UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Evaluation des impacts socio-environnementaux de l’ exploitation minière artisanale du coltan autour de Rubaya (Nord Kivu, RD-Congo)

MUHINDO MUSUBA, Obosco

2020
UB
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/150

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITÉ DU BURUNDI



FACULTE DES SCIENCES

EVALUATION DES IMPACTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX DEL'EXPLOITATION MINIERE ARTISANALE DU COLTAN AUTOUR DE RUBAYA (Nord Kivu, RD-Congo)

MÉMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN SCIENCES ET GESTION INTEGREE DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

Par : MUHINDO MUSUBAOBosco

Président du jury : Professeur NTAKIMAZI Gaspard
Promoteur: Professeur HABONIMANABernadette
Co-promoteur : DocteurBALAGIZI MUHIGIRWA Charles
Secrétaire du jury: Professeur NAHIMANA Louis

Bujumbura, octobre, 2020

DEDICACES

A ma famille

A mes parrains scientifiques et amis de la Science

A mes autorités académiques

A mes amis et collègues

A mes connaissances

Je dédie ce travail

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire de master a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Ainsi donc, qu'il me soit permis de payer ma dette de reconnaissance, tout d'abord, à mes directeurs Professeur Bernadette HABONIMANA et Docteur Charles BALAGIZI MUHIGIWA grâce à qui ce travail a eu forme et consistance ; l'empreinte indélébile de vos remarques constructives, orientations, aides, conseils, documentation…se voit clairement depuis la première page de ce mémoire jusqu'à la dernière. Je vous en remercie beaucoup.

Mes sincères remerciements s'adressent au Professeur NAHIMANA David,Doyen de la faculté des Sciences de l'Université du Burundi, et au Professeur NTAKIMAZI Gaspard, Responsable du master en Sciences de l'Université du Burundi, pour les orientations, la médiation et soutien de tout genre pendant mes recherches.

Je reste reconnaissant au soutien de mon Université, l'Université de Goma, et à ma Faculté, faculté des Sciences, pour avoir accepté que je poursuive ma formation et l'accompagnement administratif. Que les Professeurs MUNYANGA MUKUNGO Sylvain (Recteur de l'Université de Goma)et TSONGO KIMBENDELWA(Secrétaire général académique de l'Université de Goma) ;SEGIHOBE BIGIRAJean-Paul, YAMONEKA WASSO Just et HATEGEKIMANA LUANDA Emmanuel trouvent, à travers ces mots, ma profonde gratitude pour les encouragements et les orientations pendant ma formation. Soyez bénis abondamment.

J'exprime ma gratitude au SAEMAPE_Nord Kivu pour l'accompagnement sur terrain. Mille et mille mercis à son Directeur Provincial Monsieur BASOSHI IUBWE Théophile et à son Chargé des Techniques et Opérations Monsieur PUNZU MISINGI Daddy. Que Fabrice, MUNYOLERE LUHEMBA Justin, NGAVO SAFARI Lionel, Philippe BUSHIRI, FUNGAFUNGA, BITAKA, MOISE,NZEYet PROSPER ne se sentent pas oubliés ; nous reconnaissons votre soutien moral et votre accompagnement pendant les travaux de terrain.

Je dis grand merci à Monsieur ALBERT pour l'accompagnement pendant l'échantillonnage ; que Messieurs JEMES NDAHIMANA et OBDI TUFURAHI se trouvent considérés pour le soutien pendant les enquêtes.

Je ne manquerais à exprimer ma reconnaissance au Dr BALAGIZI MUHIGIRWA Charles et à l'Assistant KASEREKA MUSOSEKANIA Marcellin, tous du département de Géochimie et Environnement de l'Observatoire Volcanologique de Goma, pour nous avoir fournis les équipements de terrain, supervisé les travaux de laboratoire et nous avoir facilités à faire les analyse à l'Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu. Que Messieurs MAFUKO NYANDWI Blaise, MUDAHERA BAHATI Landry et EPHRAIM KAMWENYA Obdint trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude pour la documentation, les soutiens technique et

cartographique. Plusieurs mercis au centre d'accueil MURAMBI pour l'hébergement pendant mes travaux de terrain à Rubaya.

Je reste reconnaissant àtous les professeurs, les chercheurs et lespersonnes qui, par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques, ont guidé mesréflexions et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes questions durant mesrecherches.

Je m'acquitte du devoir de mémoire et de reconnaissance à la compagnie et au soutien de mes collègues de Master ; que chacun, individuellement, reçoive mes remerciements sincères.

Je remercie infiniment ma femme ANITA BASIKANIA Annie et ma fille DORIKA KITABUYIRE Bel-Ange pour m'avoir soutenu et supporté mon absence pendant toute ma formation. Que mes parents, toute ma famille, mes amis et connaissances et ceux qui pensent être oubliés reçoivent mes remerciements qui leurs sont adressés, chacun par son nom, comme couronnement de leurs soutiens de tout genre.

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: CIBLE ET TAILLE DE LA POPULATION ET DE L'ECHANTILLON POUR LES ENQUETES AUPRES DES POPULATIONS DE RUBAYA ---------- 26

TABLEAU 2: NORMES DES EAUX DE SURFACE (DE VILLERS, 2005 ; LARONDE, 2010 ; MEEATU&MSPLS, 2014) ---------- 32

TABLEAU 3: PARAMETRES ET LIMITES DE CLASSES D'ETAT DES ELEMENTS PHYSICO-CHIMIQUES GENERAUX PRIS EN COMPTE POUR DETERMINER L'ETAT ECOLOGIQUE DES COURS D'EAU (ARRETE DU 27 JUILLET 2015/FRANCE, DISPONIBLE SUR *HTTP://WWW.EAU-POITOU-CHARENTES.ORG/IMG/JPG/PARAM_NORMES_PHY-CHIM_ETAT-ECO-COURS_D_EAU_ARRETE25JANV2010.JPG*) ---------- 32

TABLEAU 4: PRINCIPAUX IMPACTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX VISIBLES A RUBAYA --------- 41

TABLEAU 6: RESULTATS DES MATIERES EN SUSPENSION, ANIONS MAJEURS, NH_4^+ ET SIO_2---------- 73

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: LOCALISATION DE RUBAYA (HTTPS://ALFAJIRI1.WORDPRESS.COM/2012/11/21/RDC-PRISE-DE-GOMA-ET-APRES/)..... 15

FIGURE 2: DIAGRAMME CLIMATIQUE DE MASISI *(HTTPS://PLANIFICATEUR.A-CONTRESENS.NET/AFRIQUE/REPUBLIQUE_DEMOCRATIQUE_DU_CONGO/PROVINCE_DU_NORD_KIVU/MASISI/209477.HTML)* 16

FIGURE 3: IMAGE DU RELIEF DE RUBAYA..... 17

FIGURE 4: CARTE GEOLOGIQUE DU NORD KIVU (CEEG, 2015) 19

FIGURE 5: ZONATION DE LA PEGMATITE (CAHEN, 1954) 20

FIGURE 6: DEFORMATIONS GEOLOGIQUES ET MINERALISATION DE LA PARTIE NORD OUEST DU LAC KIVU (VILLENEUVE & CHOROWICZ, 2004, MODIFIE ET COMPLETEE PAR NAHIMANA, 2020) 21

FIGURE 7: IMAGES GOOGLE EARTH DES SITES MINIERS DE RUBAYA..... 22

FIGURE 8: ETAPES D'EXPLOITATION ET DU TRAITEMENT DES MINERAIS DE RUBAYA 23

FIGURE 9: VILLAGES ET SITES MINIERS CIBLES DE NOTRE ENQUETE (GOOGLE EARTH, 2020) .. 26

FIGURE 10: CARTE D'ECHANTILLONNAGE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE RUBAYA ET SES ENVIRONS..... 28

FIGURE 11 : SEXE DE LA POPULATION CIBLE 34

FIGURE 12: AGE DE LA POPULATION CIBLE..... 34

FIGURE 13: NIVEAU D'ETUDE DE LA POPULATION CIBLE 35

FIGURE 14: REVENUS MOYENS DES MENAGES 35

FIGURE 15: AFFECTATION DES REVENUS DANS LES MENAGES 36

FIGURE 16: ACTIVITE PRINCIPALE DES MENAGES 36

FIGURE 17: ACTIVITES SECONDAIRES DES MENAGES 37

FIGURE 18: ACTIVITES DES MENAGES AVANT L'EXPLOITATION MINIERE 37

FIGURE 19: BIENS OU SERVICES PERDUS PAR LES MENAGES SUITES A L'EXPLOITATION MINIERE 38

FIGURE 20: MALADIES DEVENUES PLUS FREQUENCES AVEC L'EXPLOITATION MINIERE A RUBAYA 38

FIGURE 21: GAINS/AVANTAGES TIRES DES MINES 39

FIGURE 22: BIENS OU AVANTAGES PERDUS SUITE A L'EXPLOITATION MINIERE 40

FIGURE 23: CONTENTIEUX SOUVENT FREQUENT DANS LES VILLAGES AUTOUR DES MINES DE RUBAYA 40

FIGURE 24: IMAGES MONTRANT LES IMPACTS PHYSIQUES LIES A L'EXPLOITATION MINIERES DE RUBAYA 44

FIGURE 25: TEMPERATURE DES RIVIERES EN AVAL DES MINES DE RUBAYA (EN ROUGE SONT LES RIVIERES NON CONCERNEES PAR L'EXPLOITATION MINIERE) 45

FIGURE 26: PH DES RIVIERES EN AVAL DES MINES DE RUBAYA 45

FIGURE 27: OXYGENE DISSOUS DANS LES RIVIERES EN AVAL DES MINES DE RUBAYA 46

FIGURE 28: CONDUCTIVITE ELECTRIQUE DANS LES RIVIERES EN AVAL DES MINES DE RUBAYA 46

FIGURE 29: CONCENTRATION DES IONS NITRITES DANS LES RIVIERES EN AVAL DES MINES DE RUBAYA (EN ROUGE SONT LES RIVIERES NON CONCERNEES PAR L'EXPLOITATION MINIERE) 47

FIGURE 30: CONCENTRATION DES IONS AMMONIUMS DANS LES RIVIERES EN AVAL DES MINES DE RUBAYA 48

FIGURE 31: CONCENTRATIONS DES IONS PHOSPHATES DANS LES RIVIERES EN AVAL DES MINES DE RUBAYA 48

FIGURE 32: CONCENTRATION DE LA SILICE DANS LES RIVIERES EN AVAL DES MINES DE RUBAYA 49

FIGURE 33: CONCENTRATIONS DES MATIERES EN SUSPENSION DANS LES RIVIERES EN AVAL DES MINES DE RUBAYA 50

FIGURE 34: ALCALINITE TOTALE DANS LES RIVIERES EN AVAL DES MINES DE RUBAYA 50

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ASM : Artisanal Small Mining

C.T.C.P.M. : Cellule Technique de Coordination et de Planification Minière

CAMI : Cadastre Minier

CEEC : Centre d'Evaluation, d'Expertise et de Certification des substances minérales précieuses et semi-précieuses

COOPERAMMA : Coopérative des Exploitants ArtisanauxMiniers de Masisi

EIE : Etude d'Impacts Environnementaux

EIES : Etude d'Impacts Environnementaux et Sociaux

EMAPE : Exploitation Minière Artisanale et à Petite Echelle

hab: Habitant

MCO : Mine à Ciel Ouvert

MGL : Minière des Grands Lacs

OVG : Observatoire Volcanologique de Goma

PAR : Plan d'Atténuation et de Réhabilitation

PGEP : Plan de Gestion Environnemental du Projet

RCD : Rassemblement Congolais pour la Démocratie

RSE : Responsabilité Sociétale des Entreprises

SAEMAPE : Service d'Assistance et d'Encadrement de l'Exploitation Minière Artisanale et à Petite Echelle

SGNC : Service Géologique National du Congo

SMB : Société Minière de Bisunzu

SOMINKI : Société Minière et Industrielle du Congo

ZEA : Zone d'Exploitation Artisanale

RESUME

Ce travail a porté sur « l'évaluation des impacts socio-environnementaux de l'exploitation minière artisanale du coltan autour de Rubaya (Nord Kivu/RD-Congo)», constituant même notre objectif principal. Spécifiquement, il vise à documenter cesimpacts, aussi bien positifs que négatifs; déterminer l'impact des rejets miniers sur le réseau hydrographique de Rubaya afin de formuler des propositions d'une exploitation minière artisanale durable à Rubaya.

Cette étude s'est proposé de vérifier si «*les accidentsliés aux mouvements de masse (éboulement et glissement de terrain), les asphyxies et l'érosion constituent les principaux impacts socio-environnementaux de l'exploitation minière artisanale de Rubaya* » mais aussi si« *l'exploitation minière artisanale de Rubaya, par ses rejets, augmente grandement, au delà du seuil limite tolérable, la température, la pression, l'oxygène dissous, la conductivité spécifique, le pH, les matières en suspension, les anions majeurs, le* NH_4^+ *et le* SiO_2*dans le réseau hydrographique en aval des mines* ». Pour y arriver, nous avons fait recours à la collecte des données sur terrain, notamment sur les paramètres physico-chimiques (la température, la pression, l'oxygène dissous, la conductivité spécifique et le pH) des rivières en aval des mines Rubaya; les enquêtes et les focus group sur les impacts socio-environnementaux. Des échantillons d'eau ont également été collectés depuis ces rivières pour déterminer les concentrations des matières en suspension, l'alcalinité totale, les anions majeurs, le NH_4^+ et le SiO_2.

Les données de l'enquête ont été traitées avec Excel. Quant aux résultats physico-chimiques, ils ont été interprétés, premièrement, par comparaison de leur concentration au seuil limite admissible, fixé par les normes internationales des eaux de surface, de leur teneur dans l'environnement et dans les eaux en particulier ; deuxièmement par comparaison de leurs valeurs dans les eaux concernées par les exploitations minières et de celles non concernées par ces activités. Ainsi, ces résultats montrent que les exploitations minières de Rubaya contribuent à son expansion et à la création d'emplois et de revenus pour ceux y travaillent. Néanmoins, elles s'accompagnent aussi d'importants dégâts socio-environnementaux dont les principaux sont la perte des champs, des parcelles et d'accès à l'eau potable; la perte de la qualité des rivières;des tensions sociales et des conflits liés à la non indemnisation;les éboulements, les effondrement, les asphyxies ; l'augmentation du taux des matières en suspension dans les rivières à activités minières 129 fois que dans celles non affectées par les exploitations minières, dépassant le seuil admissible.

Vutous ces impacts, les exploitations minières de Rubaya ne contribuent pas à un développement intégral. Des efforts doivent être faits pour remédier à ces impacts négatifs, notamment respecter les prescrits du code et du règlement miniers. Aussi, les rejets miniers doivent être bien gérés et même valorisés.

Mots clés : Exploitation minière artisanale, impacts environnementaux, indemnisation, accidents, rejets miniers, matières en suspension

ABSTRACT

This work focused on "assessing the socio-environmental impacts of artisanal coltan mining around Rubaya (North Kivu/DR-Congo)", even constituting our main objective. Specifically, it aims to document these impacts, both positive and negative; determine the impact of mining discharges on the Rubaya hydrographic network in order to formulate proposals for sustainable artisanal mining in Rubaya.

This study set out to verify whether "accidents linked to mass movements (landslides and landslides), asphyxia and erosion constitute the main socio-environmental impacts of artisanal mining in Rubaya" but also whether “Rubaya artisanal mining, through its discharges, greatly increases, beyond the tolerable limit, the temperature, pressure, dissolved oxygen, specific conductivity, pH, suspended matter, major anions, NH_4^+ and SiO_2 in the hydrographic network downstream of the mines”. To achieve this, we resorted to collecting data in the field, in particular on the physicochemical parameters (temperature, pressure, dissolved oxygen, specific conductivity and pH) of the rivers downstream of the Rubaya mines; surveys and focus groups on socio-environmental impacts. Water samples were also collected from these rivers to determine the concentrations of suspended solids, total alkalinity, major anions, NH_4^+ and SiO_2.

The survey data was processed with Excel. As for the physicochemical results, they were interpreted, first, by comparing their concentration to the permissible limit threshold, set by international standards for surface water, their content in the environment and in water in particular; second, by comparing their values in the waters concerned by mining operations and those not concerned by these activities. Thus, these results show that Rubaya’s mining operations contribute to its expansion and to the creation of jobs and income for those working there. However, they are also accompanied by significant socio-environmental damage, the main ones being the loss of fields, plots and access to drinking water; the loss of the quality of rivers; social tensions and conflicts related to non-compensation; landslides, collapses, asphyxiations; the increase in the rate of suspended solids in rivers with mining activities 129 times than in those not affected by mining operations, exceeding the allowable threshold.

Considering all these impacts, Rubaya mining operations do not contribute to integral development. Efforts must be made to remedy these negative impacts, in particular to comply with the prescriptions of the mining code and regulations. Also, mining wastes must be well managed and even valued.

Keywords: Artisanal mining, environmental impacts, compensation, accidents, mine wastes, suspended solids

TABLE DES MATIERES

DEDICACES……...i
REMERCIEMENTS ii
LISTE DES TABLEAUX……..……iv
LISTE DES FIGURES ……..……..iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS…….……vi
RESUME……..vii
ABSTRACT……....viii
TABLE DES MATIERES ix
0. INTRODUCTION..... 1
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE SUR L'EXPLOITATION MINIERE..... 6
I.1. DEFINITIONS 6
I.2. TECHNIQUES D'EXPLOITATION MINIERE 6
I.3. TYPES ET METHODES D'EXPLOITATION MINIERES 8
I.4. IMPACTS DES EXPLOITATIONS MINIERES 9
I.5. CADRE LEGAL ET INSTITUTIONNEL DES EXPLOITATIONS MINIERES EN RDC 13
CHAPITRE II : MILIEU D'ETUDE, MATERIELS ET METHODES 15
II.1. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE : RUBAYA 15
II.1.1. CADRE GEOGRAPHIQUE 15
II.1.1.1. LOCALISATION DE RUBAYA 15
II.1.1.2. CLIMAT 15
II.1.1.3. HYDROGRAPHIE 16
II.1.1.4. RELIEF 17
II.1.1.5. SOL 17
II.1.1.6. VEGETATION 17
II.1.1.7. POPULATION ET ACTIVITES 18
II.1.2. CADRE GEOLOGIQUE 18
II.1.2.1. ENCAISSANT DE LA MINERALISATION DE RUBAYA 18
II.1.2.2. MINERALISATION DE RUBAYA 20
II.1.2.3. EXPLOITATION MINIERE A RUBAYA 21
II.2. MATERIELS UTILISES 23
II.3. METHODES 24
II.3.1. COLLECTE DES DONNEES DE TERRAIN 24
II.3.2. FOCUS GROUP 24
II.3.3. ENQUETES DANS LES MENAGES ET AUPRES DES CHEFS DE VILLAGE 25
II.3.4. ETABLISSEMENT DE LA GRILLE D'IMPACTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX 27
II.3.5. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES 27
II.3.5.1. ECHANTILLONNAGE DES POINTS DE PRELEVEMENT 27
II.3.5.2. PREPARATION DES ECHANTILLONS 29

II.3.5.3. PARAMETRES ETUDIES 29
II.3.5.4. ANALYSE DES ECHANTILLONS AU LABORATOIRE..... 29
II.3.6. TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES 31
CHAPITRE III. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS 33
III.1. PRESENTATION DES RESULTATS 33
III.1.1. IMPACTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX ISSUS DE FOCUS GROUPS..... 33
III.1.2. RESULTATS ISSUS DES ENQUETES..... 34
III.1.2.1. ENQUETES DANS LES MENAGES 34
III.1.2.1.1. CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES DES ENQUETES 34
III.1.2.1.2. ACTIVITES DES MENAGES ENQUETES..... 36
III.1.2.1.3. BIENS ET/OU SERVICES PERDUS SUITE AUX MINES..... 38
III.1.2.1.4. INDEMNISATION SUITE A L'EXPLOITATION MINIERE .. 38
III.1.2.1.5. MALADIES FREQUENTES..... 38
III.1.2.2. ENQUETES AUPRES DES CHEFS DE VILLAGES 39
III.1.2.2.1. GAINS OU AVANTAGES TIRES DES MINES 39
III.1.2.2.2. BIENS ET/OU SERVICES PERDUS SUITE A L'EXPLOITATION MINIERE SELON LES CHEFS DES VILLAGES..... 39
III.1.2.2.3. CONTENTIEUX FREQUENTS..... 40
III.1.3. GRILLE DES PRINCIPAUX IMPACTS 41
III.1.4. RESULTATS SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DES RIVIERES ENVIRONNANT LES SITES MINIERS..... 44
III.1.4.1. PARAMETRES MESURES IN SITU 44
III.1.4.2. PARAMETRES MESURES AU LABORATOIRE 47
III.2. DISCUSSION DES RESULTATS..... 51
III.2.1. RESULTATS ISSUS DES FOCUS GROUPS ET DES ENQUETES 51
III.2.1.1. IMPACTS NEGATIFS 51
III.2.1.2. IMPACTS POSITIFS..... 53
III.2.2. RESULTATS DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES 54
III.2.2. 1. PARAMETRES MESURES IN SITU 54
III.2.2.2. PARAMETRES MESURES AU LABORATOIRE 55
III.3. PROPOSITIONS POUR UNE EXPLOITATION MINIERE ARTISANALE RESPECTUEUSE DE L'ENVIRONNEMENT A RUBAYA 57
III.3.1. GESTION DES REJETS MINIERS DE RUBAYA 57
III.3.1.1. GESTION DES REJETS MINIERS SOLIDES..... 57
III.3.1.2. GESTION DES REJETS MINIERS LIQUIDES..... 58
III.3.2. UTILISATION ET VALORISATION DES REJETS MINIERS DE RUBAYA 58
CONCLUSION 60

BIBLIOGRAPHIE 61
ANNEXES 67

0. INTRODUCTION

0.1. CONTEXTE

L'exploitation minière est un secteur générateur de revenus dans beaucoup de pays du monde où elle finance la grande partie de leurs budgets. Elle est même à la base de la création d'emplois et du développement économique et technologique de plusieurs nations. Cette exploitation peut être industrielle, à petite échelle ou même artisanale. Ce dernier type est caractéristique de la plupart des pays en voie de développement d'Afrique, Asie, Océanie, Amérique centrale et Amérique du Sud (Thomas & al, 2002).

