indemnisation en cas d'effets néfastes de dommages causés à l'environnement dans des zones situées au-delà des limites de leur juridiction par des activités menées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle.

. Selon Mesplier A.(2001) : le Développement durable comporte trois piliers présentés et schématisés dans le tableau ci –dessous :



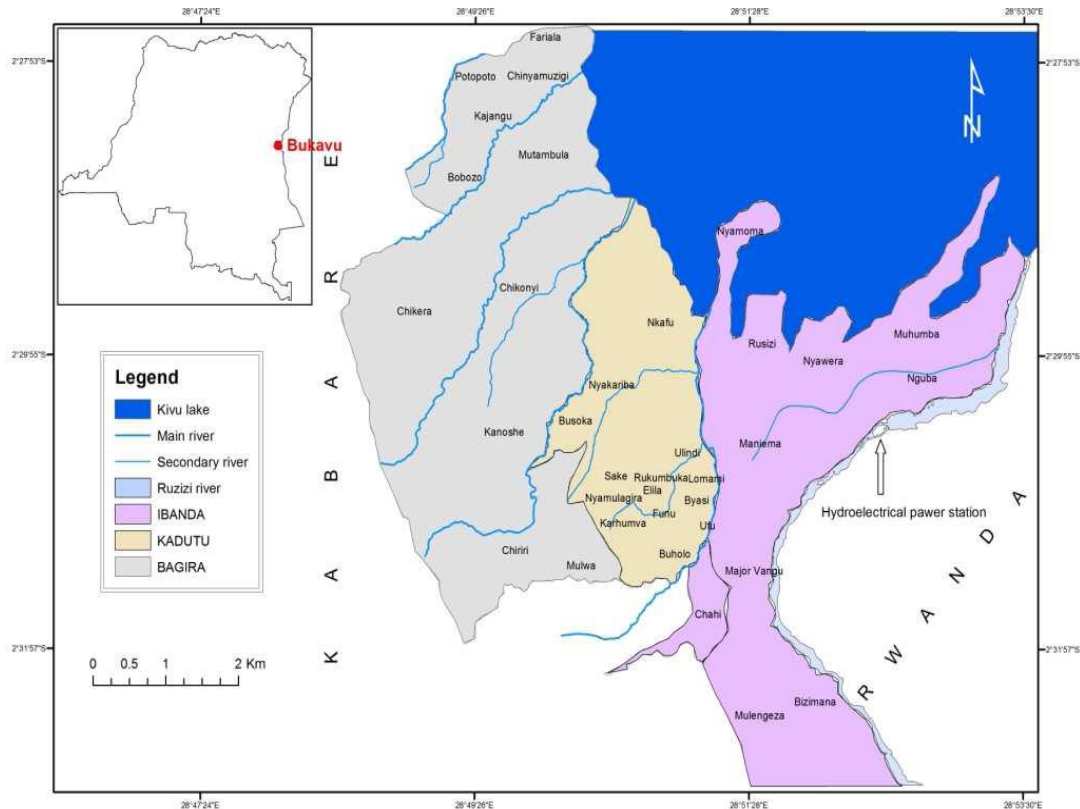
## V. MILIEU D'ETUDE

### V.1. Situation de la ville de Bukavu

Notre milieu d'étude se situe dans la ville de Bukavu, Commune d'Ibanda précisément dans le quartier Ndendere et dans les cellules de Mukukwe, Vamaro, Muhungu, Camp Sayoet Irambo dont les bassins versants alimentent la vallée de Mukukwe en eaux usées ménagères et en eaux de ruissellement de pluies abondantes.

**Bukavu** (prononcé [boukavou]), anciennement **Costermansville** ou **Costermansstad**, est une ville de la République Démocratique du Congo située sur la rive sud-ouest du lac Kivu à l'Est du pays et la capitale (ou le chef-lieu) de la Province du Sud-Kivu. La ville est située aux coordonnées géo référentielles de 2°30' 55' sud et 28° 50' 42' Est et compte environ 1 000 000 habitants, et quelques 250 000 autres dans la banlieue et les villages alentours. Bukavu compte trois communes à savoir Ibanda, Kadutu et Bagira, la ville de Bukavu est voisine de la ville Rwandaise de Cyangugu.

Figure N°1. Carte administrative de la ville de Bukavu



## V.2. Milieux physiques

### V.2.1. Sols et relief

La ville de Bukavu est constituée d'un sol volcanique où affleure des roches basaltiques, quant au relief, on y rencontre dans l'ensemble des montagnes, c'est aussi la ville la haute de la République Démocratique du Congo dont l'altitude moyenne voisine 1650 mètres d'altitude. Le point le plus élevé de la ville se situe à Ciriri au niveau de l'hôpital Dr Rau à 1927 mètres d'altitude alors que le point le plus bas est le lac Kivu dont le niveau est de 1642 mètres d'altitude. Les côtes de la ville au bord du lac Kivu, dans la commune d'Ibanda sont découpées, on y trouve ainsi cinq baies séparant des presqu'îles, il s'agit de baie de Bukavu(ou Baie de Beach Muhanzi), la Baie de Ndendere, la Baie de Nyofu et la Baie de la Ruzizi qui est l'exutoire du lac Kivu vers le lac Tanganyika.

En outre, la ville de Bukavu est aussi caractérisée par un relief faillé, un relief accidenté, c'est une zone où les manifestations sismiques sont ressenties assez souvent, d'où les éboulements et glissements des terrains sont également assez fréquents.

### V.2. 2.Hydrographie de Bukavu

Figure N°2 présente la carte de la rivière qui fait l'objet de cette étude, elle a été localisée avec le logiciel Arc GIS version 9.3. Le GPS nous a permis de prélever les coordonnées géoréférentielles du site d'échantillonnage en vue d'être analysé. Enfin, les éléments qui ont caractérisés le présent travail ont été interprétés à l'aide du logiciel SPSS.