A travers le monde, Hentschel, en 2003, évalue à environ 100 millions le nombre de gens dépendant indirectement de cette exploitation artisanale. Cette dernière rapporte beaucoup de revenus aux creuseurs et de devises au pays et peut participer à la réduction de la pauvreté si elle est formalisée (Mutabazi et Nyassa, 2008 ; Roy et Gavin, 2011 ; Sara, 2012).

Loin d'être seulement bénéfique, l'exploitation minière artisanale a beaucoup d'impacts environnementaux, notamment sur le sol, l'eau, l'air, l'habitat, la biodiversité, la société, la santé, l'économie, la sécurité… (MRAC, 2012). Ces impacts varient d'un pays à l'autre, selon que cette exploitation est réglementée ou pas.

En République Démocratique Congo, le secteur minier est plus artisanal qu'industriel, souvent illégal et fournit plus de 90 % de minerais destinés à l'exportation, constituant ainsi la colonne vertébrale de l'économie congolaise (Sara, 2012). En outre, près de 2 millions de personnes, dont 20% sont des femmes et 40% des enfants, sont actives dans les mines artisanales souvent contrôlées par des commerçants illégaux, des forces de sécurité et même des groupes armés (Stephen, 2012 ; Jorden, 2016). Cette exploitation concerne principalement le diamant, l'or, la cassitérite, le coltan, le wolframite, le cuivre et les pierres de couleur, précieuses et semi précieuses comme la tourmaline (ITIE, 2105).

La production minière congolaise est, suite à l'usage du mercure et du cyanure dans le traitement des minerais et du drainage minier acide, l'une des causes de la dégradation qualitative de l'eau en RDC (Mazalto, 2005). Elle affecte aussi les sols comme par exemple c'est déjà le cas pour ceux des sites miniers de l'ex Katanga/RDC qui présentent des concentrations de Cu, Co, As, Zn, Pb et Cd plus élevées que dans les sols non métallifères et supérieures aux seuils admissibles dans les sols (Pourret, 2015 ; Ikonga, 2015). Cela entraine l'insécurité alimentaire et la pauvreté (Murhi, 2019). La qualité de l'air est aussi touchée par les poussières émises lors de l'exploitation et du traitement des minerais et entraine, à Lubumbashi, la multiplication des problèmes respiratoires (Léon, 2016). Des conflits permanents existent partout en RDC entre les propriétaires terriers et les artisanaux (superposition du droit foncier et du droit minier) et entre les artisanaux et les industriels (Ikonga, 2015 ; Sara, 2013 ; Boris, 2014 ; Lara, 2016 ; Boris, 2016 ; Joselyn, 2013). Même les violences sexuelles et les guerres récurrentes à l'Est de la RDC sont liés aux ressources minérales et leur gouvernance (Mutabazi, 2008 ; Philippe, 2007 ; Ellen, 2017 ; Anne, 2019 ;

Amnesty International, 2015). A ces problèmes s'ajoutent le travail des enfants dans les mines et carrières interdit par les textes nationaux et internationaux dont la RDC est signateur (Laurent, 2018 ; Geraldine, 2012 ; Martina, 2010). La prostitution, les maladies sexuellement transmissibles, les violences et discriminations faites sur le genre, les mariages forcés, les grossesses indésirables, le banditisme, la délinquance juvénile, l'abandon d'école sont aussi des pratiques courantes dans les mines artisanales de la RDC (De Doris, 2017; Karen, 2012, 2013).

Face à ces problèmes, il y a nécessité, premièrement, de la réglementation du secteur minier congolais et, deuxièmement, de la qualification des sites miniers, la certification et la traçabilité des minerais de la RDC afin de s'assurer qu'ils ne sont pas des « minerais de sang » (Marie, 2008 ; Thierry, 2012, 2013). C'est ainsi que ce secteur est actuellement régi par la « Loi n° 007/2002 du 11 juillet 2002 portant Code Minier » telle que modifiée et complétée par la « Loi n° 018/001 du 09 mars 2018 » et ses mesures d'application. Ce dernier code s'appuie sur les dispositifs de la constitution du 20 janvier 2011 et les principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement du 09 juillet 2011. Il est ensuite complété par le règlement minier du 08 juin 2018. Tous ces textes essayent de réglementer le secteur minier afin de le rendre, tant soit peu, respectueux de l'environnement. Malheureusement, beaucoup d'articles de ces lois souffrent d'application, d'où beaucoup d'impacts socio-environnementaux dans des sites miniers.

A **Rubaya**, comme ailleurs au Kivu, il y a l'exploitation minière artisanale du coltan, de la cassitérite et de la tourmaline dans des sites qualifiés et supervisés par le Service d'Assistance et d'Encadrement de l'Exploitation Minière Artisanale et à Petite Echelle (SAEMAPE). Cette exploitation avait commencé à l'époque Belge, dans les années 1930. A cette période seule la cassitérite était exploitée par la Minière des Grands Lacs(MGL) puis par la Société Minière et Industrielle du Kivu (SOMINKI). Avec l'indépendance, la zaïrianisation et la chute du cours de l'étain, les exploitations ont ralenti à partir de 1986 (CRET, 1990). Grâce au développement des nouvelles technologies, le coltan fut recherché, puis la tourmaline. C'est ainsi qu'en 1998, l'exploitation du coltan commença timidement à Rubaya avant de croitre avec son boom de 1999-2000 et la rébellion du RCD-Goma qui commença en 2001.

La minéralisation de Rubaya est encaissée dans des pegmatites, des roches acides auxquelles sont associés certains métaux lourds (Cahen, 1954). Son exploitation se fait autour et même dans la cité de plus de 35205 habitants et occupe plus de 5.000 creuseurs enregistrés par la COOPERAMMA, sans compter les clandestins, qui produisent quotidiennement autour d'une tonne de coltan associé à peu de cassitérite (COOPERAMMA, 2017). En outre, elle rapporte beaucoup d'argent à l'Etat congolais et à la communauté locale. Néanmoins, le lavage des minerais et l'évacuation des rejets miniers se font dans les lits vifs des rivières sans traitement préalable, portant ainsi atteinte à la qualité de l'eau et de la vie aquatique ainsi que de ceux qui y travaillent pour exploiter les rejets. Aussi, des différends permanents, liés au foncier, à l'indemnisation et au payement des minerais de la COOPERAMMA par la Société Minière de Bisunzu (SMB), causent des fois mort-d'hommes. Des éboulements et des asphyxies (gaz) fréquents endeuillent aussi souvent la communauté locale.

0.2. PROBLEMATIQUE

L'exploitation minière artisanale de Rubaya a contribué, d'un côté, au développement économique de cette entité, et de l'autre côté, elle est responsable d'importants dégâts socio-environnementaux(COOPERAMA, 2017). En effet, les mêmes problèmes que connaissent d'autres sites miniers du Kivu (mineurs peu instruits, corruption, manque de connaissances pratiques et de maitrise des lois, faibles revenus des mineurs, faible gouvernance, travail d'enfants, problèmes sociaux, faible sécurité et risque élevé, manque d'hygiène et problème de santé, dégradation de l'environnement) sont visibles à Rubaya. La perturbation de la cohésion sociale, le défi de la conciliation de l'exploitation minière artisanale à l'agriculture, des crimes miniers,… sont identifiés à Rubaya (Search for Common Ground, 2014 ; International Alert, 2009 ; FOPAC, 2014). Il y est signalé aussi :

- L'absence d'une population active dans le secteur agricole, lesjeunes s'étant intéressés uniquement qu'à l'exploitation minière ;
- L'explosion démographique, entrainant une occupation des grands espaces réservés à l'agriculture par les agglomérations (habitations) ;
- L'obligation à cultiver à des très grandes distances du village ;
- La destruction des champs et de la structure du sol par les creuseurs artisanaux lorsqu'ils y découvrent des minerais;
- Le vol des récoltes et des bétails par les creuseurs qui installent leurs hébergements dans les champs ;
- Le prix élevé des produits de première nécessité dans le milieu ;
- La prostitution même des mineurs, la délinquance, le banditisme, l'alcoolisme, le travail des enfants, la promiscuité, l'augmentation des IST et VIH/SIDA, les mariages forcés, les grossesses indésirables, la déperdition scolaire, la destruction du tissu familial, les conflits fonciers entre les propriétaires terriers et les mineurs,… (CNONGD, 2015)

L'analyse des travaux précédents montre que, pour Rubaya, seuls les aspects en rapport avec les mines et les conflits armés, les violences sexuelles, le travail des enfants ainsi que les impacts sur l'agriculture ont été approfondis. Les aspects relatifs à l'exploitation minière artisanale et la dégradation des sols, les pertes des terres, la pollution des eaux, la modification des paysages, la perte de la biodiversité et le déboisement sont restées peu documentés. Ainsi, le présent travail s'est focalisé sur les *impacts socio-environnementaux de l'exploitation minière artisanaledu coltan autour de Rubaya, et plus particulièrement sur l'impact de cette exploitation sur le réseau hydrographique en aval.*

0.3. INTERET DU SUJET

Ce travail permettra d'identifier les dangers majeurs sournois auxquels font face les exploitants miniers artisanaux et les communautés riveraines des exploitations minières de Rubaya. Ainsi, grâce aux conclusions de cette étude, le service d'encadrement de l'exploitation minière artisanale (SAEMAPE) pourra améliorer et élargir ses mesures

d'encadrement. De même, les autorités politico-administratives seront mieux informées pour prendre des mesures préventives et conservatoires de l'environnement sur la zone d'étude.

0.4. QUESTIONS FONDAMENTALES DE RECHERCHE

Deux principales questions de recherche suivantes ont guidé nos investigations:
Q1. Quels seraient les principaux impacts socio-environnementaux réels et/ou potentiels associés aux exploitations minières de Rubaya ?
Q2. Quel serait l'ampleur de l'impact des rejets miniers sur le réseau hydrographique en aval des mines de Rubaya?

0.5. HYPOTHESES DE L'ETUDE

Cette étude se propose de vérifier les 2 hypothèses suivantes :
H1. *Les accidents liésaux mouvements de masse (éboulement et glissement de terrain), les asphyxies et l'érosion constituent les principaux impacts socio-environnementaux de l'exploitation minière artisanale de Rubaya*. En effet, la géologie de Rubaya montre que les mines sont établies dans des pegmatites altérées et fracturées ne pouvant pas supporter la moindre déstabilisation (Cahen, 1954). Et le constat sur terrain est que, avant d'accéder au corps minéralisé, le sol est continuellement enlevé et drainé dans le réseau hydrographique en aval des mines. Aussi, certaines mines sont très profondes, dépassant les 30 mètres légaux, et les clandestins y entrent la nuit sans aération pour éviter de se faire remarquer par le bruit du moteur aérateur.
H2. *L'exploitation minière artisanale de Rubaya, par ses rejets, augmente grandement, au delà du seuil limite tolérable, la température, la pression, l'oxygène dissous, la conductivité spécifique, le pH, les matières en suspension, les anions majeurs, le* NH_4^+ *et le* SiO_2*dans le réseau hydrographique en aval des mines.* En effet, les eaux usées des mines sont drainées dans le réseau hydrographique en aval sans traitement préalable ; elles ne subissent pas de décantation et le lavage des minerais se fait des fois même dans les lits vifs des rivières. (Mudahera, 2015 ; Hamisi, 2016).

0.6. OBJECTIFS DE L'ETUDE

0.6.1. OBJECTIF GLOBAL

La présente étude a pour objectif global de *contribuer à la gestion durable de l'environnement autour des sites miniers de Rubaya* à travers l'analyse des impacts socio-environnementaux de l'exploitation minière artisanale qui s'y déroule et la proposition des mesures d'atténuation.

0.6.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES

De manière spécifique, ce travail veut :

O.1. Documenter les principaux impacts socio-environnementaux, aussi bien positifs que négatifs, dus à l'exploitation minière à Rubaya ;
O.2. Quantifier les matières en suspension présentes dans les eaux des rivières en aval des mines de Rubaya et évaluer leurs impacts réels et potentiels afin de formuler des propositions d'une exploitation minière artisanale durable à Rubaya.

0.7. DELIMITATION ET SUBDIVISION DU TRAVAIL

Bien que les exploitations minières existent dans plusieurs endroits de la province du Nord Kivu, seule celle de Rubaya intéresse ce mémoire. Ce dernier se limite à identifier les principaux impacts socio-environnementaux liés aux activités minières artisanales, à l'analyse des paramètres physico-chimiques, des matières en suspension et des anions majeurs des eaux des rivières en aval des mines de Rubaya.

Le présent travail est subdivisé en 3 chapitres en dehors de l'introduction et de la conclusion.
Le premier est consacré à la revue bibliographique sur l'exploitation minière ;
Le deuxième présente le milieu d'étude, décrit les matériels de travail et les méthodes de recherche utilisées;
Le troisième est consacré à la présentation et discussion des résultats puis à la formulation des recommandations pour une exploitation minière artisanale respectueuse de l'environnement à Rubaya.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE SUR L'EXPLOITATION MINIERE

I.1. DEFINITIONS

L'exploitation minière est l'une des phases du processus minier. Elle représente la troisième étape du cycle de mise en valeur des minéraux et consiste à extraire des minéraux ayant une valeur économique, au profit des actionnaires, des divers intervenants et de la société en général (Encyclopédie Universalis, 2019). Elle est au centre du développement de nombreux pays où elle finance une grande partie de leurs budgets. Elle est essentielle à presque toutes les facettes de nos vies, de la construction aux innovations technologiques qui améliorent l'existence (Centre de Développement de l'Entreprise, 2000). Loin d'être seulement bénéfique, elle s'accompagne d'importants dégâts environnementaux. Elle est précédée et succédée par d'autres travaux miniers, se faisant par phases successives:

a) La prospection, par laquelle on cherche à localiser le gisement, à connaitre son extension et son évaluation en termes de teneur et tonnage. Cette phase peut entraîner le nettoyage de vastes aires de végétation pour faciliter la circulation des véhicules lourds transportant les installations de forage.
b) Le développement (construction du site minier): si la phase d'exploration prouve l'existence d'un dépôt de minerai assez important et d'une teneur suffisante, le promoteur du projet peut alors commencer à planifier le développement de la mine. Cette phase du projet minier comprend plusieurs composantes distinctes :
    - Construction des routes d'accès,
    - Préparation et déblaiement du site.
c) Exploitation minière active, pouvant être à ciel ouvert ou en mine souterraine.
    Elle peut concerner :
        - ✓ L'exploitation des placers ;
        - ✓ La réouverture des mines inactives ou abandonnées ;
        - ✓ Le retraitement des résidus.
    Pendant cette opération, il se pose le problème d'évacuation des morts terrains et des déchets de roche.
d) Le traitement par extraction, concentration et enrichissement du minerai : il consiste à séparer du reste et récupérer le minerai de valeur recherché.
    Cette opération s'accompagne du problème d'évacuation des résidus.
e) La fermeture de la mine qui peut intervenir suite à l'épuisement du gisement, la chute du court du métal, l'instabilité politique, l'augmentation du coût de production, …
    (La Reine du Chef du canada, 2013)

I.2. TECHNIQUES D'EXPLOITATION MINIERE

Il existe plusieurs techniques d'exploitation minière mais qui peuvent être reparties en quatre grandes familles:

a) L'exploitation en mine à ciel ouvert (MCO ou « open pit ») : elle consiste à exploiter le minerai depuis une excavation créée en surface après avoir enlevé les matériaux stériles qui le surmontent.

On recourt aux MCO pour exploiter des gisements superficiels, situés proches de la surface topographique (généralement entre 0 et 400 m de profondeur). Ces exploitations requièrent généralement des engins de chantier (pelles, roues pelles, draglines, tombereaux, foreuses) et se font par étapes suivantes :

- Le décapage : il s'agit de retirer les terrains situés en surface pour mettre à nu les niveaux à exploiter. On retire ainsi la terre végétale, les roches plus ou moins altérées et les niveaux stériles ;
- L'abattage qui peut être à l'explosif ou même mécanique ;
- La purge : il s'agit de sécuriser le site après les tirs afin de faciliter les étapes suivantes (via des pinces à purger notamment) ;
- Le chargement (simple ou avec transport combiné) : il s'agit de déblayer la zone de tir des roches abattues ;
- Le transport : il s'agit de transporter les diverses roches déblayées vers la zone de traitement (primaire ou secondaire).

Souvent, dans ce type d'exploitation minière, il faudra résoudre continuellement le problème d'exhaure (Florence, 1990 ; Poulard, 2017).

b) L'exploitation en mine souterraine :elle consiste à exploiter le minerai depuis une excavation créée sous la surface du sol, en souterrain, sans avoir à enlever l'intégralité des matériaux stériles (morts-terrains) qui le surmontent.

Les mêmes étapes qu'en ciel ouvert se rencontrent en souterrain et sont complétées par deux phases additionnelles:

- ✓ L'aération forcée pour assurer l'évacuation de toutes les fumées liées aux tirs;
- ✓ Le confortement : il s'agit de sécuriser localement, les ouvrages souterrains les plus sensibles ou les plus utilisés, par boulonnage (pose des boulons pour fixer les éléments rocheux du toit ou des parements) ou gunitage (béton projeté).

Pour les mines souterraines, il faut résoudre le problème d'aérage, d'éclairage et d'exhaure (Poulard, 2017).

c) L'exploitation par dissolution: cette technique est spécifique aux minerais solubles et concerne donc particulièrement les exploitations de sel gemme (notamment en France). Le principe consiste en la création d'un ou plusieurs conduits artificiels (puits ou sondages) à travers les terrains de recouvrement jusqu'au niveau de sel à exploiter. De l'eau douce est injectée à travers ces conduits. Au contact de l'eau, le sel se dissout puis il est extrait vers la surface, sous la forme de mélange aqueux saturé en sel dissout (saumure). La dissolution du gisement crée une, ou un ensemble de, cavité(s) dont la forme, les dimensions et le devenir sont dépendants de la méthode d'exploitation mise en œuvre. Cette technique impose de disposer de la maîtrise foncière des terrains à l'aplomb des zones exploitées (Poulard, 2017).

d) L'exploitation par lixiviation in situ (« in situ leaching » en anglais): à l'aide d'une série de puits injecteurs et producteurs, une circulation de solution lixiviante (souvent de l'acide sulfurique ou du carbonate de soude) est établie, permettant l'attaque du minerai. La solution est, par la suite, récupérée pour la phase de traitement. Cette

technique a une faible emprise en surface et ne crée aucune verse à stérile. Toutefois elle présente un risque de contamination des eaux souterraines (Poulard, 2017).

I.3. TYPES ET METHODES D'EXPLOITATION MINIERES

L'exploitation minière peut concerner un gisement primaire (filonien, stratiforme, amas, dissémination,…) ou même secondaire (alluvionnaires, placers, ou éluvionnaires) ; des rejets miniers ou même la réouverture des mines inactives ou abandonnées et le retraitement des résidus miniers (La Reine du Chef du canada, 2013). Elle peut être :

a) Artisanale (Artisanal Small Mining, ASM, ou Exploitation Minière Artisanale et à Petite Echelle, EMAPE) : c'est un type d'exploitation minière impliquant des mineurs individuels ou de petites entreprises au capital et à la production limités.Au sens large, elle est définie comme *une exploitation minière informelle menée par des individus, groupes, familles ou coopératives qui utilisent des processus rudimentaires pour extraire des minéraux ou des pierres précieuses, souvent sans ou avec très peu de mécanisation*(Seydou, 2001). Et selon l'Organisation Internationale du Travail, l'extraction minière artisanale et à petite échelle se caractérise par l'ensemble d'activités à haute intensité de main-d'œuvre, menées en ayant peu recours à des machines » (Jennings, 1999).
   L'essentiel de cette exploitation reste informelle et se caractérise par : le manque ou le degré de mécanisation très réduit, ce qui fait que la grande partie du travail est faite à la main ; un faible niveau de sécurité et de santé au travail ; l'absence de sécurité sociale ; la prise en compte insuffisante des questions environnementales ; une qualification insuffisante du personnel à tous les niveaux de l'opération ; une inefficacité dans l'exploitation et le traitement de la production minérale (faible rendement de récupération) ; une exploitation de gisements marginaux et / ou très petits, qui ne sont pas économiquementexploitables par extraction mécanisée ; un faible niveau de productivité; des petits salaires et faibles revenus ; l'exploitation périodique, en fonction de l'évolution des prix du marché ; le manque chronique de fonds de roulement et de capital d'investissement ;l'absence de titres légaux ; de fortes présences d'enfants et de femmes, surtout dans lesmines d'extraction et autour des puits pour ce qui concerne les enfants ;…(Reuben, 2015; Patience et Kady, 2018).

b) Semi industrielle :c'est un type intermédiaire entre celle artisanale et celle industrielle. Selon le deuxième séminaire sur la promotion des petites exploitations minières tenu à Niamey du 5 au 9 Novembre 1990, *la petite mine est une exploitation minière de petite taille, permanente, possédant un minimum d'installations fixes, utilisant dans les règles de l'art, des procédés semi industriels ou industriels et fondée sur la mise en évidence préalable d'un gisement* (Seydou, 2001). Au Burkina Faso, elle se définit comme *une exploitation de petite taille possédant un minimum d'installations fixes, utilisant, dans les règles de l'art, des procédés semi-industriels ou industriels et fondé sur la mise en évidence d'un gisement.*

Et en RDC, on procède à une exploitation à petite échelle lorsque les conditions techniques caractérisant certains gisements des substances minérales ne permettent pas d'en faire une exploitation à grande échelle économiquement rentable, mais permettent une exploitation minière de petite taille avec un minimum d'installations fixes utilisant des procédés semi-industriels ou industriels ; elle se fait donc après les travaux de recherche du gisement (CAMI, 2018). Elle est donc partiellement mécanisée et partiellement manuelle.

c) Industrielle :c'est un type d'exploitation faisant usage de la machinerie uniquement, tout est mécanisé. En outre, elle exploite tous les minerais, même de gisements profonds. Elle est bien structurée et s'efforce de se conformer aux normes en vigueur, dans un pays, sur les mines. Elle ne se pratique qu'après une étude approfondie permettant de circonscrire le gisement et de déterminer la rentabilité économique du gisement (Seydou, 2001).

I.4. IMPACTS DES EXPLOITATIONS MINIERES

Du début jusqu'à la fin, les travaux miniers s'accompagnent d'importants dégâts (Gertrude, 2013). Ces impacts touchent l'environnement, la santé et la sécurité humaine, l'aspect sociopolitique et même le changement climatique (USAID, 2017 ; Mathilda, 2013).

I.4.1. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

Les impacts des exploitations minières sur l'environnement sont nombreux et touchent directement les ressources terrestres, l'eau et l'air.

a) Impacts sur les ressources terrestres : pollution (contamination), dégradation…
En effet, l'exploitation minière entraine le déboisement. Cela réduit l'infiltration, augmente le ruissellement et amplifie le vent. Tout ça peut avoir pour conséquence l'érosion de la couche arable, ce qui rend la terre défrichée moins fertile pour les cultures et plus difficile à revégétaliser avec la flore et la faune indigènes.
La couche arable peut également être perdue si elle n'est pas enlevée séparément lorsque la mine est creusée, car le mélange de la terre végétale avec des saletés rocheuses et moins fertiles, provenant de l'excavation, entraînera une mauvaise qualité du sol (Ousmane, 2013).

Aussi, les glissements de terrain peuvent survenir lorsque le sol est déjà dénudé par les activités minières car, étant déjà débarrassé de la végétation, il n'y a plus de racines pour retenir le sol durant les fortes pluies. Ces glissements peuvent remplir la mine de boue, bloquer les rivières et les ruisseaux, ou blesser les personnes et le bétail. L'autre problème à signaler est la contamination chimique du sol pouvant provenir soit de l'usage des produits chimiques, comme le mercure ou le cyanure, dans les exploitations minières pour aider à la récupération des ressources. En effet, le mercure est combiné avec de l'or pour l'extraire de sa matrice et après quoi l'excès de mercure est éliminé par chauffage sur une flamme, provoquant son évaporation dans l'air. Il

peut être déposé sur le sol ou dans les cours d'eau où il affecte la croissance des cultures, s'accumule dans le poisson ou d'autres animaux qui peuvent être consommés par les humains ou se retrouver dans l'eau potable pour les communautés en aval de la mine. Quant au cyanure, utilisé pour dissoudre l'or, il a aussi des impacts négatifs sur la santé, mais se décompose naturellement dansl'environnement (Environmental Law Alliance Worldwide, 2010 ; O'Neill et Telmer, 2017). La contamination chimique du sol peut également provenir directement des roches extraites de la mine. En effet, certaines roches, lorsqu'elles sont exposées à l'air et à l'eau, vont s'évaporer, provoquant l'acidification du sol avec lequel elles entrent en contact ; et l'eau, en s'infiltrant dans le sol devient acide et provoque la lixiviation des métaux lourds dans le sol, le contaminant ainsi que les cultures qui pourraient y être cultivées à l'avenir : cette altération s'appelle le drainage rocheux acide qui peut perdurer même après la fermeture de la mine (USAID, 2017).

Les exploitations minières peuvent également contribuer à la perte de biodiversité sur les terres où elles sont pratiquées. En effet, le défrichement des forêts et d'autres couvertures naturelles détruit les habitats pour les espèces indigènes, et si le sol n'est pas assez fertile ou si la terre n'a pas conservé d'autres propriétés structurelles nécessaires au reboisement, ces écosystèmes et espèces peuvent être localement perdus. Aussi, la contamination chimique du sol et de l'eau peut nuire aux espèces indigènes de plantes, d'animaux et d'insectes, réduisant ainsi la biodiversité. Enfin, l'afflux de mineurs dans la région peut entraîner une extraction non durable des ressources biologiques (chasse excessive, surpêche, surexploitation des produits forestiers ligneux et non ligneux, etc.) autour de la communauté minière (Mathilda, 2013 ; Mônica, 2004).

Et lorsqu'une mine est abandonnée, elle devient un danger pour la faune et les humains, car tomber dedans peut entraîner des blessures ou la mort. Si la fosse se remplit partiellement d'eau, elle devient un danger de noyade et un réservoir des moustiques pouvant contribuer à la propagation des maladies. Les galeries des mines abandonnées peuvent également se remplir d'eau, devenir plus susceptibles de s'effondrer avec le temps et contenir des gaz dangereux qui peuvent asphyxier ou empoisonner les personnes ou les animaux qui y entrent. L'eau des structures minières abandonnées peut également devenir acide ou contaminée par le mercure, selon l'endroit, ce qui présente un danger pour le bétail ou la faune si elle l'utilise comme source d'eau potable (USAID, 2017).

b) Impacts sur l'eau

Ils sont causés par :

- Le drainage d'acide minier et la lixiviation des contaminants ;
- L'érosion des sols et des déchets miniers dans les eaux de surface ;
- L'infiltration des eaux des basins de décantation des résidus, des déchets de roche, de la lixiviation en tas et des installations de stockage de lixiviats ;
- L'exhaure des mines et le lavage des minerais.

Cela peut entrainer des conséquences multiples comme la destruction des écosystèmes naturels du lit, l'endiguement du cours d'eau, la modification du flux de l'eau, l'érosion des berges du cours d'eau dans de nouveaux endroits, l'altération grave de la qualité d'eau par les particules de roche en suspension et les produits chimiques utilisés et /ou lessivés (Katemo et al, 2010 ; USAID, 2017 ; Silvaine, 2012 ; Mazalto, 2019).

c) Impacts sur la qualité de l'air
Ils sont dus :
   - Auxparticules des matières transportées par le vent sur le lieu d'abattage, de traitement, d'entreposage des terrils,…;
   - Auxgaz provenant de la combustion de carburants.

d) Changement climatique et impacts environnementaux :
Les impacts environnementaux des exploitations minières peuvent être exacerbés par le changement climatique indirectement et directement et à long terme. Ces impacts varieront également d'une région à l'autre.

I.4.2. IMPACTS SUR LA SANTE HUMAINE ET LA SECURITE

Les risques sur la santé humaine et la sécurité les plus importants sont ceux biomécaniques et les blessures physiques ; le travail dans des espaces confinés suivi d'effets chimiques, biologiques et psychosociaux aggravés par une pauvreté extrême (OMS, 2017). Une attention particulière est également accordée aux risques professionnels différentiels associés aux enfants et aux femmes les plus vulnérables (USAID, 2017). Ces risques proviennent de :

a) L'exposition physique et biochimique : la chaleur, le bruit, les poussières et les vibrations sont des expositions courantes attribuables aux exploitations minières. Elles peuvent entrainer le stress, différentes maladies cutanées, pulmonaires, …
b) Dangers structurels des mines : ils sont liés au fait que les mines peuvent prendre la forme de tunnels, de fosses ou d'autres espaces confinés. Ces dangers peuvent entraîner des blessures graves et des décès.
c) Dangers chimiques : ils sont associés à l'utilisation non réglementée des produits chimiques dans les travaux d'exploitation minière. Ces produits chimiques vont alors faire leur chemin entre l'environnement et le corps des individus. Parmi eux, il y a le mercure, la silice, l'arsenic, le cyanure de sodium, le plomb, les gaz toxiques,…
(O'Neill et Telmer, 2017).
d) Dangers biologiques : le VIH/SIDA, d'autres infections sexuellement transmissibles, la tuberculose, le choléra et d'autres maladies d'origine hydrique, et les maladies à transmission vectorielle peuvent être trouvées dans les communautés minières ou exacerbées par les activités minières.
e) Changement climatique, santé humaine et sécurité : le changement climatique peut amplifier un certain nombre d'impacts sur la santé humaine et la sécurité en fonction de l'échelle de temps et de la région. L'augmentation des températures peut aggraver l'exposition physique à la chaleur que les mineurs peuvent déjà ressentir lorsqu'ils

travaillent dans des mines mal ventilées. Des précipitations excessives peuvent exacerber les risques structurels potentiels dans les mines en affaiblissant les parois des tunnels ou en remplissant les fosses d'eaux de crue. Les conditions de sécheresse peuvent également aggraver les conditions poussiéreuses de la construction des routes, de l'excavation des mines ou du dynamitage des mines, avec des implications sur la santé respiratoire. À long terme, les conditions climatiques changeantes peuvent également mener à l'insécurité alimentaire ou à la famine, entraînant des changements démographiques au fur et à mesure que les individus et les familles recherchent des moyens de subsistance alternatifs ou se déplacent entièrement vers de nouvelles régions.

I.4.3. IMPACTS SOCIOPOLOTIQUES

Les exploitations minières peuvent provoquer ou exacerber une variété de complexités sociopolitiques, allant de la main d'œuvre au genre en passant par les conflits politiques. En effet, les exploitations minières peuvent entrainer le déplacement humain et la réinstallation, des migrations ; la perte d'accès à l'eau potable, l'impact sur les moyens d'existence et les ressources culturelles et esthétiques. Et lorsque cette exploitation est artisanale, les impacts sont notables (La Reine du Chef du canada, 2013).

Le travail est parfois mené comme une entreprise familiale et, à ce titre, les femmes et les enfants jouent un rôle important dans ce secteur. Les hommes travaillent principalement dans les mines, tandis que les femmes et les enfants travaillent à la fois dans les mines et dans les communautés environnantes, ainsi que dans le ménage ; ce qui nécessite un équilibre entre les responsabilités minières et domestiques. Toutefois, lorsque les conjoints ou les membres de la famille sont malades ou que leur capacité de travailler est diminuée, un membre de la famille «en bonne santé» doit travailler plus fort pour payer les frais de subsistance normaux en plus des frais de santé. On y assiste aussi au travail forcé et à l'esclavage (USAID, 2017; Sara, 2010, 2013).
Ces exploitations minières peuvent entrainer des conflits fonciers, des tensions sociales, des conflits armés et d'usage et même des guerres.

I.4.4. IMPACTS SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les exploitations minières contribuent au changement climatique du fait qu'elles entrainent le déboisement qui cause la diminution voire même la perte d'absorption du CO_2par les forêts et la végétation qui ont été abattues ; il y a aussi émission d'une grande quantité de CO_2 par les machines lors du transport et de la transformation du minerai en métal (Environmental Law Alliance Worldwide, 2010). De même, le changement climatique affecte les exploitations minières en aggravant des situations déjà critiques comme les inondations, la sécheresse, les mouvements de masse, les conditions de travail…Et ces dégâts, si rien n'est fait, s'amplifient lorsque la mine ferme (Bruno, 2017).

Dans le cadre de ce mémoire, ce sont les impacts socio-environnementaux qui seront étudiés.

I.5. CADRE LEGAL ET INSTITUTIONNEL DES EXPLOITATIONS MINIERES EN RDC

Le secteur minier congolais est actuellement régi par la « Loi n° 007/2002 du 11 juillet 2002 portant Code Minier » telle que modifiée et complétée par la « Loi n° 018/001 du 09 mars 2018 » et ses mesures d'application. Ce code s'appuie sur les dispositifs de la constitution du 20 janvier 2011 et les principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement du 09 juillet 2011. Il est ensuite complété par le règlement minier du 08 juin 2018. Tous ces textes essayent de réglementer le secteur minier afin de le rendre, tant soit peu, respectueux de l'environnement.

En effet, la constitution de la RDC, en ses articles 53, 123 (alinéas 15) et 203 (alinéas 18), stipule que l'Etat doit veiller à la protection de l'environnement. Le code minier quant à lui, en son article 26 (alinéa 1er), parle de l'éligibilité à l'exploitation minière artisanale. Son article 46 quant à lui exige une instruction environnementale et sociale avant tout travail minier (EIE, PGES et PAR). De l'article 109 à 114, ce code établit et définit une zone d'exploitation artisanale (ZEA) et les modalités de son exploitation. Il montre à son article 111 que seules les coopératives peuvent disposer de ZEA. Son article 112 montre l'obligation de respecter les normes sécuritaires, hygiéniques et environnementales pendant l'exploitation minière artisanale. L'article 285 montre que chacun est responsable des dommages survenus dans sa concession minière et est tenu de les réparer.

Le règlement minier vient alors donner les modalités d'applications du code minier. A son article 148, il détaille les modalités d'obtention du permis d'exploitation par l'établissement et le dépôt préalable de l'EIE et du PGEP ; et l'article 180 montre que le renouvellement du permis d'exploitation est conditionné par une nouvelle EIE et un nouveau PGEP. Selon son article 190, même l'exploitation des rejets est conditionnée à l'établissement et le dépôt de l'EIE et du PGEP. L'article 331 parle de l'instruction environnementale et sociale et les articles 413,414 et 415 passent en revue les obligations environnementales et sociales des titulaires de droits miniers et de carrières. Quant aux articles 430 à 439, ils définissent les modalités d'établissement du PAR et 450 à 465 épinglent celles relatives à l'EIES et au PGEP. Les modalités de fermeture des activités minières sont données aux articles 472 à 476. Le même règlement détaille, à son article 477, comment le titulaire du droit minier doit entretenir les relations avec les communautés locales et conserver les éléments du patrimoine culturel selon les modalités de l'article 489. En dernier lieu, l'article 492 montre comment le titulaire du droit minier doit respecter et faire respecter les normes de sécurité, d'hygiène et de protection des travailleurs.

Certaines de ces lois sont suivies à Rubaya mais beaucoup souffrent d'application, d'où beaucoup d'impacts environnementaux.

Sur le plan institutionnel, le ministre national chargé des mines assume la responsabilité de veiller au strict respect du code minier. L'administration des Mines comprend le Secrétariat général, les directions, les divisions et autres services administratifs du ministère en charge

des mines, y compris ceux qui interviennent dans l'administration du Code minier et de toutes ses mesures d'application. Ils sont régis conformément aux textes légaux et réglementaires en vigueur relatifs à l'Administration publique (Règlement minier de la RDC, du 08 juin 2018).

Les directions techniques qui interviennent dans le processus de l'octroi des droits miniers et/ou de carrières sont :
La Direction de Géologie,
La Direction des Mines ;
La Direction de Protection de l'Environnement Minier et la Direction des Carrières.

En plus des directions techniques, il y a des services techniques spécialisés qui sont :
La Cellule Technique de Coordination et de Planification Minière, «C.T.C.P.M.» ;
Le Centre d'Evaluation, d'Expertise et de Certification des substances minérales précieuses et semi-précieuses, « CEEC » ;
Le Service d'Assistance et d'Encadrement de l'Exploitation Minière Artisanale et à Petite échelle, " SAEMAPE" ;
Le Cadastre Minier, "CAMI" ;
Le Service Géologique National du Congo, "SGNC".

L'article 11 du règlement minier du 08 juin 2018 précise le rôle de la Direction de Protection de l'Environnement Minier.Quant à l'article 14 quinquies du même règlement dévoile le rôle du Service d'Assistance et d'Encadrement de l'Exploitation Minière Artisanale et à Petite Echelle, « SAEMAPE ».

C'est avec la SAEMAPE que nous avons travaillé sur terrain, à Rubaya.

CHAPITRE II : MILIEU D'ETUDE, MATERIELS ET METHODES

II.1. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE : RUBAYA

II.1.1. CADRE GEOGRAPHIQUE

II.1.1.1. LOCALISATION DE RUBAYA

Rubaya est une cité située à l'Est de la République Démocratique du Congo, en province du Nord Kivu, territoire de Masisi, chefferie de Bahunde, groupement de Mupfunyi-Matanda. Cette partie de la RDC est située à l'Ouest de la branche occidentale du rift Est-africain, dans la partie du horst, entre les points de coordonnées géographique 28,86°E et 28,9° E de longitude et 1,53° S et 1,59°S de latitude (Figure 1).