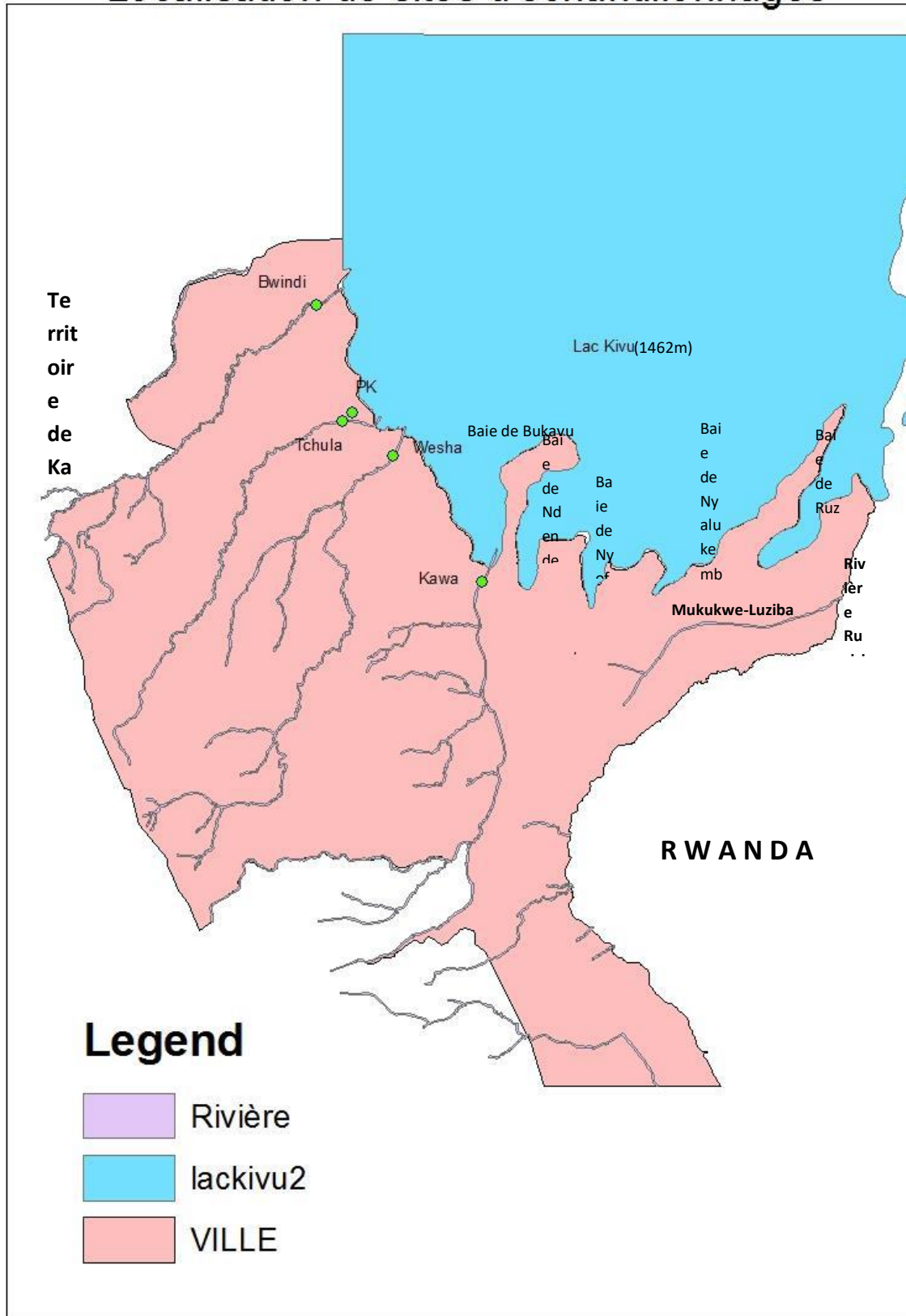
A Bukavu, on rencontre quelques cours d'eau dont la plupart sont des torrents, il s'agit des rivières suivantes : Tchula, Bwindi et Wesha dans la commune de Bagira, Gahuwa (Gawa) à Kadutu, tous ces cours d'eau se jettent dans le lac Kivu ; tandis que Mukukwe-Luziba de la commune d'Ibanda est l'affluent de la rivière Ruzizi. Pendant la saison pluvieuse ces cours d'eau connaissent des crues et inondations parfois catastrophiques, c'est le cas de la rivière Gahuwa qui déborde de son lit et apporte sur son passage des maisons, véhicules, personnes... qu'elle déverse dans le lac Kivu dont les eaux sont polluées par d'énormes quantités des déchets et boues qui contribuent à une forte sédimentation au fond du lac.

Quelques coordonnées GPS ont été prélevées compte tenu de la configuration du terrain :

- Rond-point ISP/BUKAVU: Alt1552m, S 02°30.579' et E 028° 51.170'
- Ecole d'Application (EDAP/ISP) : Alt1617m, S 02° 30.917' et E 028° 51.570'
- Lit principal (jonction des eaux usées) : Alt 1486m, S 02° 30.545' et E 028° 51.514'
- Avenue ISGEA/Ndendere: Alt 1485m, S 02° 30.431' et E 028° 51.912'
- Enclos UNIC/Bureaux administratifs: Alt 1486m, S 02° 30.896' et E 028° 51.911'
- Descente NYAWERA (route vers le cimetière de la Ruzizi) pont d'intersection des eaux usées : Alt 1493m, S 02° 30.463' et E 028°52.077'
- Entrée Institut Mgr BYAENE: Alt 1479m, S 02° 30.435' et E 028° 52.076'



### Localisation de sites d'échantillonnages





3c).



Figure 3a : pénétration des eaux dans une habitation inondée au camp Luziba



Figure 3b : stagnation permanente pendant la saison sèche au camp Luziba, avec une insalubrité très remarquable.



Figure 3c : construction d'une maison suspendue sur des bois (pilotis) au camp Luziba. Les traits rouges

### V.2.3. Climat et végétation

Tableau N°01: les données climatiques de la ville de Bukavu

MOIS	J	F	M	A	M	J	J <sup>e</sup>	A	S	O	N	D	T°CXA/ ΣPmm
T°C	20,7	20	17,8	19	20	19,7	21,9	20,6	20,4	20,4	19,8	19	19,9°C
Pmm	128,5	144,8	168,8	142	82	27,7	13,9	40,8	109,5	134	176,7	153,2	1321,9

Source: Chamaa S., Atlas de la ville de Bukavu, CERUKI ISP/ Bukavu, 1987

L'interprétation du tableau des données climatiques ci-haut donne les éléments suivants : la température moyenne annuelle s'élève à 19,9°C alors que le total des précipitations est de 1321,9 mm, ainsi nous concluons que la ville de Bukavu connaît un climat tropical tempéré par l'altitude, il s'agit d'un climat de montagne où la température moyenne annuelle avoisine 20° C. Le climat connaît l'alternance des deux saisons, une longue saison de pluie de huit à neuf mois qui va de septembre à mai ou juin et une courte saison sèche de trois à quatre mois, de juin à août. Notons par ailleurs qu'avec le phénomène de réchauffement climatique, on assiste parfois à des perturbations

saisonniers se caractérisant par des sécheresses prolongées et des précipitations irrégulières avec des averses désastreuses.

### V.3. POPULATION

#### V.3.1. ASPECT DEMOGRAPHIQUE DE LA VILLE DE BUKAVU

Tableau N° 02. Population de la ville de Bukavu

SUB DIVISIONS ADMINISTRATIVES	POPULATION CONGOLAISE					POPULATION ETRANGERE					POPULATION TOTALE				
	Hommes	Femmes	Garçons	Filles	total	Hommes	Femmes	garçons	filles	Total	Hommes	Femmes	garçons	filles	total
BAGIRA . 4889	38	43.349	62.434	70.821	215.077	02	04	02	03	11	38.483	43.345	62.436	70.824	215.088
IBANDA . 946	63	73.580	83.906	95.169	316.601	21	20	167	23	81	64.156	73.787	84.073	95.403	317.419
KADUTU . 631	75	81.225	105.885	114.581	377.322	88	15	125	19	56	75.719	81.382	106.010	119.772	377.883
TOTAL GEN . VILLE DE BKV.	178	198.146	252.225	280.571	909.000	30	36	294	42	13	178.358	198.514	252.519	280.999	<b>910.390</b>

SOURCE: Rapport annuel 2015 de la Mairie de Bukavu

## .VI .LE CANAL D'IRRIGATION

Le canal d'irrigation a comme objectif, l'évacuation aisée des eaux usées en provenance de la vallée de MUKUKWE jusqu'au niveau de la rivière RUZIZI ;-On doit évaluer le dimensionnement ou la section du canal d'évacuation pour savoir si elle est à mesure d'accueillir toute la quantité d'eau en provenance de la vallée même en saison de pluie.