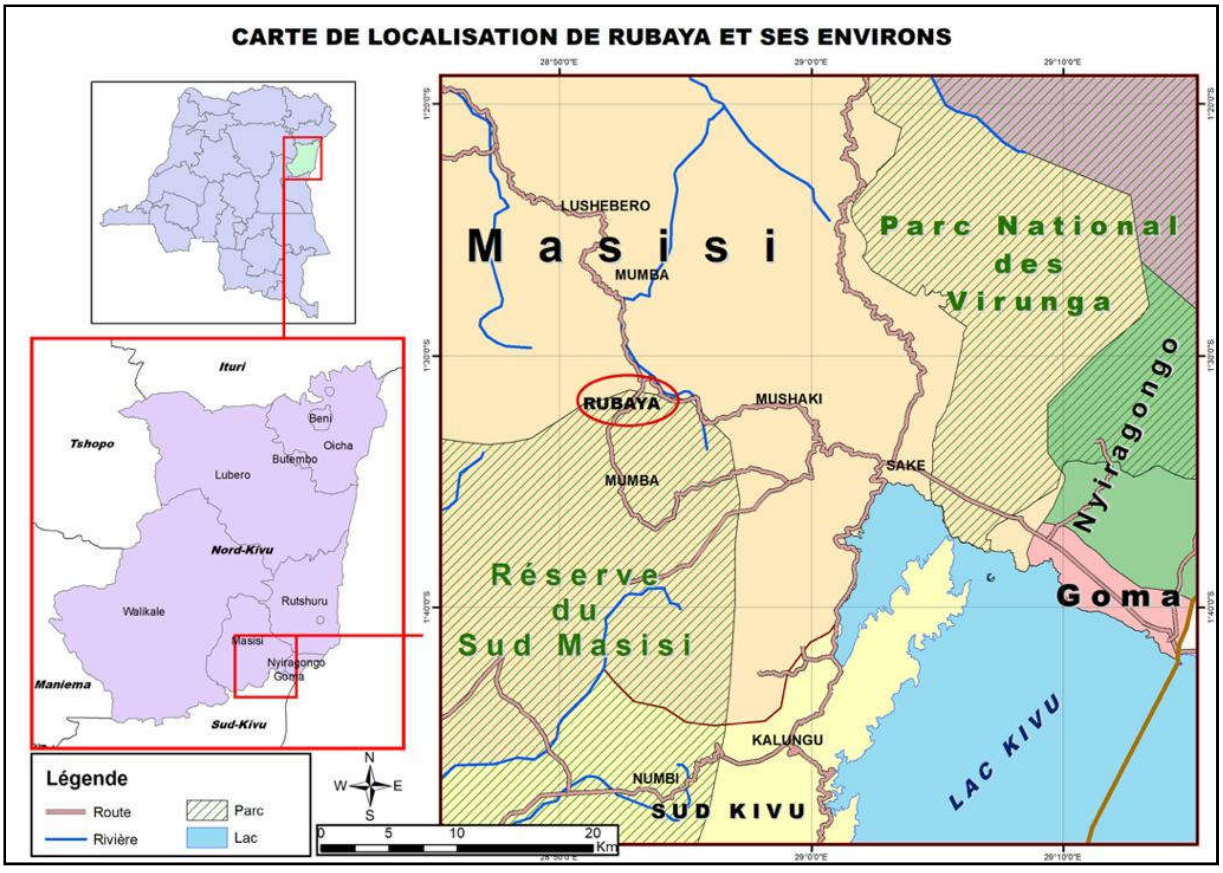


Figure 1: Localisation de Rubaya (https://alfajiri1.wordpress.com/2012/11/21/rdc-prise-de-goma-et-apres/)

II.1.1.2. CLIMAT

Le climat de Rubaya est essentiellement déterminé par sa position géographique par rapport à l'équateur. En effet, la cité de Rubaya est située, comme tout le territoire de Masisi, au sud de l'équateur, dans la zone intertropicale. Son climat est donc tropical humide, influencé par l'altitude et connait deux saisons : la saison sèche et la saison des pluies. La saison sèche va

de juillet à août, par contre la saison des pluies va de septembre à décembre. Les autres mois peuvent être caractérisés soit par la pluie, soit par la sècheresse, notamment la sécheresse du mois de janvier et les pluies de février. La température varie avec l'altitude et la moyenne du secteur est de 20°C à 1400m d'altitude, de 17°C à 1800m d'altitude et de 15°C dans les régions de 2650m d'altitude. Les précipitations annuelles, réparties entre ces deux saisons, varient entre 800 et 1600mm. Le diagramme climatique de Masisi auquel appartient Rubaya précise la pluviométrie moyenne mensuelle, la température moyenne mensuelle et le nombre de jours de pluie par mois (Figure 2).

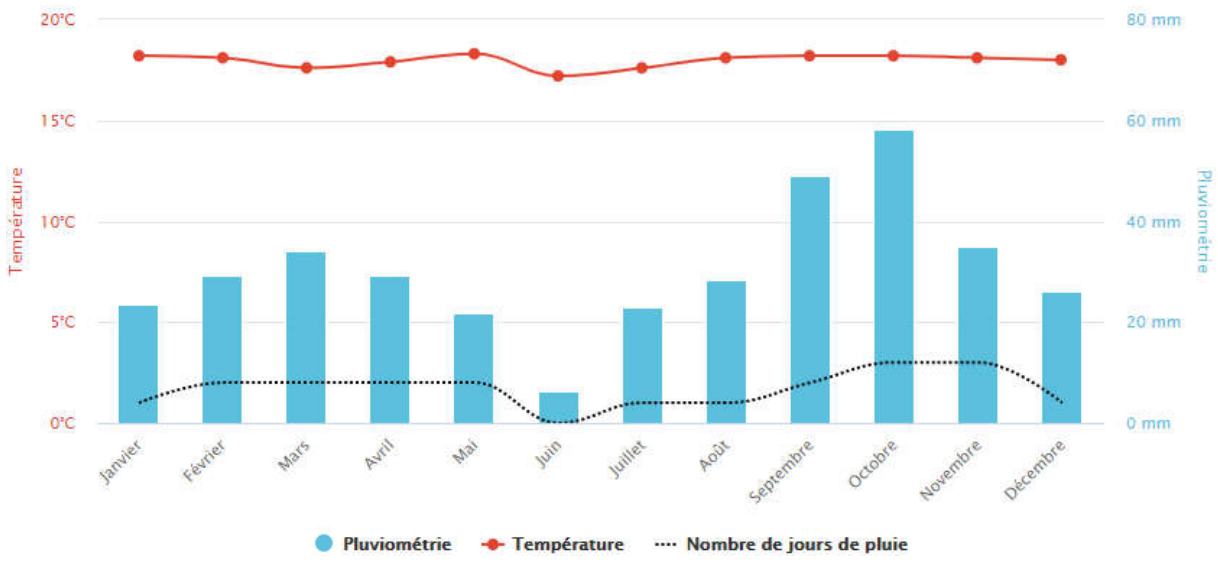


Figure 2: Diagramme climatique de Masisi*(https://planificateur.a-contresens.net/afrique/republique_democratique_du_congo/province_du_nord_kivu/masisi/209477.html)*

II.1.1.3. HYDROGRAPHIE

Le réseau hydrographique de Rubaya est dense, ce qui témoigne d'un substratum imperméable. Il est fait des sources, ruisseaux, des rivières longeant les vallées. Parmi ces rivières, on note :

- Mumba, principale collecteur des tous les cours d'eau situés à l'Ouest des exploitations minières de Rubaya et traverse la cité de Rubaya, du Sud vers le Nord avant de se jeter dans la rivière Osso. Parmi ses affluents, on note Mambuya, Bishiga, Kasembe, Kumatofali, Kashovu, Kasoko1, Kasoko2, Kanyenzuki, Kashusha,…
- Nyagisenyi, collecteur des cours d'eau du flanc Est des exploitations minières de Rubaya et se jette dans la rivière Osso qui, elle aussi, est le prolongement de la rivière Rushoga. Parmi ses affluents, il y a Karinzi, Gasumo, Ishanga, Kabingo,…

Ces deux rivières drainent, vers la rivière Osso, les eaux usées chargées des rejets miniers venant des mines de Rubaya. Leur turbidité et leur degré de pollution sont considérables. Et les autres cours d'eau, eux aussi, présentent une turbidité plus ou moins élevée leur conférée par les terres érodées sur les flancs des montagnes et le long de leurs lits.

Bishiga, Kasembe, Kumatofali, Kasoko1, Kasoko2, Kanyenzuki, Kashusha, Gasumo, Kabingo et Rushoga ne sont pas touchées par les exploitations minières ; les autres le sont.

II.1.1.4. RELIEF

Le secteur de Rubaya présente un relief accidenté, à modelé essentiellement collinaire, héritage de la tectonique et de l'orogénèse qui ont affecté la région depuis le précambrien. Les pentes sont longues et raides. Certains sommets atteignent plus de 2400 m d'altitude et la majorité de sommets ont une altitude moyenne autour de 1850 m. Ce relief est principalement formé de hautes montagnes, de plateaux, de collines et de vallées. Certaines vallées sont entaillées, en V, d'autres sont larges, en U ; sèches ou humide. Ses paysages sont multiples et complexes et sont en perpétuel évolution et changent en d'autres. Plusieurs facteurs géomorphologiques, climatiques et anthropiques justifient ce dynamisme et cette diversité. Parmi eux, on note la valeur et la longueur de la pente, l'altitude, l'âge, la nature du sol et son occupation, les précipitations, le couvert végétal,… (Figure3).



Figure 3: Image du relief de Rubaya

II.1.1.5. SOL

Le territoire de Masisi, auquel appartient Rubaya, est caractérisé par un sol, en grande partie, argileux, jaunâtre, rougeâtre ou noirâtre, provenant de l'altération d'anciennes roches schisteuses et qui est riche en humus. Ce sol devient, à certains endroits, argilo-sableux et parfois limoneux. Il est surmonté par une formation volcano-sédimentaire faite essentiellement de la cinérite tassée très fertile (www.congo-autrement.com/page/territoire-de-la-rdc/territoire-demasisi-nord-kivu.html). Le sol de Rubaya, volcano-sédimentaire, est non cohésive et très exposé à l'érosion qui emporte des terres en appauvrissant ainsi le sol et augmentant la turbidité des cours d'eau en aval.

II.1.1.6. VEGETATION

La végétation de Rubaya varie en fonction du climat et de l'altitude. Elle est dominée par des savanes herbeuses faites des pâturages, quelques boisements d'eucalyptus, et une forêt de montagne qui, d'ailleurs, disparait progressivement suite à l'accroissement démographique

ainsi qu'aux activités champêtres et minières (*https://www.congo-autrement.com/page/territoire-de-la-rdc/territoire-de-masisi-nord-kivu.html*). Outre cela, différentes cultures (pomme de terre, haricot, sorgho, et quelques bananeraies) constituent la couverture du sol de Rubaya.

II.1.1.7. POPULATION ET ACTIVITES

La population de Rubaya est estimée à 35205 habitants (Base de données de la population des zones de santé de la province du Nord Kivu). Cette cité cosmopolite connait un afflux important de gens venant profiter des opportunités qu'offrent les exploitations minières artisanales qui s'y font. Les hommes braves et les jeunes vigoureux s'adonnent aux travaux lourds dans la mine (faire la découverture, excaver les puits ; abattre, transporter et laver les minerais ; entretenir la mine) tandis que les femmes s'occupent surtout du transport et de la séparation des minerais des impuretés, de la vente des boissons et des aliments dans la mine. Hommes et femmes, jeunes et vieux achètent et vendent le minerais soit brut, soit traité. Environ 5.000 exploitants miniers artisanaux travaillent à Rubaya (COOPERAMMA, 2017). Avec l'exploitation des minerais qui attire beaucoup de monde, l'agglomération de Rubaya est devenue un grand centre de négoce avec le statut de cité qui, avec l'effectivité de la décentralisation est comptée parmi les futures communes rurales du Nord Kivu.

A part les exploitations minières, différents types de commerce (restaurant, alimentation, buvette, équipements liés aux exploitations minières, maison d'habillement, friperie, salon de coiffure, taxis-motos, vente de bois et des planches de soutènement des galeries, quincaillerie, immobilier, hôtellerie,...) se portent bien dans la cité et même dans les mines et se font par les hommes, les femmes, les jeunes et les vieux. L'agriculture et l'élevage, quoi que menacées par les exploitations minières, occupent, autour des mines, une grande partie de la population autochtone. Ces mines, associées à l'expansion de la cité, ne font qu'amincir les champs et les pâturages qui, d'ailleurs, sont déjà insuffisant part rapport à l'explosion démographique dans la cité de Rubaya. On y cultive surtout la pomme de terre, le sorgho, le haricot et la bananeraie. L'élevage, quant à elle, est bovin, ovin, caprin et la volaille.

II.1.2. CADRE GEOLOGIQUE

II.1.2.1. ENCAISSANT DE LA MINERALISATION DE RUBAYA

L'encaissant des minéralisations de Masisi est Kibaro-burundien. Géologiquement, la chaine Kibaro-burundienne a été envahie par des intrusions magmatiques basiques dioritiques et doléritiques, des intrusions magmatiques acides faites de granite post-orogénique et de la pegmatite tardive. Son soubassement est constitué essentiellement de quartzite, gneiss, micaschiste, de quartzo-phyllade et d'amphibolite. Les roches dominantes sont essentiellement métamorphiques (Thoreau& Chen, 1943).

Ce socle, plissé, vieux de plus de 1200 millions d'années, affleure le long des rivières, des talus des routes, des parcelles et le long des puits des mines. De la base au sommet, à Rubaya,

il est formé de quartzite surmonté de schiste graphiteux, méta-conglomérat, schiste à chlorite, saprolite et le tout est recouvert par un épais horizon d'argile couverte de cinérite (Mudahera, 2015). La pegmatite, mise en place à la faveur des granites de Hango et de Sula, est encaissée dans les schistes (BRGM, 1974). Cette géologie de Rubaya manifeste des traits communs à ceux du d'autres partie de la province du Nord Kivu (Figure 4).

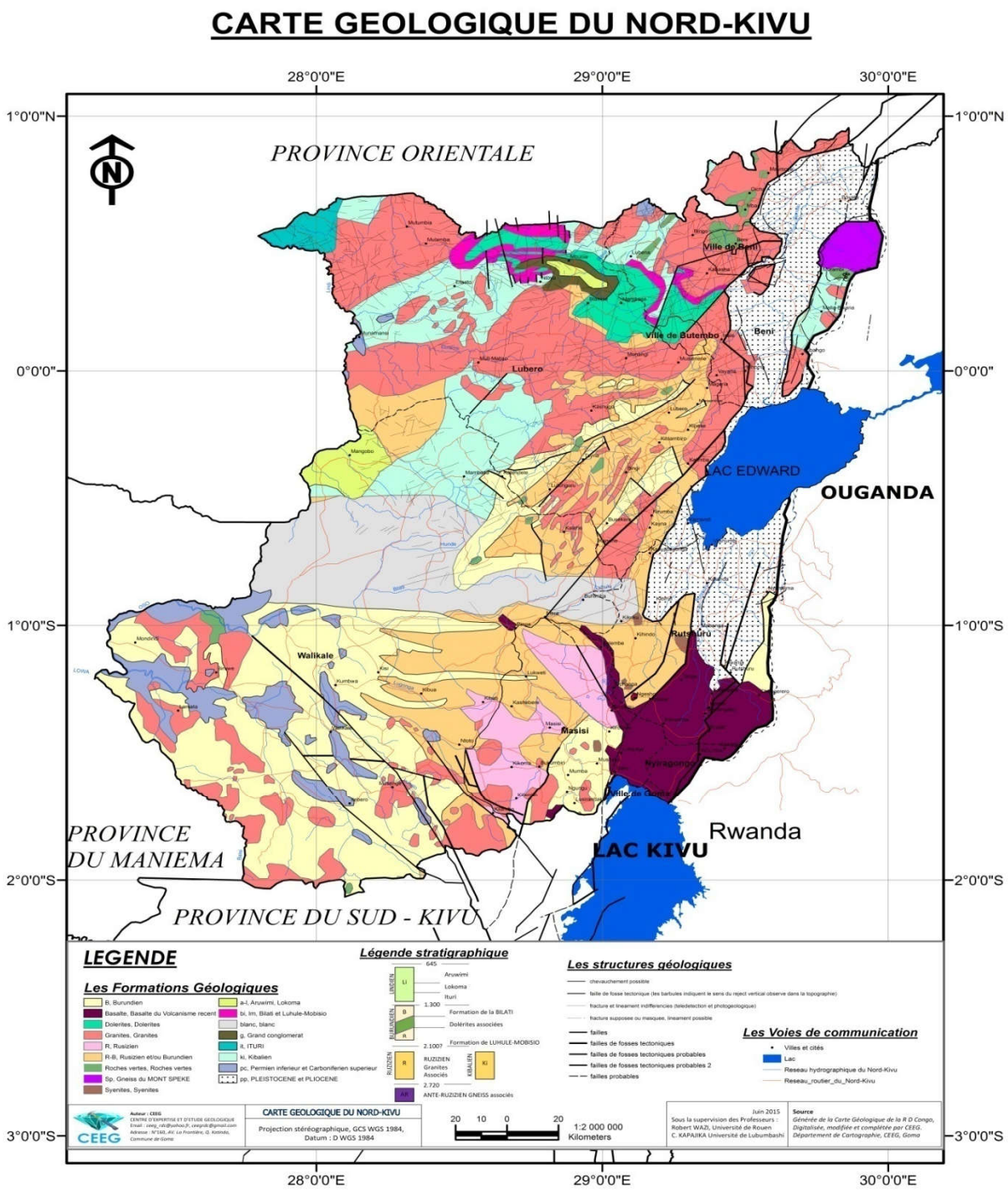


Figure 4: Carte géologique du Nord Kivu (CEEG, 2015)

Dans les mines où nous avons eu à concentrer nos recherches, on y trouve du schiste ardoisier très altéré percé par une intrusion de pegmatite altérée. C'est cette pegmatite, zonaire autour du granite de Hango, qui est minéralisée (Figure5). Des filons de quartz traversent et les schistes et la pegmatite. Toutes ces formations géologiques sont recouvertes par la saprolite, l'argile puis la cinérite. Par endroit, cette argile atteint 15 à 25 mètres et la cinérite 2 à 5 mètres.

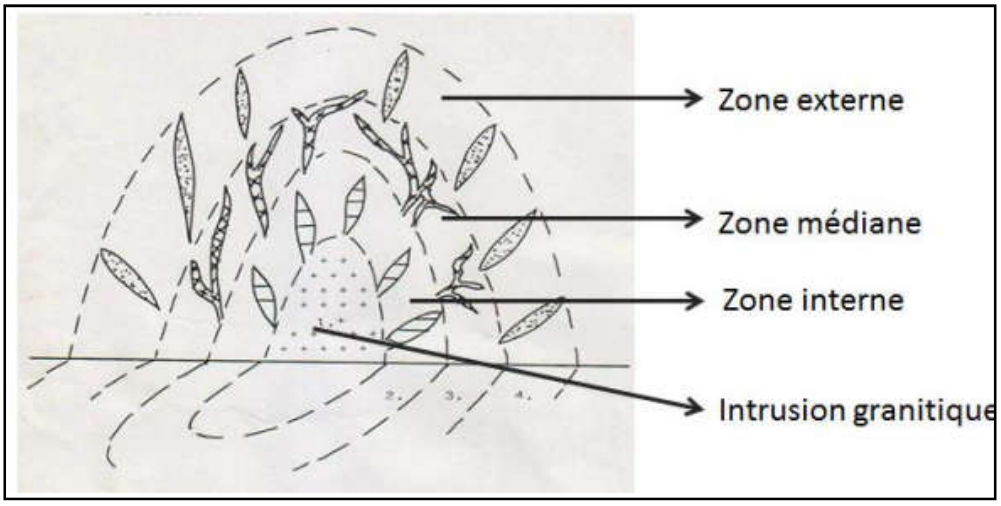


Figure 5: Zonation de la pegmatite (Cahen, 1954)

II.1.2.2. MINERALISATION DE RUBAYA

La minéralisation de Masisi, en général, est liée à sa géologie et à son évolution dans le temps. L'histoire renseigne que la géologie des terrains à l'Ouest du Lac Kivu, auxquels appartiennent Masisi et plus particulièrement Rubaya, est fortement liée à l'ouverture et à l'évolution du rift Est-Africain. Cette région a subi plusieurs phases orogéniques suivie d'une granitisation et d'une pegmatitisation. Cette minéralisation s'étend jusqu'à Nyabibwe, en territoire de Kalehe/ Sud Kivu (Figure 6). Quant à la minéralisation de Rubaya, elle est liée à la pegmatite péribatholitique. Cette pegmatite est constituée de quartz, feldspaths et micas qui ont de grandes tailles, centimétriques à décimétriques. En plus de ces constituants courants, on y rencontre parfois le béryl, la tourmaline noire, l'apatite, le grenat et des minéraux occasionnels comme la tourmaline colorée, le chrysobéryl, la topaze, le lépidolite, le spodumène, le zircon, la cassitérite, le coltan, le wolframite, la monazite, l'amblygonite, la fluorine, la cryolite...très appréciés par les exploitants miniers du secteur. Le coltan, la cassitérite et la tourmaline sont rencontrés dans les gisements de Rubaya (COOPERAMMA, 2017).