-Si le canal est de grande dimension, tout le périmètre ne sera pas mouillé, ce qui sera une bonne chose car en saison de pluie dès qu'il y aura augmentation il n'y aura pas déversement des eaux..

-Connaitre la section de l'armature utilisée pour la réalisation de l'ouvrage ainsi que le dosage recommandé par les normes de plus au moins 400Kg//m<sup>3</sup>.

-De préférence connaitre la nature du ciment à utiliser, en hydraulique on recommande le ciment portland de classe supérieure à 32,5Newton

## VI .LA TECHNIQUE DE FORAGE A UTILISER

### VI.1.Definition

:le forage est l'ensemble des action qui conduisent à la réalisation dans le sol et le sous-sol d'un trou autant que possible rond , rectiligne et vertical dont les parois seront coffrés par des tubes ou par des crépines pour permettre l'exploitation des eaux souterraines :le forge est donc l'ouvrage terminé.

### VI..2 Processus et Principe de fonctionnement

Le forage se fait par action d'un outil sur le fond du trou pour obtenir le fractionnement de la roche en éléments que l'on puisse extraire pour poursuivre l'avancement.

Les outils de forage travaillent, les uns par percussion, effet de choc brisant la roche,(trépans de battage ou marteau fond de trou),d'autres par pression et éclatement(tricônes du rotary)d'autres enfin par abrasion et découpage(couronnes diamantée des carottiers).Dans certaines roches tendres et très tendres,l'outil peut découper des copeaux(tarières à hélice, outils à lame du rotary)

Le trou doit rester au diamètre de l'outil pendant la durée de la phase de forage proprement dit pour permettre d'une part la descente et la montée de l'outil, d'autre part la mise en place des tubages et des crépines

Les parois sont tenus quand cela est nécessaire par des tubages soit provisoire, soit définitifs ou bien par un fluide de forage (eau ou boue de forage) exerçant une pression..

L'enlèvement des déblais formés par l'outil au fond du trou est nécessaire pour que l'outil puisse travailler librement

Dans le forage par percussion, l'enlèvement des déblais est mécanique.Un outil (soupape ou cuillère) va ramasser les déblais au fond du trou.

L'équipement du trou foré est assuré par la mise en place des tubes et des crépines .Les tubes ont pour fonction de tenir les parois du trou .d'isoler la nappe exploitée des autres nappes et de permettre l'installation de la pompe au niveau voulu.

La crépine de forage a pour fonction de permettre l'adduction d'eau à l'intérieur du forage tout en retenant par filtration les éléments ou matières en suspension ou grossières capables d'endommager l'ouvrage (forage)

### VI.3 Calcul de la vitesse ascensionnelle du fluide

Pour calculer la vitesse de circulation du fluide dans l'espace annulaire, il suffit de prendre le débit de la pompe divisé par la section de passage soit pour une pompe débitant 19l/s,un trou de 150mm et des tiges de 76mm

Avec d : diamètre des tiges (mm) ; D : diamètre du trou (mm) .Q : Débit (m<sup>3</sup>) et V : la vitesse(m/s)

RAYMOND BOWLES définit dans son manuel les vitesses annulaires requises en fonction de la nature du fluide :

- 0,6m/s pour l'eau
- 0,35m/s pour la boue de forage(eau bentonite)
- 15m/s pour l'air pur (sans mousse)

Il définit aussi des vitesses maximales à ne pas dépasser ,1,5m/s pour de l'eau et 2,5m/s pour de l'air .Au-delà,des phénomènes d'érosions des parois de forages risquent de disparaître ou risque de perdre le forage :

#### VI.4 LES MACHINES LEGERES DE FORAGE

Les forages sont équipés de pompes manuelles, ou parfois immergés de 4" en fonction des besoins et de débit .la profondeur d'investigation maximale est d'environ de 45 à 60 m dans toutes les formations non consolidées (sable, argile et petits graviers ).Pour les profondeurs supérieures à 60m ;la machine est limitée par la configuration de son train de tige dans sa version standard (60m), par son système de treuil manuel de relevage et par le débit de la pompe à boue. Il est en revanche possible d'utiliser un équipement permettant de forer jusqu'à 80m.

La puissance de formation étant donnée par le poids de tiges au-dessus de l'outil, elle est limitée par les terrains de surfaces indurés (une carapace l'Amérique par exemple).

NB ;La rapidité de la mise en œuvre dépend essentiellement du contexte géologique et des conditions d'accès du site dans le contexte très favorable (nappe phréatique peu profonde),il est possible de réaliser un forage par jour.

Etant donné que le courant n'est pas permanent, voici un devis estimatif d'un forage équipé d'une pompe manuelle.

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PU(US)	PT(US)
1.	Installation chantier		1	1500	1500
FOURNITURE DE FORAGE					
2.	Tubage en acier DN 300mm	ml	12	45	540
3.	Tubage en PVC plein DN 125mm	ml	50	35	1750
4.	Tubage en PVC crépine DN 125mm	ml	20	40	80
5.	Masse filtrante	T	3	50	150
6.	Boue de forage	Sac	4	60	240
7.	Ciment	Sac	60	16	960
8 .	Tête de forage	Pièce	2	30	60
9 .	Bouchon fond de trou	Pièce	2	28	56
10.	Achat pompe manuelle	Pièce	1	1870	1870
TRAVAUX DE FORAGE					
11.	Foration en 14" ½	ml	12	30	36
12.	Foration en 8" ½	ml	48	25	1200
13.	Gravillonnage	T	4	50	200
14.	Cimentation espace annulaire	T	0,5	45	22,5
15,	Développement à air lift	H	18	10	180



16.Essai de pompage	H	8	10	80
17,Mise en place pompe manuelle	Pièce	1	30	30
18.Construction de la margelle	Pièce	1	60	60
SOUS TOTAL FORAGE EN US			9.014.5 US	

### III. LES RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Notre enquête a été réalisée dans le but de connaître l'impact des inondations de la rivière Mukukwe-Luziba dans les cellules de Mukukwe, et d'Irambo situées dans le Quartier de Ndendere en Commune d'Ibanda. En outre, pour arriver, nous nous sommes également penchés à découvrir l'origine du ruisseau pour mieux comprendre ses caractéristiques hydrologiques.