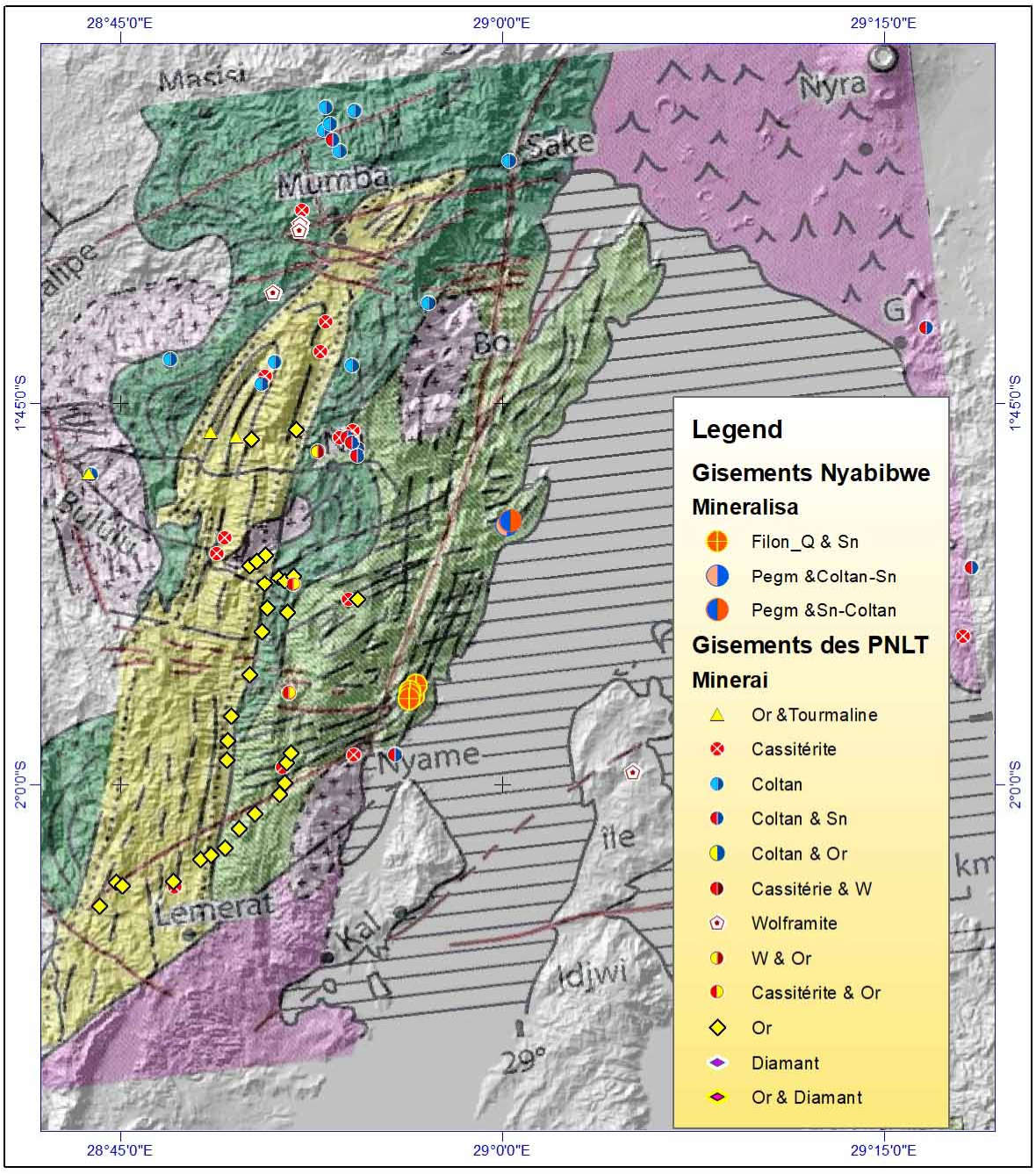


Figure 6: Déformations géologiques et minéralisation de la partie Nord Ouest du lac Kivu(Villeneuve & Chorowicz, 2004, modifié et complétée par Nahimana, 2020)

II.1.2.3. EXPLOITATION MINIERE A RUBAYA

Actuellement, l'exploitation minière de Rubaya se fait de manière artisanale dans le PE 76 de la SAKIMA et le PE 4731 de la SMB qui travaille avec la COOPERAMMA (ITIE_RDC, 2019 ; *https://www.smb-sarl.com/fr/accueil/*). Elle concerne le coltan, la cassitérite et la tourmaline (Ministère des Mines, 2015).

Elle se fait dans plusieurs sites dont D3 Bibatama, D2 Bibatama, D2 Mataba, D4 Gakombe, Luwowo, Gasasa, Bundjali et Koyi (Figure7).
D2 Bibatama n'est pas opérationnel depuis 2019 suite au problème financier de SMB ; D3 Bibatama et D2 Mataba travaillent au ralenti depuis 2019 suite aux problèmes techniques (éboulements, instabilité) et à Gasasa les activités sont suspendues suite aux éboulements.

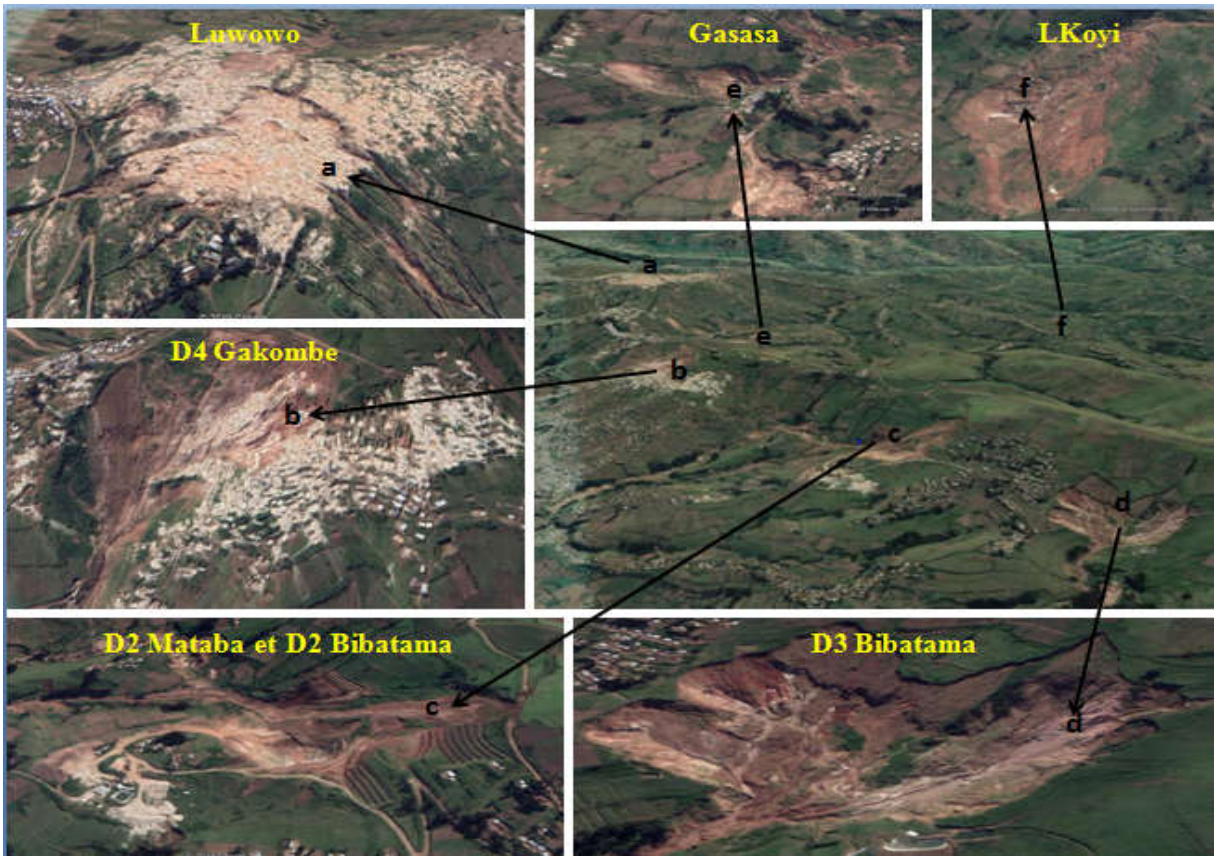


Figure 7: Images Google Earth des sites miniers de Rubaya

L'exploitation minière dans des sites à gisement primaire, artisanale, se fait en mines souterraines (puits) et/ou à ciel ouvert tandis que celle dans des sites à gisement secondaire (rejets miniers) se fait dans le lit vif des rivières en amont des mines à gisement primaire. Elle utilise des outils rudimentaires comme des bêches, des pioches, des barres à mine, des masses (marteaux),… Les galeries, exigües, sont soutenues par les bois, l'éclairage est assuré par des torches et l'aération est faite par moteurs d'aération. De fois, l'abattage est hydro-gravimétrique. Les rejets miniers et les eaux usées venant des laveries et des mines sont directement déversées dans le réseau hydrographique sans traitement préalable.

Le processus d'exploitation minière et du traitement des minerais dans ces sites suit des étapes successives : abattage du minerai (a), transport vers la laverie, débourbage (« Kinamba ») (b), traitement par sluices (« Prosoma ») (c), première séparation magnétique (aimant) (d), séchage au soleil ou au feu (e et f), deuxième séparation magnétique (Figure8). Depuis la laverie jusqu'à l'exportation, le minerai doit suivre la traçabilité par l'appose de tags.



Figure 8: Etapes d'exploitation et du traitement des minerais de Rubaya

II.2. MATERIELSUTILISES

La réalisation de ce travail a requis l'utilisation de certains matériels de terrain, de bureau et de laboratoire.

Sur terrain, nous avons fait usage de:

- Un carnet de terrain et un stylo pour la prise des notes ;
- Questionnaires d'enquêteset de focus groups pour collecter des données et informations auprès de différents groupes cibles interviewés (annexes 1, 2, 3 et 4);
- Un appareil photo numérique de marque « canon » pour la prise d'images ;
- Un GPS Garmin pour le lever des coordonnées géographiques (longitude, latitude et altitude) des stations étudiées;
- Une sonde multi-paramètres « YSI Professional Series » pour mesurer les paramètres physico-chimiques (température, pression, oxygène dissous, conductivité spécifique et pH).
- Des petits bidons de un litre chacun pour l'emballage de nos échantillons.

Au bureau, nous avons eu à utiliser un ordinateur pour le traitement des données de terrain et leur saisie. Pour cela, nous avons utilisés des logiciels Word et Powerpoint pour la bureautique ; Excel pour les graphiques et tableau ; Google Earth et ArcGIS pour avoir les images satellitaires et élaborer nos différentes cartes.

Au laboratoire, nous avons utilisé un arsenal d'équipements et matériels:

- Des pipettes, burettes, béchers, erlenmeyers, flacons jaugés,…pour prélever, transvaser, mesurer et stocker nos solutions;

- Un filtre de marque « Nalgene » pour retenir la matière en suspension de nos échantillons d'eau ;
- Une balance électronique de marque « Fisherbrand » pour peser et déterminer le poids de la matière en suspension de nos échantillons ;
- Des spectromètres pour analyser les anions majeurs,le NH_4^+ et le SiO_2.

II.3. METHODES

II.3.1. COLLECTE DES DONNEES DE TERRAIN

Les données de terrain ont été collectées aux mois de février et mars 2020 à travers une visite physique aux sites miniers de Rubaya et ses environs. Elles concernent :

- Les propriétés physico-chimiques des eaux des rivières en aval des mines de Rubaya :la température, le pH, la pression, la conductivité spécifique et l'oxygène dissous. Elles nous ont permis de caractériser ces rivières.
- Les coordonnées géographiques qui nous ont aidés à dresser les différentes cartes.
- Les images qui nous ont permis d'illustrer les aspects importants concernant notre travail, notammentles impacts physiques de l'exploitation minière artisanale.
- Les réponses aux différentes questions des enquêtes et des focus groups, pour pouvoir dresser la grille de principaux impacts socio-environnementaux et dégager les pistes de solution. Ces réponses ont été complétées par des observations directes des activités, des outils et méthodes d'extraction et de traitement des minerais.
- Les échantillons d'eau des rivières en aval des mines de Rubaya, pour les analyses diverses permettant ainsi de déterminer les matières en suspension, l'alcalinité et les nutriments. Avec ces données, les impacts des rejets miniers sur le réseau hydrographique en aval des mines de Rubaya ont été déterminés.

II.3.2. FOCUS GROUP

Pour avoir un dialogue franc et de tête à tête avec les intervenants dans les activités minières, la méthode de« focus group » a été utilisée. Elle a consisté en entretiens avec les différents groupes d'intervenants dans les activités minières avec l'aide de guides d'entretien élaborés à cette fin. Ces séances nous ont permis de récolter les données en rapport avec les impacts socio-environnementaux que chaque catégorie de minier rencontre. Ainsi, cinq catégories ont été ciblées pour servir à cette cause:

- **Les creuseurs :** ils ont été choisis du fait qu'ils jouent un rôle de taille dans les exploitations : ce sont eux qui font la découverture, le creusage des galeries et l'abattage du mirerai. Pour cela, ils sont une source sûre des renseignements sur les impacts socio-environnementaux. En effet, leurs activités, souvent souterraines, impactent sérieusement l'environnement en le déstabilisant et en le modifiant. Aussi, en profondeur, les conditions de travail sont précaires, leur vie est constamment en danger suite aux éboulements qui peuvent surgir et aux asphyxies qui peuvent intervenir par manque d'oxygène.

- **Les transporteurs du minerai (« locateurs ») :** eux aussi ont été choisis à cause de leur rôle dans les exploitations minières : ils s'occupent de transporter, dans la mine, le minerai du front d'abattage jusqu'au dépôt en passant par la laverie. Leur travail présente un grand risque sur leur santé du fait que les voies de circulation dans les mines ne sont pas bien aménagées et en plus ils transportent des lourdes charges dépassant leur capacité. Pour cela, ils sont parmi ceux qui détiennent une mine d'informations nécessaires à la réalisation de ce travail.
- **Les traiteurs du minerai :**ils lavent et séparent le minerai des impuretés. Ils sont constamment en contact avec les eaux usées de lavage du minerai et les aimants de séparation du minerai. Ils produisent des rejets miniers et l'eau qu'ils utilisent pour le lavage du minerai, après son usure, tous sont entrainés dans le réseau hydrographique sans traitement préalable. Cela pollue énormément les rivières en aval des sites miniers ; voilà pourquoi l'entretien avec eux donne des informations précieuses sur les impacts socio-environnementaux et les moyens de les éviter ou de les atténuer.
- **Les sécheurs du minerai :** ils sont une catégorie importante dans les exploitations minières : ils sèchent les minerais soit au soleil soit au feu. Pendant ce travail, des fines particules sont emportées par le vent et les fumées sont produites. Cela gène leur respiration et leur vue. Ils détiennent donc des réalités capitales sur les impacts des activités minières.
- **Les services intervenant dans les mines**, notamment la SAEMAPE, la division des mines, la police des mines et la COOPERAMMA : ce sont eux qui encadrent, administrent, sécurisent et organisent les activités et les exploitants miniers artisanaux. C'est pour cela qu'ils sont mieux placés pour livrer les informations fiables en rapport avec les activités minières.

Pour y parvenir, deux guides d'entretien ont été utilisés (annexes3 et 4) : un pour les 4 premières catégories et un autre pour la dernière catégorie. Nous avons pris 10 personnes par catégorie pour nous situer dans la marge exigée par cette méthode participative (6 à 12 personnes) (Tremblay, 2006, Masharabu, 2018).

II.3.3. ENQUETES DANS LES MENAGES ET AUPRES DES CHEFS DE VILLAGE

L'enquête avait pour but de collecter les informations sur les impacts socio-environnementaux des activités minières dans les villages entourant les mines de Rubaya. Elle s'est déroulée dans les villages de Muderi, Rukaza, Gasasa, Bibatama, Kalambairo situés, chacun, à moins de 200 m des sites miniers (Figure7).

Cette enquête visait à évaluer, premièrement auprès des ménages, l'impact que les mines ont eu, depuis leur ouverture, sur le foncier, les services écosystémiques ; ce qu'ils ont perdu et ce qu'ils ont gagné avec les mines et à identifier les maladies fréquentes dansla zone depuis les mines. La taille de la population de ces cinq villages précités, de laquelle nous avons pris 5% comme échantillon représentatif (sauf pour le village de Kalambairo pour lequel nous avons prix 5,5% à cause de l'importance de sa population), a été relevée de l'analyse des images Google Earth de février 2020 complétées par les estimations déduites des travaux de terrain et des avis des chefs de villages (Tableau 1 et Figure9). Deuxièmement, auprès des chefs de

village, cette enquête visait à évaluer ce que leurs villages ont gagné et ce qu'ils ont perdu sur le plan socio-environnemental depuis l'ouverture des mines autour de leurs entités; à identifier les contentieux souvent fréquents et les maladies fréquentes et celles nouvellement apparues dans leurs village depuis les mines. Pour ce faire, les chefs de cinq villages environnant les sites miniers ont constitué la taille de notre population et de notre échantillon (Tableau 1 et Figure10). Les questionnaires d'enquête sont en annexes (1 et 2) et le traitement des données issues de l'enquête a été réalisé avec le logiciel Excel.

Tableau 1: Cible et taille de la population et de l'échantillon pour les enquêtes auprès des populations de Rubaya

N°	Population cible		Taille de la population	Taille de l'échantillon	
	Catégories	Noms des villages		En nombre	En %
1	Ménages des villages autour des mines	Muderi	400	20	5
		Rukaza	190	10	5
		Gasasa	110	6	5
		Bibatama	170	9	5
		Kalambairo	720	40	5,5
2	Chefs des villages	Tous	5	5	100

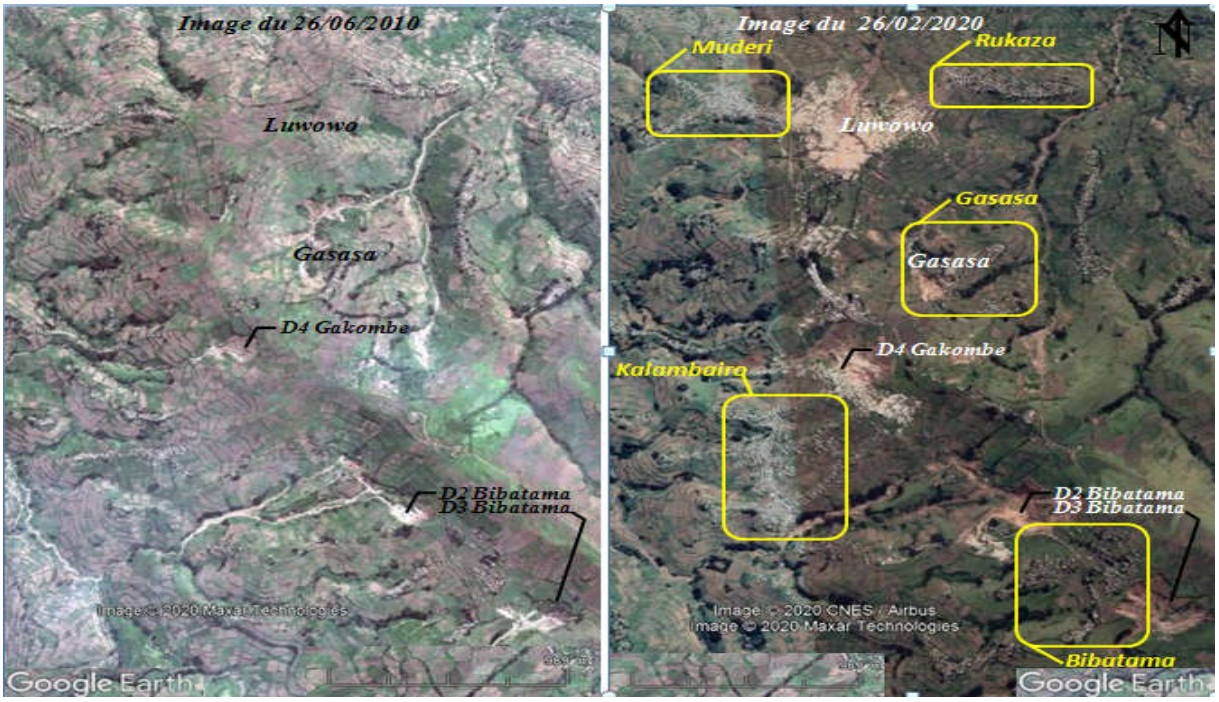


Figure 9: Villages et sites miniers cibles de notre enquête (Google Earth, 2020)

II.3.4. ETABLISSEMENT DE LA GRILLE D'IMPACTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX

La grille d'impacts socio-environnementaux a été établie pour présenter, de manière synthétique, les différents impacts socio-environnementaux identifiés à Rubaya. Elle a été établie à partir des données de recherche documentaire complétées par les informations tirées des enquêtes auprès de différentes catégories d'intervenants dans les activités minières. Elle se présente sous forme d'un tableau reprenant ces impacts en fonction des phases, des activités d'exploitation minière, des milieux récepteurs de ces impacts et de leur nature; puis un résumé des mesures d'atténuation de ces impacts.

II.3.5.ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

II.3.5.1. ECHANTILLONNAGE DES POINTS DE PRELEVEMENT

Pour les analyses physico-chimiques, nous avons procédé à l'échantillonnage du réseau hydrographique de Rubaya et ses environs. Le choix des lieux d'échantillonnage était dicté par l'importance représentative de la station. Ainsi, nous avons échantillonné les eaux venant de grands sites miniers avant et après leur confluence dans le réseau hydrographique en aval des mines mais aussi des cours d'eau non concernés par les activités minières avant leur confluence avec les rivières concernées par les exploitations minières. La distance entre les stations d'échantillonnage est aléatoire. L'échantillonnage se faisait dans le lit vif de la rivière (source) soit près des berges et dans les dix premiers centimètres de profondeur.

Vingt échantillons d'eau représentatifs du réseau hydrographique de Rubaya ont été prélevés. Douze parmi eux sont des eaux impactées par les activités minières (Luwowo, D4 Gakombe, D3 Bibatama, Kashovu, Mumba2, Mumba3, Osso1, Osso2, Karinzi, Ishanga, Nyagisenyi1, Nyagisenyi2) tandis que huit ne sont pas concernées par les activités minières (Bishiga, Mumba1, Kumatofali, Kasembe, Kashusha, Gasumo, Kabingo, Rushoga) (Figure10).

Chaque station d'échantillonnage était d'abord localisée par le GPS puis des mesures in situ étaient prises, notamment la température, la pression, l'oxygène dissous (en % et en mg/l), la conductivité spécifique et le pH. Après cela, l'échantillon, puisé in situ, était pris et emballé dans des bidons de un litre chacun puis conservé au frais avant d'être acheminé au laboratoire de l'OVG, le même jour.

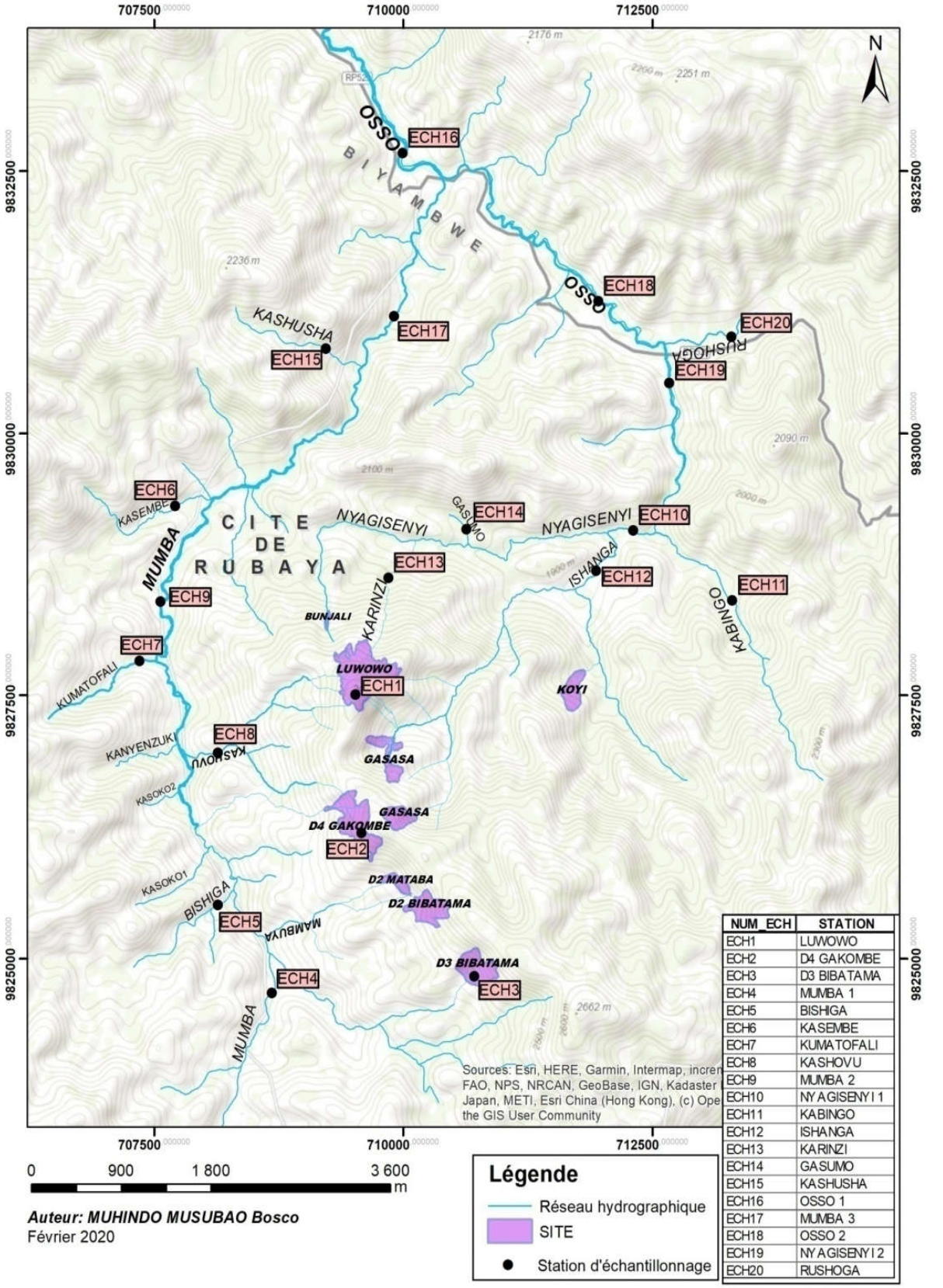


Figure 10: Carte d'échantillonnage du réseau hydrographique de Rubaya et ses environs

NB. Les coordonnées géographiques ayant servi à l'élaboration de cette carte sont aux annexes 5 et 6.

II.3.5.2. PREPARATION DES ECHANTILLONS

Une fois au laboratoire de l'OVG, les échantillons étaient gardés au frais avant de subir un traitement de conditionnement suivant ces étapes :

- Filtration par un filtre Nalgene : un volume d'eau de 300, 500 ou 750 ml, selon la quantité des matières en suspension, était filtré. Les échantillons très chargés en matières en suspension étaient d'abord soumis à une décantation avant la filtration. Le refus et le précipité de la décantation étaient séchés avant d'être pesés. L'eau déjà filtrée était mise en 4 bouteilles de 75 ml chacun.
- Les échantillons déjà filtrés étaient conditionnés par acidification, à 100 ml d'acide nitrique 15 fois normale, pour éviter la formation des précipités dans le flacon.

II.3.5.3. PARAMETRES ETUDIES

Les paramètres étudiés pour ce travail sont :

- Ceux prélevés in situ, pour avoir les caractéristiques, sur terrain, de l'eau échantillonnée. Il s'agit de la température, la pression, l'oxygène dissous, la conductivité spécifique et le pH.
- L'alcalinité totale: pour savoir la capacité des rivières échantillonnées à neutraliser les acides.
- Les matières en suspension : pour déterminer lescharges des rivières échantillonnées.
- Les nutriments: pour savoir les proportions des éléments en solution afin de nous renseigner sur les types de roches et d'environnements traversés et déterminer ainsi l'influence des rejets miniers sur la composition des rivières en aval des mines de Rubaya.

II.3.5.4. ANALYSE DES ECHANTILLONS AU LABORATOIRE

La quantification des matières en suspensions et la détermination de l'alcalinité totale ont été faites au laboratoire de l'Observatoire Volcanologique de Goma (OVG) et les nutriments ont été analysés au laboratoire de l'Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu (ISP Bukavu).

a) Matières en suspension

Pour déterminer les matières en suspension, nous avons utilisé la méthode par filtration sur fibre de verre tel que recommandé par Rodier (Rodier, 2009). Le système de filtrage utilisé est du type « Nalgene » avec disque filtrant en fibre de verre de 1,2 µm. Ainsi, 300, 500 ou 750 ml d'eau étaient versés dans un récipient du système de filtrage sous vide ou sous pression,allant jusqu'à 100Kpa, créée par une pompe à vide. Le filtrant était d'abord séché à l'étuve puis son poids net déterminé à l'aide d'une balance électronique de marque « Fisherbrand ». Pour les échantillons très riches en matières en suspension, un volume déterminé d'eau était prélevé puis soumis d'abord à la décantation. Après cela venait la filtration, le séchage et enfin le pesage du filtrant avec une balance électroniquede marque « Fisherbrand ».

b) Détermination de l'alcalinité totale

L'alcalinité totale a été déterminée par titrage à l'aide d'une burette digitale de marque « Kartell technotrate » suivant la procédure décrite ci-dessous :

- 50 ml de l'échantillon d'eau étaient placés dans un bécher,
- On y ajoutait quelques gouttes d'indicateur coloré, le méthylorange, puis on agitait ;
- On y ajoutait, goutte à goutte, à l'aide de la burette digitale de marque « Eppendorf Research », la solution d'acide nitrique 15 fois normale jusqu'à arriver au point d'équivalence ;
- L'alcalinité de l'eau a alors été déterminée à partir de la concentration des bicarbonates, elles-mêmes déterminées à l'aide de l'équation de base de la volumétrie.
- On lisait le volume de la substance titrante (acide nitrique …normale);
- Puis, par calcul volumétrique, on déterminait la concentration de la substance filtrée (notre échantillon d'eau).

c) Nutriments : NO_2^-, PO_4^{3-}, NH_4^+ et SiO_2

Les analyses des nutriments ont été faites par dosages standardisés d'analyses spectrométriques UV-Visible des échantillons d'eau filtrés sur membranes en fibres de verre Macherey-Nagel GF/5 selon les méthodes normalisées de « American Public Health Association (APHA) ».La technique consiste à transformer l'ion à doser sous forme d'un complexe coloré présentant un pic d'absorption dans le domaine de l'UV-Visible.Les calculs stœchiométriques ont été effectués en appliquant la loi de Beer et Lambert permettant de convertir l'absorbance, mesurée à cette longueur d'onde, en concentration du complexe, par ajout des quantités adéquates des réactifs appropriés tels que l'acide ascorbique, heptamolibdate d'ammonium, tartrate antimonyl de potassium, salicylate de sodium, citrate trisodique et nitroprussiate de sodium selon le cas (Francis& al, 2016 ; Rodier & al, 2009).

- Détermination de la concentration d'ions nitrites(NO_2^-) : allumer le spectromètre 30 minutes avant la lecture des absorbances et le régler à 540 nm de longueur d'onde. Ramener le spectromètre à zéro en y introduisant 50 ml d'eau distillée puis faire la lecture de son absorbance. Mettre 10 ml de l'échantillon d'eau filtrée dans un pilulier, y ajouter, en agitant doucement, 0,7 ml de réactif R_1 nitrite préalablement préparé. Laisser reposer la solution (échantillon+R1 nitrite) pendant 10 minutes,l'introduire dans le spectromètrepuis faire la lecture des absorbances des ions nitrites selon la durée et la longueur d'onde recommandées par APHA. La concentration d'ions nitrites dans les échantillons d'eau est déterminée à partir de la valeur de l'absorbance de cet ion lue à l'écran (Rodier & al, 2009)
- Détermination de la concentration d'ions phosphates (PO_4^{3-}) : allumer le spectromètre 30 minutes avant la lecture des absorbances et le régler à 880 nm de longueur d'onde. Ramener le spectromètre à zéro en y introduisant 50 ml d'eau distillée (blanc) puis faire la lecture de son absorbance.Prélever 10 ml de l'échantillon d'eau filtrée et y ajouter 0,25 ml de réactif R_1 phosphate préalablement préparé. Agiter doucement la solution pendant 3 minutes puis y ajouter 1 ml de réactif R_2 phosphate préalablement préparé. Laisser reposer la solution (échantillon+R_1 phosphate+R_2 phosphate) pendant 10 minutes, l'introduire dans le spectromètre puis faire la lecture des

absorbances des ions phosphates selon la durée et la longueur d'onde recommandées par APHA. La concentration d'ions phosphates dans les échantillons est déterminée à partir de la valeur de l'absorbance de cet ion lue à l'écran (Rodier & all, 2009).

- Détermination de la concentration d'ions ammoniums (NH_4^+) : allumer le spectromètre 30 minutes avant la lecture des absorbances et le régler à 665 nm de longueur d'onde. Ramener le spectromètre à zéro en y introduisant 50 ml d'eau distillée (blanc) puis faire la lecture de son absorbance. Mettre 10 ml de l'échantillon d'eau filtrée dans un pilulier et y ajouter, en agitant doucement, 0,8 ml de réactif R_1 ammonium préalablement préparé. Ensuite, y ajouter, en agitant doucement, 0,8 ml de réactif R_2 ammonium préalablement préparé. Laisser reposer la solution (échantillon+R_1 ammonium+R_2ammonium) pendant 20 à 25 minutes, l'introduire dans le spectromètre puis faire la lecture des absorbances des ions ammoniums selon la durée et la longueur d'onde recommandées par APHA. La concentration d'ions ammoniums dans les échantillons d'eau est déterminée à partir de la valeur de l'absorbance de cet ion lue à l'écran (Rodier & al, 2009).
- Détermination de la concentration de la silice (SiO_2) : allumer le spectromètre 30 minutes avant la lecture des absorbances et le régler à 610 nm de longueur d'onde. Ramener le spectromètre à zéro en y introduisant 50 ml d'eau distillée (blanc) puis faire la lecture de son absorbance. Prélever 10 ml de l'échantillon d'eau filtrée et y ajouter, en agitant doucement, 1 ml de réactif R_1 silice préalablement préparé. Attendre 10 minutes puis y ajouter, en agitant doucement, 2 ml de réactif R_2 silice préalablement préparé. Attendre 2 minutes puis y ajouter 1 ml de réactif R_3 silice. Laisser reposer la solution (échantillon+R_1silice+R_2 silice+R_3 silice) pendant 10 minutes, l'introduire dans le spectromètre puis faire la lecture des absorbances des silices selon la durée et la longueur d'onde recommandées par APHA. La concentration des silices dans les échantillons d'eau est déterminée à partir de la valeur de l'absorbance de cet ion lue à l'écran (Rodier & al, 2009).

II.3.6. TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Le traitement des données a été réalisé avec le logiciel Excel et les résultats d'analyses chimiques, d'enquêtes et de focus groups sont présentés dans des tableaux et sur des histogrammes.

La température, la pression, l'oxygène dissous (en % et en mg/l), la conductivité spécifique, le pH, l'alcalinité, les cations et les anions majeurs ont été comparés aux valeurs caractérisant et classant les cours d'eau (Tableaux 2 et 3). Quant aux nutrimentset les matières en suspension présents dans les eaux des rivières en aval des mines de Rubaya, ils ont été interprétés, premièrement, par comparaison de leur concentration au seuil limite admissible de leur teneur dans l'environnement et dans les eaux en particulier (Tableaux 2 et 3); deuxièmement par comparaison de leurs valeurs dans les eaux concernées par les exploitations minières et de celles non concernées par ces activités.Faisant ainsi, cela nous a permis de mener une discussion vérifiant nos hypothèses.

Tableau 2: Normes des eaux de surface (De Villers, 2005 ; Laronde, 2010 ; MEEATU&MSPLS, 2014)

N°	PARAMETRES	UNITES	VALEURS
1	pH	Sans unité	6 à 10
2	Température	°C	25 à 28
3	Pression	mmHg	Pas de norme
4	Conductivité	µS/cm	50 à 1500
5	Oxygène dissous	mg/l	4 à 8
6	Matières en suspension	mg/l	2 à 53
7	NO_2^-	mg/l	3
8	NH_4^+	mg/l	2
9	PO_4^{3-}	mg/l	0,5
10	SiO_2	mg/l	5 à 25
11	Alcalinité	mg/l	50 à 350

Tableau 3: Paramètres et limites de classes d'état des éléments physico-chimiques généraux pris en compte pour déterminer l'état écologique des cours d'eau(arrêté du 27 juillet 2015/France, disponible sur *http://www.eau-poitou-charentes.org/IMG/jpg/param_normes_phy-chim_etat-eco-cours_d_eau_arrete25janv2010.jpg*)

Paramètres par élément de qualité	Limites des classes d'état			
	Très bon / Bon	Bon / Moyen	Moyen / Médiocre	Médiocre / Mauvais
Bilan de l'oxygène				
Oxygène dissous (mg O_2/l)	8	6	4	3
Taux de saturation en O_2 dissous (%)	90	70	50	30
Demande Biochimique en O_2 sur 5 jours – DBO_5 (mg O_2/l)	3	6	10	25
Carbone organique dissous (mg C/l)	5	7	10	15
Température				
Eaux salmonicoles	20	21,5	25	28
Eaux cyprinicoles	24	25,5	27	28
Nutriments				
Phosphates – PO_4^{3-} (mg PO_4^{3-}/l)	0,1	0,5	1	1
Phosphore total – P (mg P/l)	0,05	0,2	0,5	1
Ammonium – NH_4^+ (mg NH_4^+/l)	0,1	0,5	2	5
Nitrites – NO_2^- (mg NO_2^-/l)	0,1	0,3	0,5	1
Nitrates – NO_3^- (mg NO_3^-/l)	10	50	*	*
Acidification[1]				
pH minimum	6,5	6	5,5	4,5
pH maximum	8,2	9	9,5	10
Salinité				
Conductivité	*	*	*	*
Chlorures	*	*	*	*
Sulfates	*	*	*	*

[1] acidification : en d'autres termes, à titre d'exemple, pour la classe bon état, le pH min est compris entre 6,0 et 6,5 ; le pH max entre 8,2 et 9,0.
* les connaissances actuelles ne permettent pas de fixer des seuils fiables pour cette limite.

CHAPITRE III. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

Les résultats de nos recherches, présentés dans ce chapitre, concernent les impacts des activités minières sur les aspects socio-environnementaux. Ils sont d'abord présentés dans le premier point puis discutés dans le second. A la fin de ce chapitre, des propositions de solutions, pour une exploitation minière artisanale respectueuse de l'environnement à Rubaya, sont données.

III.1. PRESENTATION DES RESULTATS

III.1.1. IMPACTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX ISSUS DE FOCUS GROUPS

Les focus groups ont montré que :

- Les exploitations minières de Rubaya s'accompagnent de différents impacts socio-environnementaux pouvant être négatifs ou positifs.
- Les creuseurs, les transporteurs, les traiteurs, les sécheurs des minerais, les négociants et les propriétaires terriers rencontrent tous différents problèmes et risques qui varient selon les catégories : blessure, glissade, fracture, inhalation des poussières de roches, escroquerie, abus de confiance, érosion des sols, vol des récoltes, …
- Leurs revenus sont faibles par rapport au coût de vie du milieu et varient selon les domaines/catégories, de 1800$, 2520$/an, 2160$/an et 3600$/an, respectivement pour les creuseurs, les transporteurs, les laveurs/traiteurs et les sécheurs des minerais.
- Les travaux que ces catégories précitées rendent dans les mines s'accompagnent de difficultés énormes, comme des maladies professionnelles et risques divers variant selon chaque catégorie.
- Les effondrements, éboulements et les gaz sont les principaux risques dans les mines ainsi que les abus de confiance, l'escroquerie et la gestion des limites des concessions sont l'essentiel des contentieux souvent fréquents dans les mines de Rubaya.