Pour bien orienter notre recherche, nous avons pris un échantillon de 200 personnes composées en majorité des habitants du quartier Ndendere, notamment ceux des cellules de Mukukwe, Irambo, Muhungu, Nyawera, Camp Sayo et Hypodrome, des agents du service d'environnement et Office de Route.

Les résultats ainsi trouvés sont présentés dans les tableaux et graphiques qui suivent :

#### N° 03 : Facteurs favorisant la formation du ruisseau Mukukwe-Luziba

Type d'eau	Effectif	Pourcentage
Les eaux de pluie	35	17,5
Les eaux usées ménagères	140	70
Les sources d'eau souterraine	25	12,5
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: nos enquêtes sur terrain

L'interprétation du tableau ci-haut démontre que le ruisseau Mukukwe selon l'avis des 70 % des enquêtés découle des écoulements des eaux usées des ménages entourant la vallée dite de Mukukwe, tandis que 17,5 % des enquêtés pensent que ce sont les eaux de pluie qui sont à l'origine de ce ruisseau. Enfin 12,5 % des personnes quant à elles disent que le ruisseau provient des sources d'eau souterraine.

-Les eaux usées ménagères sont des eaux rejetées par les installations domestiques, c'est-à-dire la cuisine, salle de bain et machines à laver. Les eaux ménagères contiennent des produits chimiques (détergents) et des déchets organiques (cuisines, etc...)

-Les eaux usées domestiques proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont, essentiellement, porteuses de pollution organique: eaux ménagères (salles de bains et cuisines) sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques...

Selon les témoignages de plusieurs personnes vivant sur les bassins versants de Mukukwe depuis les années 1980, c'est-à-dire les habitants de Muhungu, Vamaro, Nyawera, Camp Sayo reconnaissent l'existence des sources d'eau naturelle dans la vallée de Mukukwe à cette période. Par ailleurs, ils disent aussi qu'à l'époque, il y avait très peu de maisons sur ce site et que la grande partie du milieu était couverte par une végétation assez abondante, celle-ci aurait disparu progressivement avec l'occupation par la population des bassins versants entourant la vallée de Mukukwe-Luziba, une population qui croissait continuellement jusqu'à occuper la totalité du milieu précité.

Jadis le couvert végétal retenait une bonne partie des eaux de pluie et ralentissait le ruissellement des eaux sauvages, facteur qui par conséquent favorisait une importante infiltration des eaux de pluie dans le sol et ce qui contribuait de ce fait à l'alimentation des nappes phréatiques d'où provenaient les sources d'eau dans cette vallée de Mukukwe. Par contre, l'occupation du site par des constructions anarchiques des maisons sur ce site aurait réduit progressivement les infiltrations des eaux de pluie et par conséquent appauvri également les nappes phréatiques existantes jusqu'à faire tarir les sources d'eau de cette zone actuellement surpeuplée et où ces lotissements désordonnés ont plutôt provoqué d'importantes érosions du sol, le glissement de terrain, la sédimentation dans la vallée ainsi que l'entassement des déchets de tout genre dans ce milieu devenu très insalubre à nos jours.

## -Les eaux de ruissellement

On nomme «**L'infiltration et la percolation** »

L'infiltration désigne le mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles du sol et l'écoulement de cette eau dans le sol et le sous-sol, sous l'action de la gravité et des effets de pression. La percolation représente plutôt l'infiltration profonde dans le sol, en direction de la nappe phréatique. Le taux d'infiltration est donné par la tranche ou le volume d'eau qui s'infiltré par unité de temps (mm/h ou m<sup>3</sup>/s). La capacité d'infiltration ou l'infiltrabilité est la tranche d'eau maximale qui peut s'infiltrer par unité de temps dans le sol et dans des conditions données. L'infiltration est nécessaire pour renouveler le stock d'eau du sol, alimenter les eaux souterraines et reconstituer les réserves aquifères. De plus, en absorbant une partie des eaux de précipitation, l'infiltration peut réduire les débits de ruissellement.

### Eaux de ruissellement:

Est le surplus d'eau n'ayant pas réussi à s'infiltrer dans le sol ou à s'évaporer, s'écoulant à la surface du sol. Ces eaux sont généralement constituées d'eaux pluviales, c'est-à-dire les eaux de pluies et de fonte des neiges, qui ruissellent à la surface du sol et se jettent dans des cours d'eau. L'eau doit normalement s'infiltrer dans le sol, où elle sera absorbée par les arbres et plantes, ou encore ira recharger les nappes phréatiques d'eau souterraine.

Or, lorsque le sol est saturé d'eau et qu'il ne peut pas en absorber plus (suite à une très forte pluie par exemple), l'eau reste à la surface du sol et n'est pas filtrée. De même, lorsque le sol est imperméable (ex : béton, asphalte, toiture, cap de roc, sol argileux, forte pente, etc.), l'eau ne pourra pas pénétrer le sol. Cela provoque le ruissellement d'eau pouvant encore contenir des polluants. Les eaux de ruissellement entraîneront ces polluants dans les rivières et les cours d'eau où elles termineront leur course. Le ruissellement des eaux a, par le fait même, des impacts négatifs sur la qualité de l'eau, l'érosion et la recharge de la nappe phréatique... Les végétaux absorbent l'eau, une solution simple est de laisser les végétaux pousser naturellement afin de favoriser l'infiltration de l'eau sur tout le terrain. Dans un fossé, il est recommandé d'enlever les végétaux dans le fond et les laisser en bordure afin de stabiliser la pente et diminuer la vitesse d'écoulement vers le fond. Plus le nombre de plantes, arbustes, arbres ou fleurs est grand, moins le ruissellement sur le terrain sera grand »\*(Infiltration)

**Tableau N°2: Période d'inondation de la vallée de Mukukwe-Luziba**

Période	Effectif	Pourcentage
Saison de pluie	200	100
Saison sèche	0	0
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: nos enquêtes sur terrain

L'analyse du tableau ci-haut confirme sans aucune équivoque que les inondations de la rivière Mukukwe -Luziba ont lieu pendant la saison de pluie alors que pendant la saison sèche on observe que des faibles ruissellements des eaux usées ménagères, des eaux polluées qui par endroits stagnent dans des canalisations, à très faible débit et incapables de faire couler les immondices et drainer le lit du cours d'eau.

De fortes averses déversent de grandes quantités d'eau qui sur de fortes pentes du bassin versant se précipitent dans la vallée de Mukukwe où elles se concentrent et très vite débordent en inondant la zone, elles charrient outre la boue mais également d'énormes quantités des déchets. Le ruisseau qui avant la pluie était quasiment imperceptible dans son lit devient soudainement une grande rivière qui divague impuissamment à travers les maisons construites dans la vallée et dont les murs se retrouvent noyés quelquefois à plus d'un mètre de hauteur. Les eaux envahissent l'intérieur des maisons, démolissent celles qui sont fragiles apportent sur leur passage certains objets que l'on observe flotter sur les eaux, et après la pluie, elles y déposent de la boue, divers déchets, les excréments humains provenant des WC..., situation qui présente une scène d'un paysage d'insalubrité inimaginable !

Après chaque pluie diluvienne, l'heure est au nettoyage des maisons, l'évacuation des déchets et la récupération des objets noyés et abandonnés par les eaux polluées très puantes, situation qui ne permet pas l'assainissement et le développement durable de cette partie de la ville de Bukavu en particulier et de la ville toute entière en général.



Tableau N°3: Qualité des eaux de la rivière Mukukwe-Luziba

Qualité des eaux	Effectif	Pourcentage
Eau potable	0	0
Eau très polluée	200	100
Eau peu polluée	0	0
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: nos enquêtes sur le terrain

Au regard du tableau ci-haut, tous les enquêtés confirment que les eaux de la rivière Mukukwe-Luziba sont très polluées, de par les déchets qu'elles contiennent ; la couleur sombre qu'elles présentent, les différents déchets ménagers qui y sont jetés jour et nuit, la turbidité importante qui s'observe, les évacuations des déchets des toilettes, notamment les excréments humains, une odeur très nauséabonde qui s'en dégage sont autant des preuves d'une forte pollution des eaux de la rivière Mukukwe-Luziba. D'ailleurs, il s'agit des eaux tellement sales ne pouvant être utilisées pour des usages courants sans un recyclage préalable.

Tableau N°4: Facteurs occasionnant les inondations dans la vallée de Mukukwe-Luziba

Facteurs	Effectif	Pourcentage
Pluies diluviennes	62	31
Effets du changement climatique	35	17,5
Accumulation des déchets dans la vallée	40	20
Destruction quasi-totale du couvert végétal	33	15,5
Mauvaise canalisation des eaux de ruissellement	30	15
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: Nos enquêtes sur le terrain

Au regard du tableau figurant ci-haut, il se dégage les éléments ci-après:

- 31 % des personnes enquêtées affirment que les inondations dans la vallée de Mukukwe-Luziba sont dues aux pluies diluviennes qui tombent dans la région de Bukavu pendant la saison de pluie,
- Pour 20 % des gens, les inondations sont exacerbées suite à l'accumulation des déchets dans la vallée et que les eaux de ruissellement ne parviennent pas à drainer complètement et par conséquent obstruent les canalisations d'eau, ainsi les eaux débordent et causent les inondations,
- D'autres, soit 17,5 % des personnes pensent que les inondations connues ces derniers temps sont les effets du changement climatique où s'observent souvent des pluies diluviennes imprévisibles,
- En effet pour 15,5 % des personnes interrogées, la destruction quasi totale du couvert végétal serait également à l'origine des inondations car des précipitations intenses et brutales inattendues, en raison de la rapide montée des eaux provoquent des inondations. Les causes des inondations tiennent parfois aux activités humaines entre autres les labours, le terrassement et l'urbanisation qui imperméabilisent les sols et augmentent les ruissellements. Certains ouvrages de défense contre les crues, digues ou barrages par exemple, peuvent faire croire que le risque a disparu et augmentent ainsi les effets d'une crue exceptionnelle. D'où ce sont les pluies diluviennes qui provoquent les inondations surtout lorsque les eaux de ruissellement charrient d'énormes quantités de déchets qui finissent par boucher les canalisations des eaux
- Enfin 15 % d'enquêtés invoquent comme raison d'inondation la mauvaise canalisation des eaux de ruissellement, les canaux n'étant plus adaptés aux énormes quantités d'eau de pluie qui coulent subitement et les eaux débordent dans la vallée.  
En effet, en ville, l'eau pluviale est généralement captée par les égouts et acheminée aux cours d'eau. Certaines villes vont combiner les égouts pluviaux (qui récupèrent l'eau de pluie) et les égouts sanitaires (qui récupèrent les eaux usées domestiques). Cela signifie que les eaux de pluie seront traitées au même titre que les eaux domestiques. Or, l'augmentation de surfaces imperméables dans des villes constamment en croissance augmente les volumes d'eaux de ruissellement, qui vont surcharger les réseaux d'égouts

Tableau N°5: Les dégâts causés par les inondations de la rivière Mukukwe-Luziba

Type des dégâts	Effectif	Pourcentage
Sédimentation de la vallée	35	17,5
Accumulation des déchets	27	13,5
Noyade des personnes et animaux	25	12,5
Destruction des maisons et voiries	30	15
Propagation des maladies d'origine hydrique	38	16
Dégradation de l'environnement de la vallée	45	22,5
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: nos enquêtes sur le terrain

La lecture de ce tableau dégage qu'il existe plusieurs types des dégâts qu'occasionnent les inondations de la rivière Mukukwe-Luziba, cependant 22,5 % des enquêtés confirment que la dégradation de l'environnement est la principale conséquence des inondations par la rivière Mukukwe-Luziba et 17,5 % des personnes pensent que les inondations provoquent la sédimentation dans la vallée, 16 % quant à eux disent que la propagation des maladies d'origine hydrique est l'une des conséquences des inondations, selon l'avis de 15 % des enquêtés, la destruction des maisons et voirie de la vallée de ce cours d'eau découlent des effets des inondations, 13,5 % des enquêtés soutiennent que les inondations sont auteurs d'accumulation des déchets de tout genre dans la vallée et enfin 12,5 % d'enquêtés ont reconnu que les inondations occasionnent des noyades des personnes et animaux domestiques.

Tableau N°6: Facteurs provoquant la dégradation de la vallée de Mukukwe-Luziba

Facteur de dégradation	Effectif	Pourcentage
Erosion et sédimentation	41	20,5
Constructions anarchiques	61	30,5
Accumulation des déchets	35	17,5
Mauvais entretien des canaux d'eau	23	11,5
Irresponsabilité et défaillance des services de l'Etat chargés De la protection de l'environnement	40	20
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: nos enquêtes sur le terrain

En nous basant sur les avis des enquêtés contenus dans le tableau ci-dessus, pour 30,5 % des personnes, la dégradation de la vallée de Mukukwe provient des effets de construction anarchiques érigées sur tous les bassins versants de la vallée, 20 % impliquent la responsabilité de la dégradation de cet environnement à l'irresponsabilité et la défaillance des services étatiques habilités à la sauvegarde et la protection de l'environnement. 7,5 % des personnes enquêtées évoquent l'accumulation des déchets comme un des facteurs occasionnant la dégradation de la vallée de Mukukwe et enfin 11,5 % des personnes soutiennent que la détérioration de l'environnement de la vallée est consécutive au mauvais entretien des canaux d'écoulement des eaux de la rivière. D'une manière globale, les effets anthropiques seraient les principaux facteurs à l'origine de la dégradation de ce milieu en particulier de la ville de Bukavu en général. L'explosion démographique dans la ville due à divers facteurs, notamment un taux d'accroissement naturel très élevé de 33<sup>0</sup>/<sub>100</sub> suivis d'un exode rural sans précédent ainsi que l'immigration incontrôlée seraient autant des facteurs qui occasionnent la surpopulation urbaine par une population très pauvres et incapable d'assainir une agglomération millionnaire. Selon MICHAEL R. (1996) : « la dégradation incontrôlée de l'environnement peut entraîner l'appauvrissement général de la population et compromettre l'habitabilité à long terme d'une région »\*.