III.1.2. RESULTATSISSUS DES ENQUETES

III.1.2.1. ENQUETES DANS LES MENAGES

III.1.2.1.1. CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES DES ENQUETES

a) Sexe de la population cible(Figure 11)

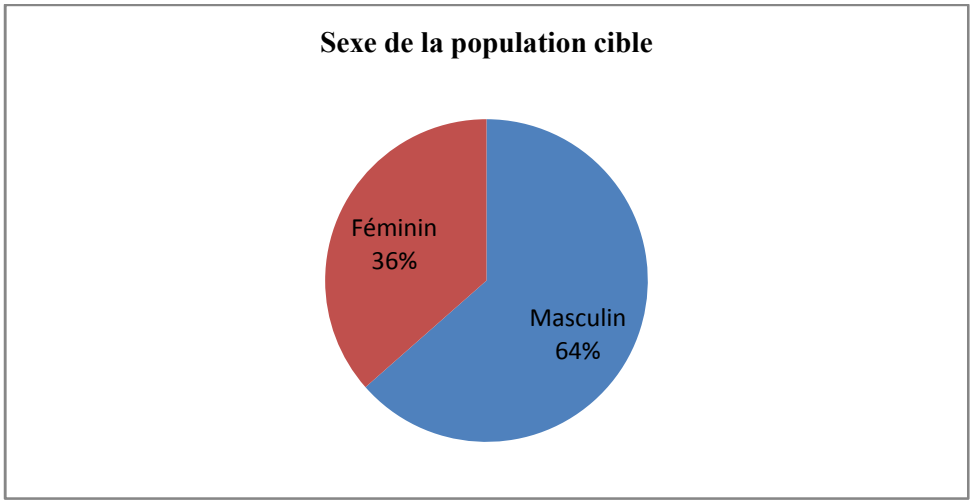


Figure 11 : Sexe de la population cible

La figure 11montre que 63 % de nos enquêtes sont des hommes 37% sont des femmes.

b) Age de la population cible(Figure 12)

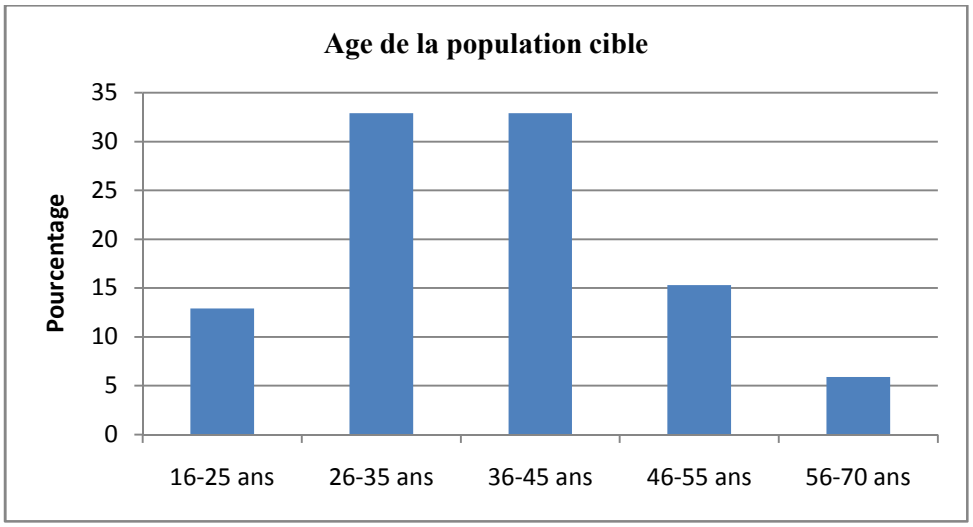


Figure 12: Age de la population cible

La figure 12 montre que 65,8% de nos enquêtés ont l'âge compris entre 26 et 45 ans. Ceux entre 16 et 25 ans représentent 12,9%, ceux entre 46 et 55 ans 15,3% et ceux entre 56 et 70 ans 5,9%. La population cible est donc jeune.

c) Niveau d'étude de la population cible(Figure 13)

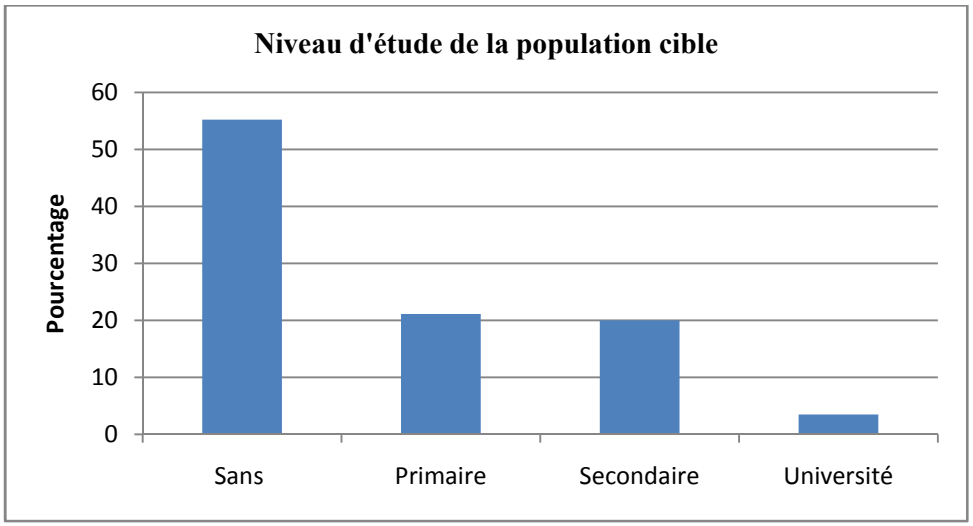


Figure 13: Niveau d'étude de la population cible

La figure 13 montre que 55,2% de nos enquêtés sont sans études ; 21,1% ont le niveau primaire ; 20 % ont fait l'école secondaire et 3,5% ont un niveau universitaire.

d) Revenus moyens (Figure 14) et affectation (Figure 15)

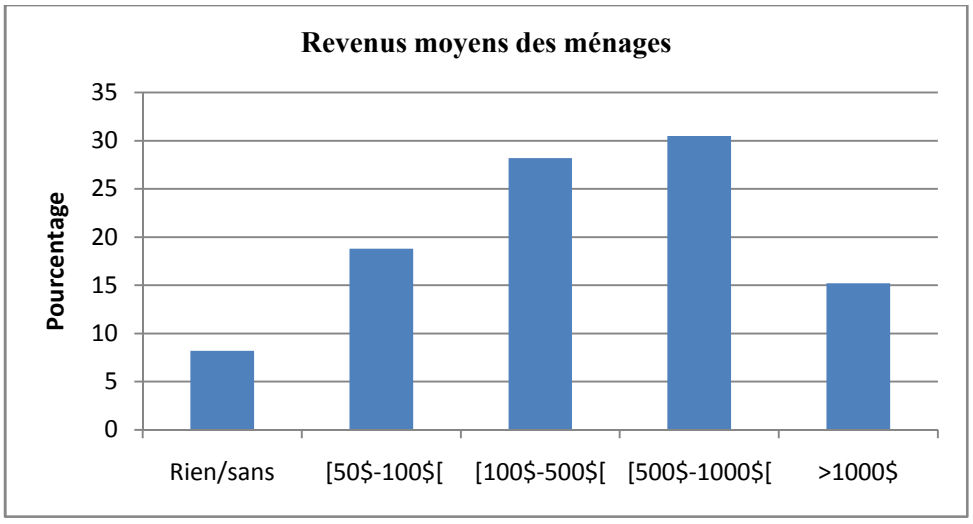


Figure 14: Revenus moyens des ménages

La figure 14 montre que 30,5% de ménages autour des mines de Rubaya ont des revenus moyens compris entre 500 et 1000$ par an ; 28,2% ont un salaire moyen annuel compris entre 100 et 500$; 15,2% avec plus de 1000$ par an et 8,2% sont sans revenus. Ce sont les vieux, ayant plus de 60 ans, dépendant de leurs enfants, qui sont sans revenus. Cela serait dû à leur âge et à la perdre de leurs moyens de subsistance,notamment les champs, que les mines ont emportés avec elles.

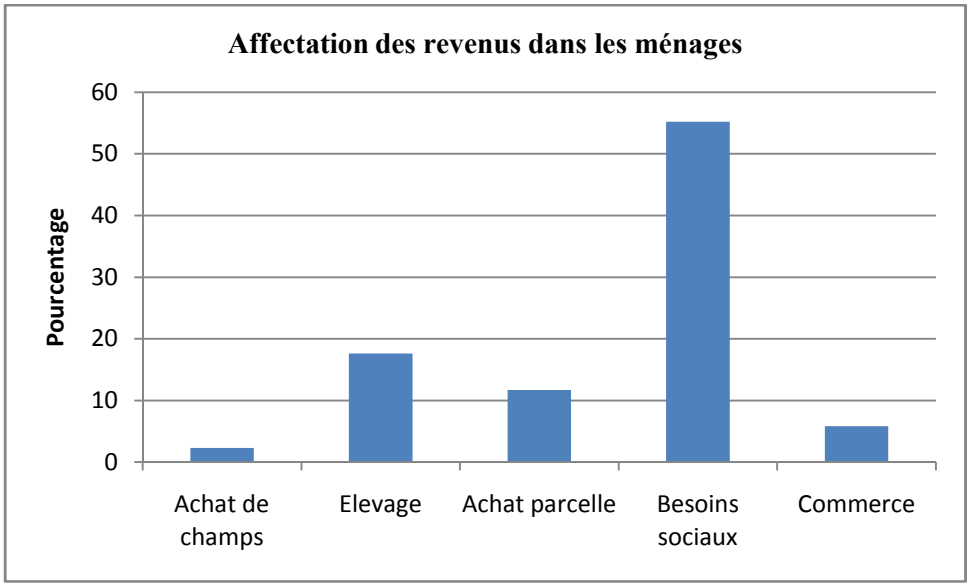


Figure 15: Affectation des revenus dans les ménages

La figure 15 montre que 55,2% des revenus des ménages sont affectéspour satisfaire les besoins sociaux comme le manger, le boire, le vêtir, le loyer…; 17,6% à l'élevage ; 11,7% à l'achat de parcelles ; 3,2% à l'achat de champs et 3,2% au commerce.

III.1.2.1.2.ACTIVITES DES MENAGES ENQUETES

a) Activités principales des ménages(Figure 16)

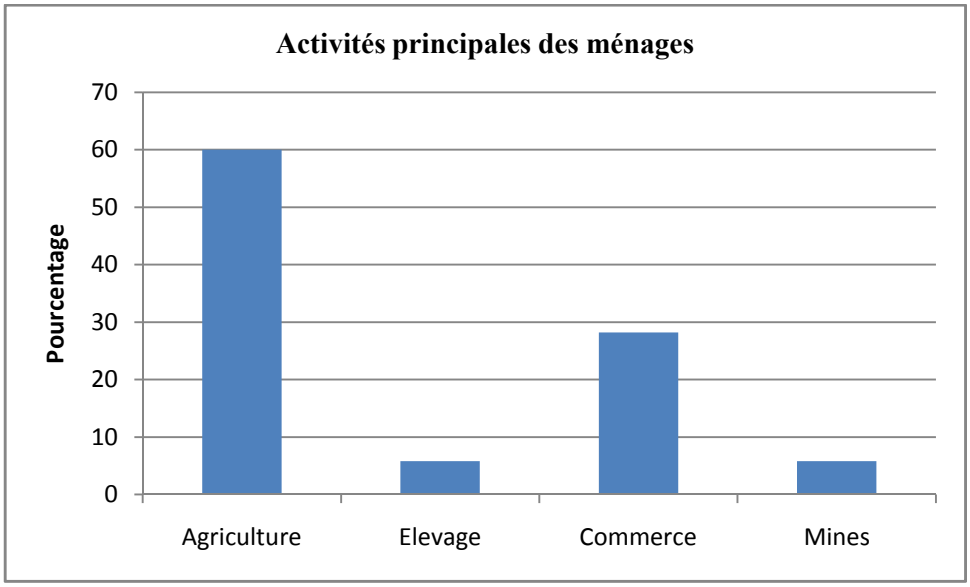


Figure 16: Activité principale des ménages

La figure 16 montre que 60% de ménages ont l'agriculture comme activité principale ; 28,2% le commerce ; 5,8% l'élevage et 5,8% travaillent dans les mines. C'est une population agricultrice.

b) Activités secondaires des ménages(Figure 17)

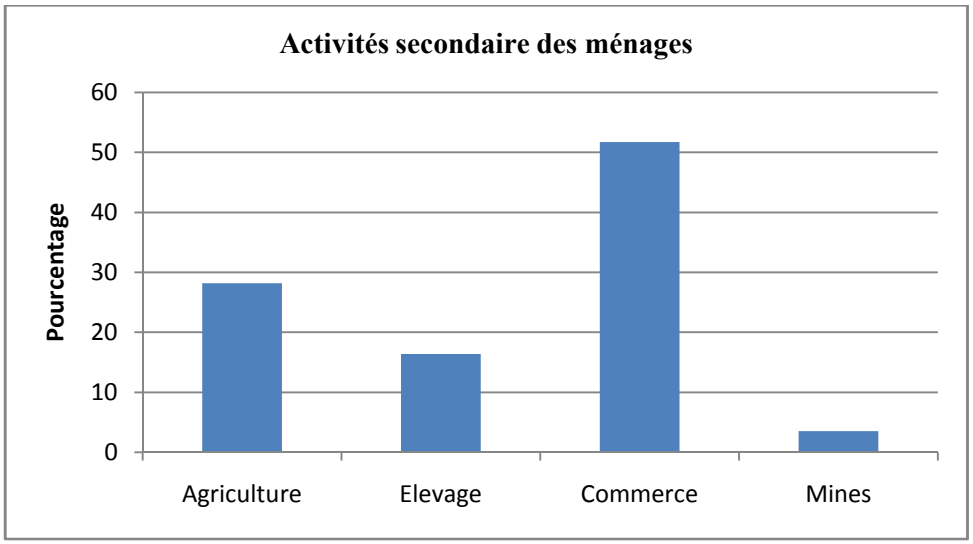


Figure 17: Activités secondaires des ménages

La figure 17 montre que 51,7 % de ménages ont le commerce comme activité secondaire ; 28,2% l'agriculture ; 16,4% le commerce et 3,5 % les mines.

c) Activités avant les mines(Figure 18)

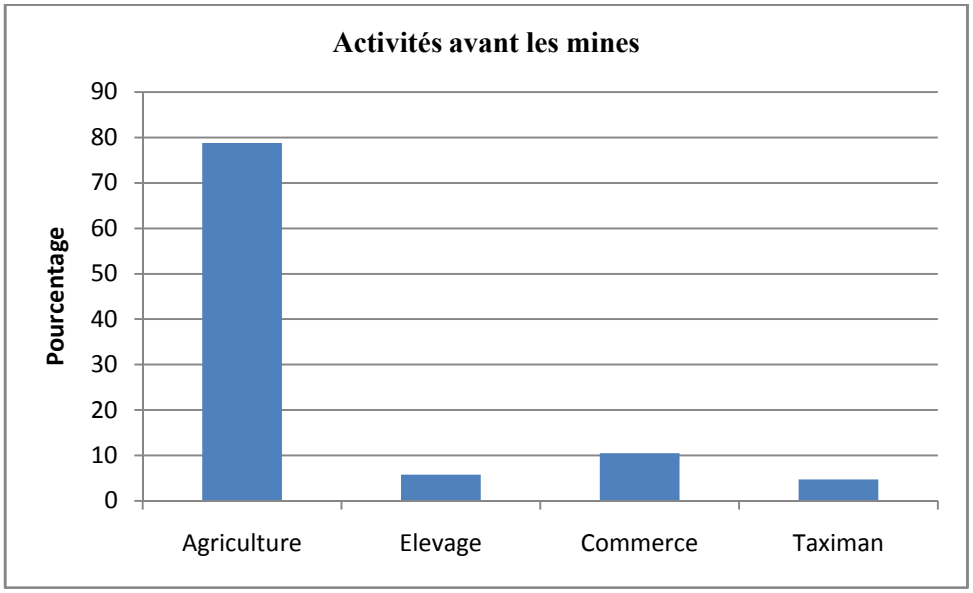


Figure 18: Activités des ménages avant l'exploitation minière

La figure 18 montre que 78,8% de ménages avaient l'agriculture comme activité principale avant l'exploitation minière à Rubaya ; 10,5% le commerce ; 5,8% l'élevage et 4,7% le taxi.

III.1.2.1.3.BIENS ET/OU SERVICES PERDUS SUITE AUX MINES

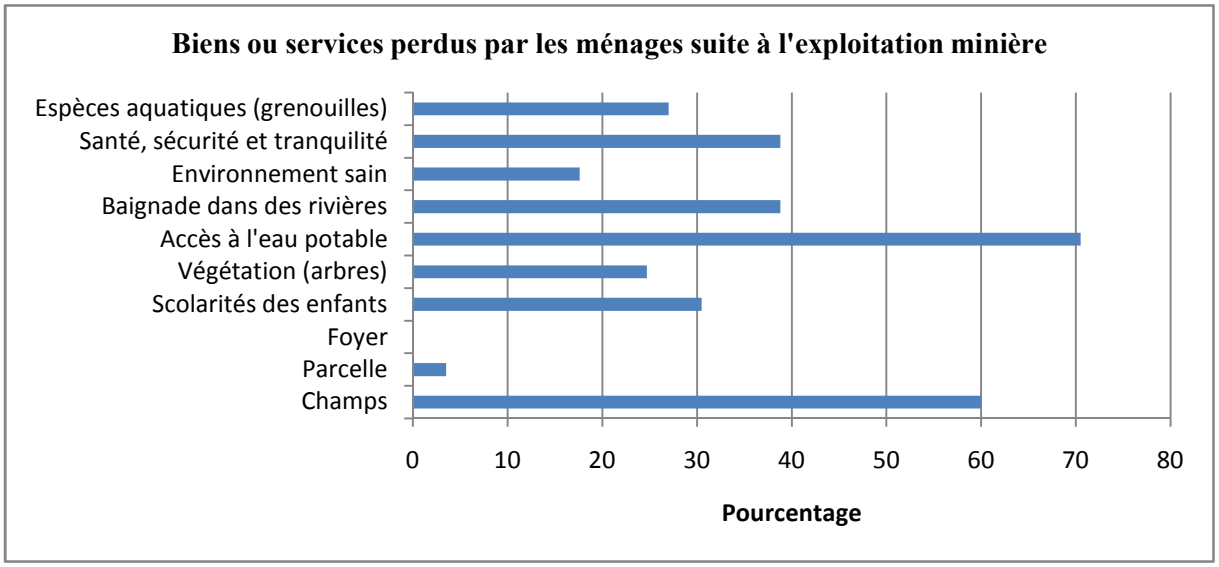


Figure 19: Biens ou services perdus par les ménages suites à l'exploitation minière

La figure 19 montre que 70,5% de ménages ont perdu l'accès à l'eau potable ; 60% les champs ; 38,8% la baignade dans des rivières, 38,8% la santé, la sécurité et la tranquillité ; 30,5% la scolarité des enfants ; 27 % les espèces aquatiques comme les grenouilles ; 24,7% la végétation (arbres) ; 17,6% l'environnement sain et 3,5% des parcelles.

III.1.2.1.4. INDEMNISATION SUITE A L'EXPLOITATION MINIERE

Tous les ménages autour des mines de Rubaya déplorent le fait qu'ils n'ont pas été indemnisés pour les choses et services écosystémiques perdus suite aux mines (Figure 19).