Tableau N° 7: Facteurs occasionnant l'assèchement de la vallée de Mukukwe-Luziba

Facteur d'assèchement de la vallée	Effectif	Pourcentage
Destruction du couvert végétal du site	30	15
Occupation des bassins versants et la vallée par des bâtisses	34	17
Drainage de la vallée	25	12,5
Ruissellement accru suite aux érosions et pente forte	11	5,5
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: nos enquêtes sur le terrain

La lecture du présent tableau représente les éléments qui suivent: 17% des personnes interrogées disent que l'assèchement progressif de la vallée de Mukukwe-Luziba a été créé par l'occupation des bassins versants de la dite-vallée par des constructions des maisons sur ce site.

Une deuxième catégorie des gens, soit 15 % pensent que la destruction du couvert végétal serait à l'origine de l'assèchement de la vallée. A fait, Le couvert végétal contribue à la rétention des eaux de pluie, ce qui facilite l'infiltration des eaux dans le sol et par conséquent contribue également à l'alimentation des nappes phréatiques d'où proviennent les sources d'eau naturelles.

Troisième catégorie des personnes, c'est-à-dire 12,5 % croient que l'assèchement de la vallée de Mukukwe –Luziba l'œuvre du drainage de la vallée par les habitants occupant ce site, enfin seulement 5,5 % des personnes disent que le tarissement des sources d'eau de la vallée de Mukukwe.

**Tableau N°8 :** Provenance d'eau qui dessert les ménages des cellules de Muhungu, Vamaro, Mukukwe, Hyppodrome, Irambo, Camp Luziba :

Provenance d'eau	Effectif	Pourcentage
La REGIDESO	171	85,5
Sources d'eau locales	4	2
Les eaux de pluie	15	7,5
L'eau de la rivière Ruzizi	10	5
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: Nos enquêtes sur le terrain

L'eau qui alimente les ménages des cellules précitées provient essentiellement de la société d'Etat : la REGIDESO, cela est de l'avis de 85,5 % des personnes enquêtées, toutefois 7,5 % des gens reconnaissent également que les eaux de pluie recueillies des toitures des maisons pallient aussi à la carence d'eau de la REGIDESO. En outre, 5 % des personnes disent que l'eau de la rivière Ruzizi est aussi utilisée par certains habitants d'Irambo. Enfin 2 % seulement des gens pensent qu'il existe quelques puits d'eau creusés dans la vallée de Mukukwe –Luziba, cette eau n'est utilisée que pour le lavage car elle est impropre à la consommation.

**Tableau N°9:** Causes de l'envahissement de la vallée inondée de Mukukwe-Luziba par la population

Causes de l'envahissement de la vallée	Effectif	Pourcentage
Exiguïté de l'espace de lotissement dans la ville de Bukavu	47	23,5
Surpopulation dans la ville	53	26,5
Exode rural	49	24,5
Non-respect des normes urbanistiques	34	17
Faible coût d'achat de la parcelle sur des sites impropres	17	8,5
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source : nos enquêtes sur le terrain

Le commentaire du tableau ci-haut fait état de ceux qui suivent : 26,6 % des gens considèrent Bukavu comme une ville surpeuplée alors que pour 24,5 % des personnes la cause de l'envahissement de la ville est la conséquence de l'exode rural, tandis que 23,5 % des gens croient que l'espace de lotissement dans la ville Bukavu est devenu très exigü de telle façon que les gens cherchent à construire des maisons même sur des sites présentant de hauts risques pour la vie des hommes. Par ailleurs 8,5 % des personnes disent que l'envahissement de la vallée est dû tout simplement au non-respect des normes urbanistiques tant par les services habiletés dans ce domaine que par les habitants occupant ce site. Enfin, seulement 8,5 % des personnes croient que des sites impropres aux constructions coûtent moins cher par rapport à ceux qui se prêtent mieux à cet effet.

**Tableau N°10: Impact des eaux polluées de la rivière Mukukwe-Luziba sur la vie socio-sanitaire des habitants:**

Désignation	Effectif	Pourcentage
Vecteur des maladies d'origine hydrique	82	41
Pollution de l'environnement	72	36
Insuffisance d'eau d'usage domestique	46	23
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: nos enquêtes sur terrain

Constats :- L'analyse d'éléments figurant dans le tableau N°6 indique que la principale conséquence des eaux polluées de la rivière Mukukwe-Luziba est qu'elles servent de vecteur de maladies d'origine hydrique aux habitants riverains, c'est le constat de 41 % des enquêtés. Notons par ailleurs que plusieurs maladies ont été inventoriées dans ce milieu, notamment: la malaria, la diarrhée, la dysenterie, la fièvre typhoïde, le choléra, la gale, la toux, l'ascaridiase, l'ankylostomiase, l'angine. Ensuite 36 % d'autres enquêtés disent que ces eaux polluent l'environnement. Etant donné que ces eaux sont très polluées, elles dégagent une odeur puante et nauséabonde, par ailleurs la couleur sombre et brouillée de ces eaux les rendent complètement inutilisables. Enfin 23 % des enquêtés constatent que la pollution de ses eaux prive les habitants de ce milieu de l'eau d'usage domestique, à savoir le nettoyage et la lessive.

**Tableau N° 11: Stratégies à envisager pour faciliter l'écoulement des eaux dans la vallée de Mukukwe-Luziba :**

Stratégie	Effectif	Pourcentage
Reconstruction et élargissement des canaux d'écoulement des eaux	66	33
Interdiction de jeter les déchets dans les canalisations des eaux	48	24
Curetage régulier des canaux d'écoulement des eaux	54	27
Délocalisation des habitants qui ont construit des maisons au bord des canaux d'écoulement des eaux	32	16
<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: Nos enquêtes sur le terrain.

Commentaire: la lecture du tableau ci-haut dégage les constats suivants:

- 33 % des enquêtés suggèrent la reconstruction et l'élargissement des canaux d'écoulement des eaux d'autant plus que ces derniers sont vétustes et ne contiennent plus les eaux de pluie, situation qui occasionne les inondations.
- 27 % des personnes proposent le curetage régulier des canaux pour faciliter l'écoulement des eaux,
- 24 % des gens préconisent l'interdiction formelle de jeter les déchets dans les canaux d'écoulement des eaux car les déchets bouchent les canaux et les eaux débordent du lit principal, provoquant ainsi les inondations.
- Enfin, 16 % des enquêtés croient que la délocalisation des habitants ayant construit en bordure des canaux d'écoulement des eaux serait une des solutions pour le réaménagement des canaux afin de faciliter l'écoulement des eaux pendant la crue et éviter les catastrophes.

**Tableau N°12: Les services chargés de la collecte des déchets et d'assainissement du quartier Ndendere**

Services d'assainissement	Effectif	Pourcentage
La Mairie de Bukavu	54	27
Société AGRUNI du Rwanda	75	37,5
ONG locales	38	19
Les habitants du Quartier Ndendere	33	11,5
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: Nos enquêtes sur le terrain

La lecture de ce tableau indique que la collecte des déchets et l'assainissement du Quartier Ndendere sont exécutés par plusieurs acteurs, ainsi:

- 37,5 % des personnes interrogées déclarent que la collecte des déchets dans le Quartier Ndendere est effectué principalement par la société rwandaise dénommée AGRUNI, cette dernière dispose deux camions de 8 tonnes chacun pour assurer le transport des déchets,
- 27 % des gens reconnaissent également l'implication de la Mairie de Bukavu dans cette activité d'assainissement du milieu.
- 19 % d'autres disent que les ONG locales doivent intervenir également dans les activités d'assainissement.
- 11,5 % des personnes enquêtées déclarent que les habitants du Quartier Ndendere participent aussi à l'assainissement de leur quartier lors des travaux collectifs de chaque samedi dénommé « **Salongo** ».

Globalement les travaux réalisés par ces quatre acteurs sont loin de donner les résultats escomptés car le Quartier Ndendere continue à sombrer dans l'insalubrité, surtout les cellules d'Irambo, Mukukwe, Camp Luziba. Les raisons de la mauvaise gestion des déchets sont multiples, entre autres : l'incapacité de la Mairie de doter ses services spécialisés des moyens matériels et financiers conséquents à cet effet, les faibles moyens matériels et financiers dont disposent les ONG locales qui pour la plupart ne se limitent qu'aux sensibilisations des habitants. Enfin l'irresponsabilité des habitants' qui ne se contentent que d'accumulation des immondices dans des sites inappropriés ou tout simplement à les déverser dans les canaux d'écoulement des eaux de pluie.

**Tableau N°13: Appréciation du public par rapport aux constructions d'habitations érigées les longs du lit principal de la rivière Mukukwe-Luziba.**

Appréciation du public	Effectif	Pourcentage
Avis favorable	23	11,5
Avis défavorable	145	72,5
Indifférence	32	16
<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: Nos enquêtes sur le terrain

Au regard du tableau ci-haut, il ressort les constats suivants :

- La grande majorité des enquêtés soit 72,5 % ont émis leur désaccord au sujet des constructions des maisons d'habitations le long du lit principal de la rivière Mukukwe-Luziba, zone qu'ils considèrent impropres au lotissement suite aux risques d'inondation de fois catastrophiques auxquels ils sont exposés.
- Cependant 16 % des personnes interrogées sont restées indifférentes à ce sujet
- Alors que 11,5 % se sont prononcées favorables par rapport aux constructions sur ce site.

**Tableau N° 14 : Mesures à préconiser pour réduire l'érosion sur les bassins versants et la sédimentation dans la vallée de Mukukwe-Luziba :**

Mesure de réduction de l'érosion et la sédimentation	Effectif	Pourcentage
Plantation des pelouses et arbres ornementaux	66	33
Asphaltage des voiries	55	27,5
Construction des égouts	45	22,5
Réaménagement urbanistique	44	17
<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Source: Nos enquêtes sur le terrain

L'analyse du tableau ci-dessus présente les appréciations suivantes:

- Pour 23 % des personnes enquêtées, la plantation des pelouses et arbres ornementaux serait une mesure efficace pouvant réduire l'érosion sur les bassins versants et la sédimentation dans la vallée de Mukukwe-Luziba.
- Tandis que 27,5 % des personnes pensent que l'asphaltage des routes et autres voiries du quartier Ndendere, pourrait également réduire l'érosion.
- Par ailleurs 22,5 % des gens suggèrent la construction des égouts pour canaliser les eaux usées et diminuer l'érosion.

- Enfin, 17 % d'enquêtés souhaiteraient le réaménagement urbanistique approprié pour diminuer l'érosion et la sédimentation dans ce milieu.

## SUGGESTIONS ET RECOMMANDATIONS

Etant donné que la vallée de la rivière Mukukwe-Luziba est un milieu propice aux inondations souvent catastrophiques pendant la saison de pluie, nous suggérons et recommandons:

- **Aux autorités habilitées** à la protection et aménagement de l'environnement urbain, notamment les services de l'Urbanisme et Habitat, le service du Titre Foncier, l'OVD (Office de Voirie et Drainage) et l'Office de Route de :

-interdire la construction des maisons sur l'ensemble de ce site qui du reste est impropre et très vulnérable aux constructions,

-Ne pas délivrer les autorisations de bâtir pour construire dans la vallée de Mukukwe-Luziba,

-Eviter la corruption des habitants et ne jamais céder pour la construction sur des sites impropres et à haut risque,

-Elargir les canaux d'écoulement des eaux et de les construire plus durablement

-Sensibiliser les habitants occupant cette vallée sur le danger qu'ils courent en construisant des maisons sur ce site impropre à la construction.

-Délocaliser les habitants de la vallée de Mukukwe-Luziba,

-procéder à l'évacuation continuelle des déchets qui obstruent les canaux d'écoulement des eaux,

-Veiller au strict respect des normes urbanistiques,

-Décourager l'exode rural par la création d'emploi et la sécurisation des milieux ruraux

-Procéder à un réaménagement urbanistique approprié dans la ville de Bukavu,

-Procéder au reboisement et à la plantation des pelouses sur des sites vulnérables,

-Procéder à une périurbanisation\*, c'est-à-dire élargir la ville de Bukavu déjà surpeuplée sur trois axes : au Nord vers Mudaka et Kavumu, au Sud vers Nyantende et Nyangezi et à l'Ouest vers Muku-Kamisimbi. Il s'agit de la création d'un « espace d'urbanisation nouvelle par lotissements et/ou par constructions individuelles. Elle peut s'étendre jusqu'à 15 ou même 70 Km d'une ville ».

-Le terrain étant marecageux, proposer la construction au moins de 4 forages manuels dans ce milieu ainsi que effectuer régulièrement les travaux d'assainissement par curage.

- **Aux habitants** occupant la vallée de la rivière Mukukwe-Luziba de :

-Quitter ce site impropre et malsain,

-Eviter les constructions anarchiques,

-Ne pas remblayer la vallée de Mukukwe pour y ériger des maisons,

-Ne jamais jeter les déchets dans les canaux d'écoulement des eaux usées,

-Ne pas corrompre les agents des services de l'Etat pour l'acquisition des titres de bâtir sur ce site impropre,

-Se faire sensibiliser sur les règles de conservation et assainissement de l'environnement,

-Contribuer au développement durable dans leur milieu d'habitation,

-Procéder au nettoyage régulier des canaux d'évacuation des eaux.



## CONCLUSION

Un des principaux objectifs de cette étude sur l'impact des inondations et les effets hydrologiques de la rivière Mukukwe-Luziba et construction des canaux d'évacuation des eaux et d'un forage dans le Quartier Ndendere dans la ville de Bukavu est de persuader les autorités administratives tant communales qu'urbaines, les ONG ainsi que les habitants de ce milieu sur les effets hydrologiques catastrophiques des inondations dans cet environnement impropre aux constructions. Etant donné que la sauvegarde et la protection de l'environnement concerne tous les trois piliers du développement durable qui sont: la société, l'environnement et l'économie, nous avons émis une série des suggestions et recommandations en vue de palier à la dégradation de la vallée de Mukukwe-Luziba en particulier et celui de la ville de Bukavu en général. Ces cris d'alarme se résument globalement à la prise de conscience des acteurs afin de lutter contre les constructions anarchiques sur des sites vulnérables aux bâtisses et d'améliorer le respect des normes urbanistiques et les conditions de vie des habitants de la ville de Bukavu par un assainissement régulier du quartier Ndendere qui conduirait au développement durable du milieu concerné.

Mais cet objectif soulève plusieurs préoccupations par des questionnements, notamment: quels sont les facteurs qui sont à l'origine des sources de la rivière Mukukwe-Luziba ? Quelle est la période d'inondation de la vallée de Mukukwe-Luziba ? Quelle est la qualité des eaux de ce cours d'eau ? Quels sont les différents dégâts que provoquent les inondations de ce cours d'eau ? Quels sont les différents facteurs qui occasionnent la dégradation de cette vallée ? Quel est l'impact socio-sanitaire de ces eaux polluées sur la vie socio-sanitaire ? Quelles sont les causes d'envahissement de la vallée de Mukukwe-Luziba par la population ? Quelles sont les stratégies envisagées pour faciliter l'écoulement des eaux dans la vallée de Mukukwe-Luziba ? Comment le public de Bukavu apprécie-t-il les constructions des maisons dans ce site ? Quelles sont les mesures de lutte contre l'érosion sur les bassins versants et la sédimentation dans la vallée de Mukukwe-Luziba ? Les réponses à ces différentes questions pourraient être trouvées et lues dans les analyses et interprétations des tableaux ou graphiques allant de N°1 à 14 et globalement il se dégage que la vallée de Mukukwe-Luziba connaît des inondations quelquefois catastrophiques pendant la saison de pluie qui s'étale du mois de septembre à mi-juin. Cependant pendant la saison sèche, la vallée est quasi sèche et on y trouve qu'un faible écoulement des eaux usées ménagères provenant de diverses maisons érigées anarchiquement sur les bassins versants en pente forte et qui convergent vers la vallée.

Il s'agit des eaux très polluées et dont l'écoulement s'effectue difficilement suite à d'énormes charges qu'elles contiennent: les déchets de tout genre. Ces eaux sont nocives, elles sont porteuses des maladies d'origines hydriques, notamment: la diarrhée, le choléra, la gale, la dysenterie,... et vecteur du paludisme.

Jadis très humide, la vallée marécageuse (Luziba), est en train de s'assécher progressivement suite à plusieurs raisons, entre autres: l'occupation quasi-totale des bassins versants et de la vallée par des constructions anarchiques, la destruction du couvert végétal par la population ainsi que le drainage de la vallée : ces trois facteurs combinés ont réduit la capacité d'infiltration des eaux de pluie dans le sol ; appauvrissant ainsi les nappes phréatiques du milieu.

Les constructions anarchiques et la promiscuité qui s'y sont développées devraient interpeler la conscience collective afin de pallier à ces actes d'incivisme qui du reste constitue un frein au développement durable du Quartier Ndendere en particulier et de la ville de Bukavu en général. C'est pourquoi des mesures de lutte contre la dégradation de cet environnement seraient nécessaires, notons à titre d'exemples : la réurbanisation, le réaménagement urbanistique de Bukavu, l'éducation à la citoyenneté environnementale, la lutte contre l'exode rural, la plantation des arbres ornementaux et pelouses, la création des espaces verts, la collecte des déchets... tout cela exigerait l'implication du pouvoir public, les ONG tant locales qu'internationales ainsi que les habitants de la ville de Bukavu.

## BIBLIOGRAPHIE

1. André Vatan, *Manuel de sédimentologie*, Paris, Technip, 1967, 401 p., p. 52
2. -ANNIE Badower et All., 1995, *Géographie Terminales, L, ES, S*, Editions Hatier, Paris, pp.384
3. -Boucher, I. (2010). *La gestion durable des eaux de pluie, Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable, ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire*, coll. « Planification territoriale et développement durable », 118 p. [www.mamrot.gouv.qc.ca]
4. -Bultot, F., 1950. *Régimes normaux et cartes des précipitations dans l'Est du Congo Belge*, pub; I.N.E.A.C., com. No1 du Bureau climat, Coll. In. 4, Bruxelles, 1950.
5. -CHAMAA Samir et all., 1981, *Atlas de la ville de Bukavu*, CERUKI/ISP Bukavu.

6. -CNUED, *la Charte de la Terre : Déclaration de Rio sur l'Environnement et le développement*, Rio de Janeiro, Juin 1992.
7. -CHRISTOPHE Longuet et All., 2003, *Sciences économiques et sociales*, Hatier, Paris, 144pp.
8. -DUPRIEZ H., 1990, *Les chemins de l'eau, ruissellement, irrigation, drainage*.Edition Harmattan, Paris, pp.380
9. « Environnement », sur *Dictionnaire Larousse* (consulté le 5 janvier 2010)
10. -Héritier de la Justice, *érosion : une menace qui pèse sur la ville de Bukavu*, 2001
11. -*Le grand Robert de la Langue française*, Paris, Robert, 2001
12. -MICHAEL Renner, 1996, *Combat pour la vie, Dégradation de l'environnement, affrontement social : le nouvel âge de l'insécurité*, Editions Nouveaux horizons, Manille Philippines, 169p.
13. Nations unies, « Objectif 7 : Préserver l'environnement », sur *Portail de l'action du système de l'ONU sur les objectifs du millénaire pour le développement* (consulté le 7 janvier 2010)
14. -Ilunga, L., 1977, *L'érosion dans la ville de Bukavu*, Revue du CERUKI, Cinquième année No2., 277p.
15. -Jean-Antoine Fabre, *Essai sur la théorie des torrents et des rivières*, Paris, Bidault, 1797, 284 p.
16. -Mesplier A. et All, 2001, *Les hommes occupent et aménagent la Terre*, Edition Bréal, Paris, pp.320
17. -PIERRE Bedard, *Géologie générale : Roches sédimentaires* (Ecole Polytechnique), pp.33
18. Pierre Pech, Hervé Régnault, *Géographie physique, Paysages et érosion. La Terre à visage découvert*, Paris, PUF, 1992, page 10
19. -*Relations entre démographie, environnement et réduction de la pauvreté*, EuroNGOs, 2 octobre 2008
20. -Sadiki S., 2009, *Gestion des risques naturels à Bukavu, Sud-Kivu/RD/Congo*, Mémoire de Maîtrise, Inédit, Université de Liège/Belgique.