III.1.2.1.5. MALADIES FREQUENTES

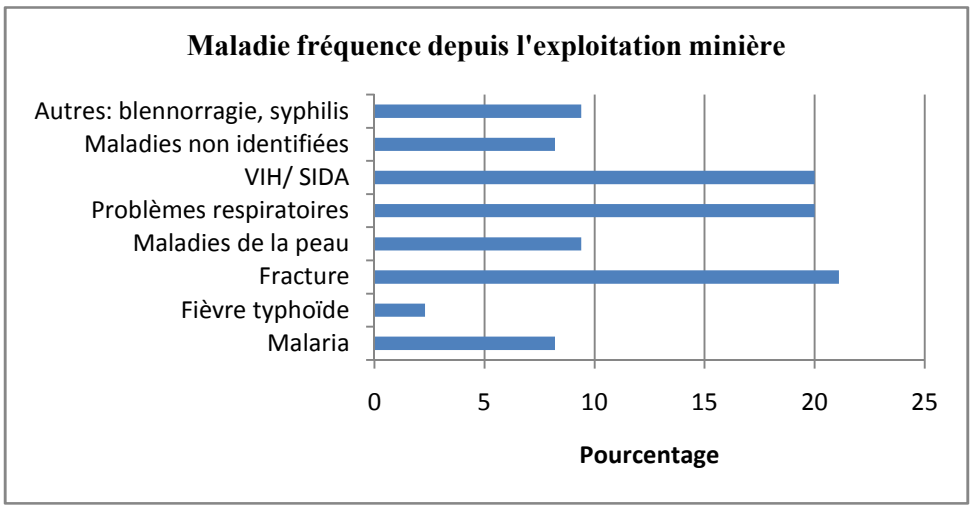


Figure 20: Maladies devenues plus fréquences avec l'exploitation minière à Rubaya

L'exploitation minière a augmenté la fréquence de certaines maladies qui, jadis, n'étaient pas répandues à Rubaya. Ce sont entre autres : les fractures (21,1%), les problèmes respiratoires (20%), le VIH/SIDA (20%), les maladies de la peau (9,4%), la blennorragie et la syphilis, les maladies non identifiées localement (9,4%), la malaria (8,2%) et la fièvre typhoïde (2,3%)(Figure20).

III.1.2.2. ENQUETES AUPRES DES CHEFS DE VILLAGES

Les chefs de cinq villages enquêtés sont tous des hommes, d'âge variant entre 29 et 42 ans et de niveau d'étude primaire. Ce résultat montre que la population de ces villages est jeune, avec un faible niveau d'instruction. Ces chefs confirment qu'il y a des avantages tirés des mines, des désavantages et des contentieux souvent fréquents liés aux mines.

III.1.2.2.1. GAINS OU AVANTAGES TIRES DES MINES

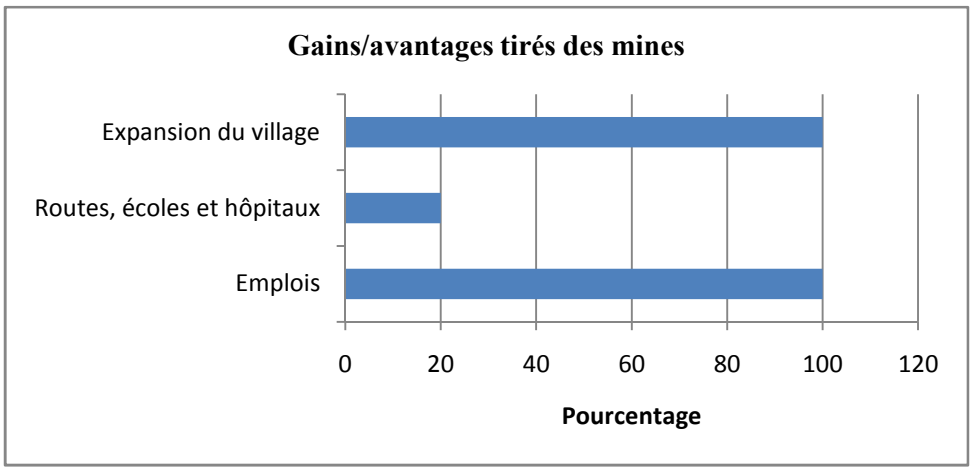


Figure 21: Gains/avantages tirés des mines

Les chefs des villages affirment à 100% que les emplois, plus particulièrement le développement du commerce, et l'expansion des villages (augmentation de 300% de leur superficie) sont les grands avantages tirés des mines de Rubaya. Les routes, les écoles et les hôpitaux ne figurent pas malheureusement parmi les grands gains des mines, pourtant ce sont des infrastructures de base très capitales(Figure21).

III.1.2.2.2. BIENS ET/OU SERVICES PERDUS SUITE A L'EXPLOITATION MINIERE SELON LES CHEFS DES VILLAGES

La figure 22, ci-dessous, montre que les chefs des villages confirment à 100% que leurs villages ont perdu les champs, les parcelles, l'accès à l'eau potable et les écoles, les routes et les hôpitaux. A 60%, ils affirment la perte de la végétation (les arbres) et la baignade dans les rivières ; et à 40% les espèces aquatiques comme les grenouilles.

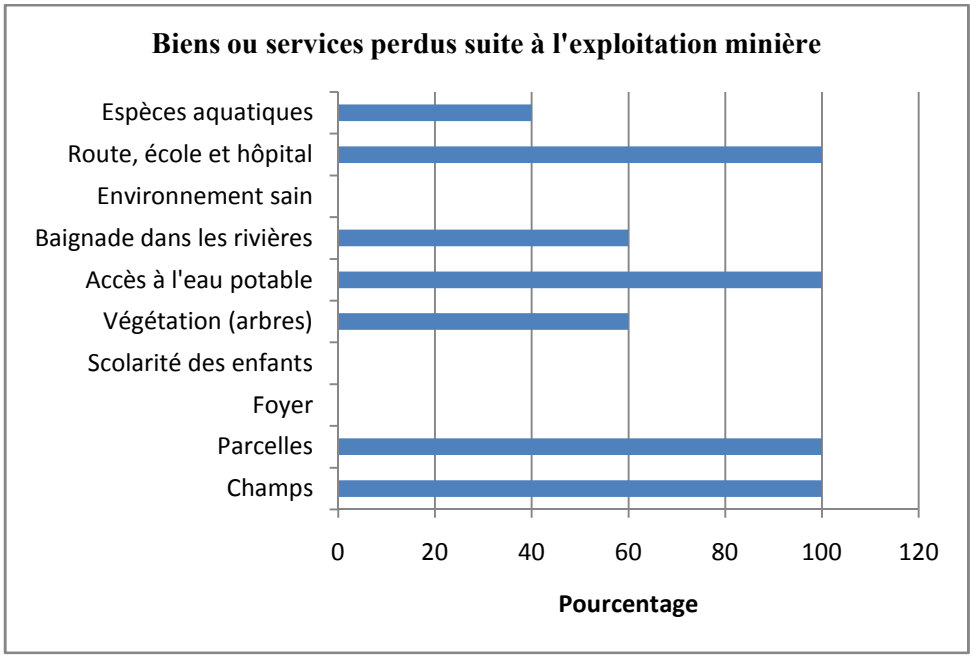


Figure 22: Biens ou avantages perdus suite à l'exploitation minière

III.1.2.2.3. CONTENTIEUX FREQUENTS

Les conflits fonciers et l'absence de l'indemnisation, le vol, l'escroquerie, l'insolvabilité et la délinquance sont, par ordre de leur occurrence, les contentieux souvent fréquents (Figure 23).

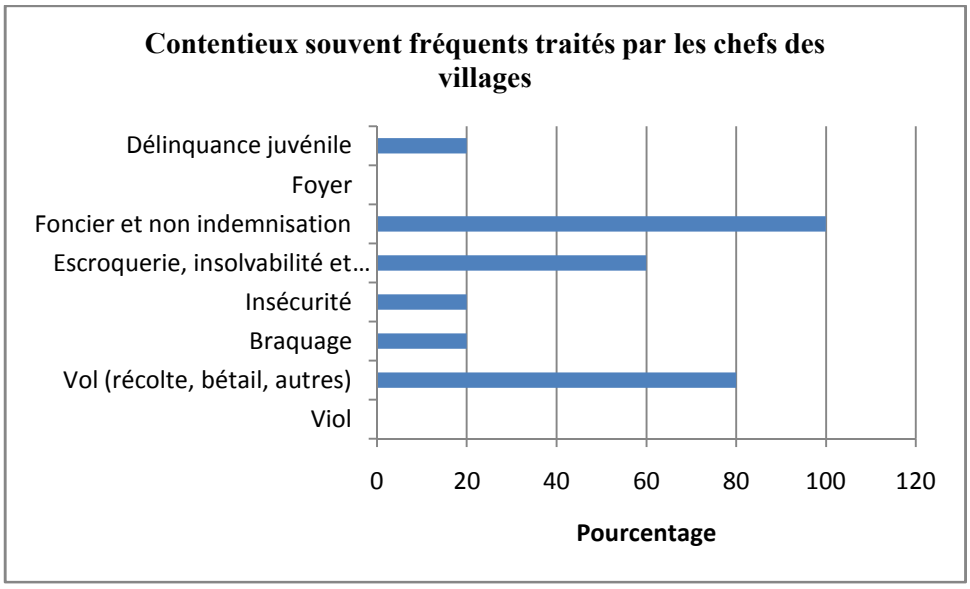


Figure 23: Contentieux souvent fréquent dans les villages autour des mines de Rubaya

III.1.3. GRILLE DES PRINCIPAUX IMPACTS

Les impacts associés aux activités minières diffèrent selon les phases de l'exploitation minière, les activités et les milieux récepteurs de ces impacts. Ils sont synthétisés dans le tableau 4 et la figure22.

Tableau 4: Principaux impacts socio-environnementaux visibles à Rubaya

N°	PHASES D'EXPLOITATION MINIERE	ACTIVITES	MILIEUX RECEPTEURS D'IMPACTS	IMPACTS VISIBLES A RUBAYA	NATURE DE L'IMPACT	MESURES D'ATTENUATION
1	Prospection	Echantillonnage géobotanique et déboisement pour se frayer le passage	Flore et faune	Déforestation et perte de certaines espèces floristiques	Négatif	Ne couper l'arbre qu'en cas de force majeure, reboisement
		Echantillonnage du sol et de la roche mère: creusage des tranchées, des puits, des galeries et implantation des forages	Sol, eau et hommes (creuseurs)	Accidents suite aux excavations non remblayées, moins soutenues et instables; dégradation de la qualité de l'eau et du sol	Négatif	Soutènement et stabilisation des travaux miniers ; élargissement des galeries ;équipements de protection personnelle, éviter les zones à haut risque
		Echantillonnage de l'eau et des sédiments des rivières	Eau, faune et flore	Dégradation de la qualité de l'eau par augmentation de la turbidité; menace pour la vie aquatique	Négatif	Utiliser les méthodes et moyens moins perturbateurs du cours d'eau, construire des bassins de décantation
2	Développement de la mine	Construction des routes d'accès	Flore, faune, sol, air, eau et hommes (toutes	Déforestation et perte de certaines espèces floristiques, modification et évolution du		Eviter les zones écologiquement sensibles, végétaliser les parois des routes et les déblais,

			les catégories)	paysage, dégradation de la qualité de l'eau, problèmes respiratoires suite aux émissions d'aérosols, perte des terres par érosion, envasement et ensablement des rivières en aval des mines	Négatif	équipements de protection personnelle, mesures de lutte antiérosive, créer des couloirs écologiques
		Préparation et déblaiement du site (découverture)	Flore, faune, sol, air et eau			
		Soutènement	Flore	Déforestation	Négatif	Reboisement
		Aération	Air et hommes (toutes les catégories)	Pollution sonore perte de la qualité de l'air par les fumées des moteurs d'aération	Négatif	Recourir aux moteurs électriques ne consommant pas ou peu de carburant, placer les moteurs d'aération loin des trous des galeries ; équipements de protection personnelle (cache-nez, masque auditive)
		Exploitation minière active (Abattage du minerai)	Sol, eau et hommes (creuseurs)	Accidents suite aux excavations non remblayées, moins soutenues et instables; blessures chez les mineurs suite aux éclats des roches ; lésions; asphyxies, trouble de vision suite à un faible éclairage dans les galeries	Négatif	Soutènement et stabilisation des travaux miniers ; élargissement des galeries ; équipements de protection personnelle, éviter les zones à haut risque ; bien aérer et éclairer les galeries
		Transport du minerai du front d'abattage jusqu'à la laverie	Hommes (transporteurs)	Fractures par glissade, douleur dorsale, fatigue chronique et atroce, exposition aux intempéries	Négatif	Aménagement des pistes (sentiers), réduction de la charge (poids) à transporter jusqu'à moins de 50 kg,

						équipements de protection personnelle
		Lavage de minerai	Eau, sol et hommes (laveurs)	Dégradation de la qualité de l'eau par augmentation de la turbidité; menace pour la vie aquatique, perte de la couche arable suite à sa couverture par les rejets miniers, déchirure aux pieds, lésions, exposition aux intempéries, douleurs dorsales et fatigue chroniques	Négatif	Construire des parcs à résidus et des bassins de décantation, Equipements de protection personnelle, aménagement des abris, prendre un repos suffisant
		Séchage	Air et hommes (sécheurs et négociants)	Problèmes respiratoires suite aux fumées et aux aérosols, blessures, perte des minerais par vol	Négatif	Equipements de protection personnelle : masques de protection (cache-nez, gants, lunettes, godions); sécher les minerais dans des enclos ; usage d'un seul séparateur
		Séparation du minerai	Hommes (séparateurs)	Problèmes respiratoires suite aux aérosols et blessures suite à l'explosion d'aimants de séparation	Négatif	
		Vente du minerai	Communauté	Circulation de l'argent(2520$/an pour les creuseurs, 1800$/an pour les transporteurs, 2160$/an pour les laveurs, 3600$/an pour les sécheurs), développement du commerce	Positif	

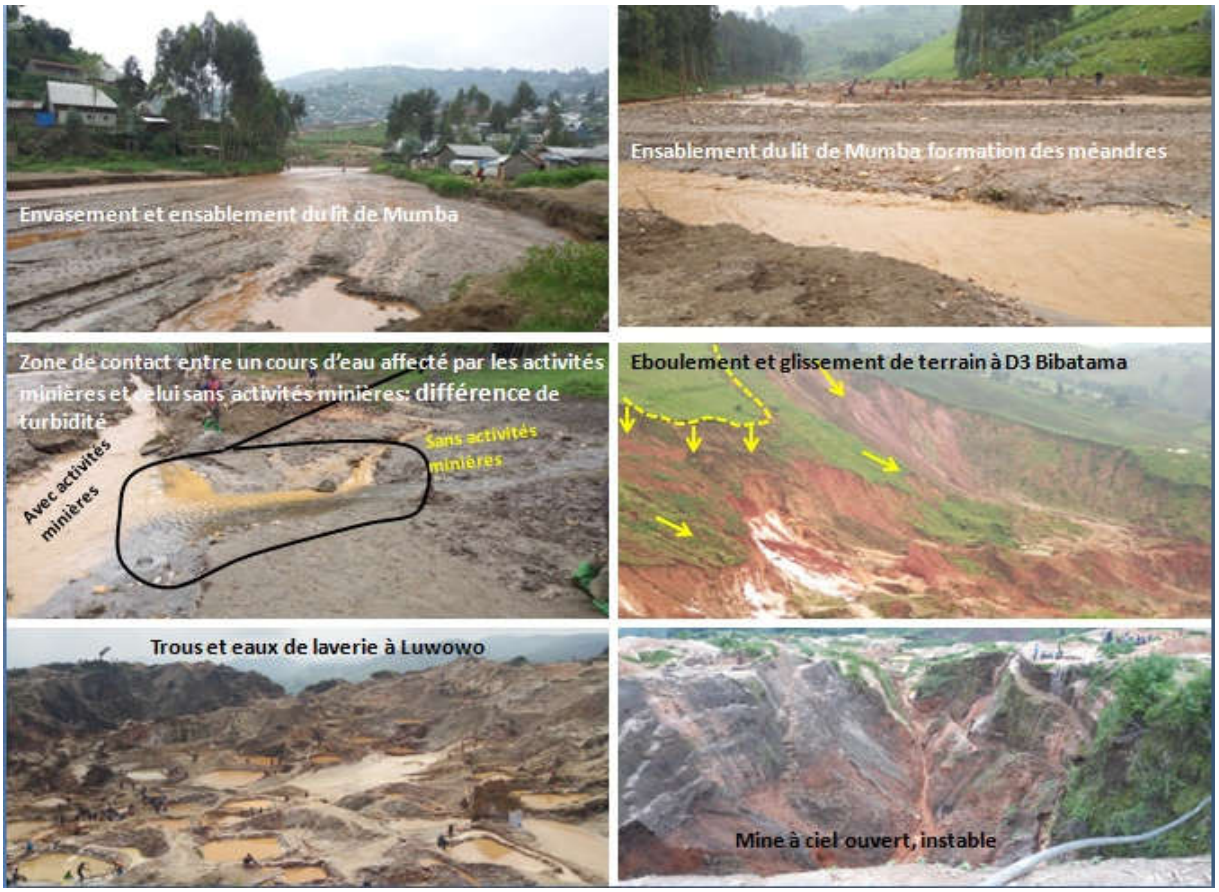


Figure 24: Images montrant les impacts physiques liés à l'exploitation minières de Rubaya

III.1.4. RESULTATS SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DES RIVIERES ENVIRONNANT LES SITES MINIERS

III.1.4.1. PARAMETRES MESURES IN SITU

a) Température

La température dans les rivières en aval des mines de Rubaya est généralement comprise entre 16,1°C et 21,6°C. Elle n'est pas modifiée par les activités minières, elle reste proche dans les rivières à exploitation minière que dans celles non concernées par l'exploitation minière. Elle est normale, comparativement aux normes des eaux de surface (25° à28°C) (Figure 25, Tableau 2).

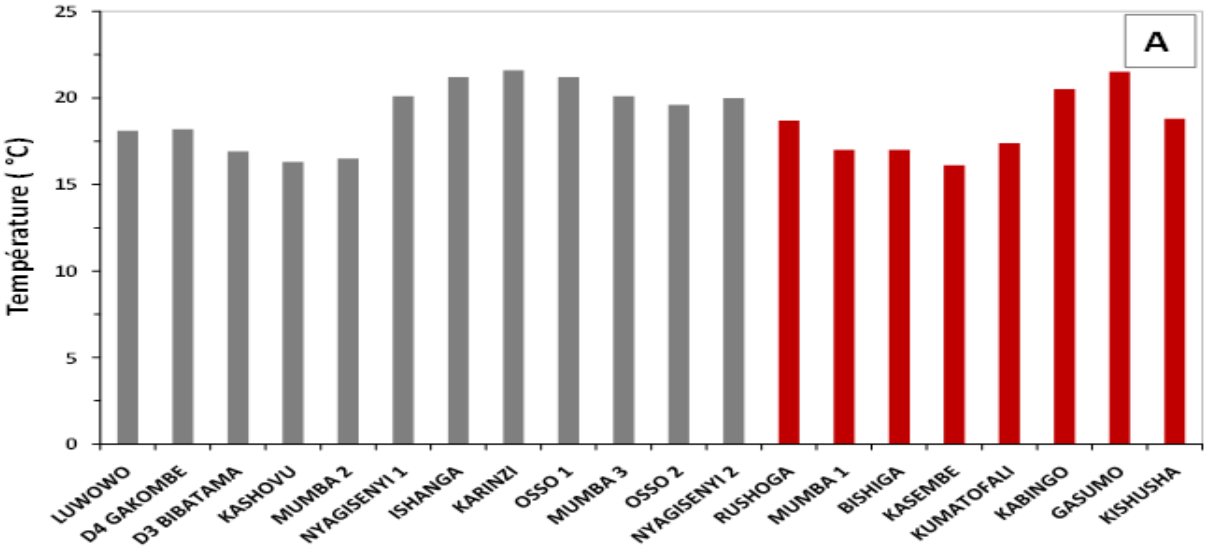


Figure 25: Température des rivières en aval des mines de Rubaya(en rouge sont les rivières non concernées par l'exploitation minière)

b) pH

Les rivières en aval des mines de Rubaya sont généralement basiques, avec un pH compris entre 7,6 et 10,6. Sauf Luwowo (pH=10,6), les autres rivières ont des pH normaux (entre 7,6 et 8,67), comparativement aux normes internationales des eaux de surface qui exigent un pH compris entre 6 et 10 (Tableau 2). Néanmoins, la basicité est légèrement élevée dans les rivières non concernées par les activités minières que dans celles associées aux activités minières qui, elles, gagnent en acidité (Figure 26).

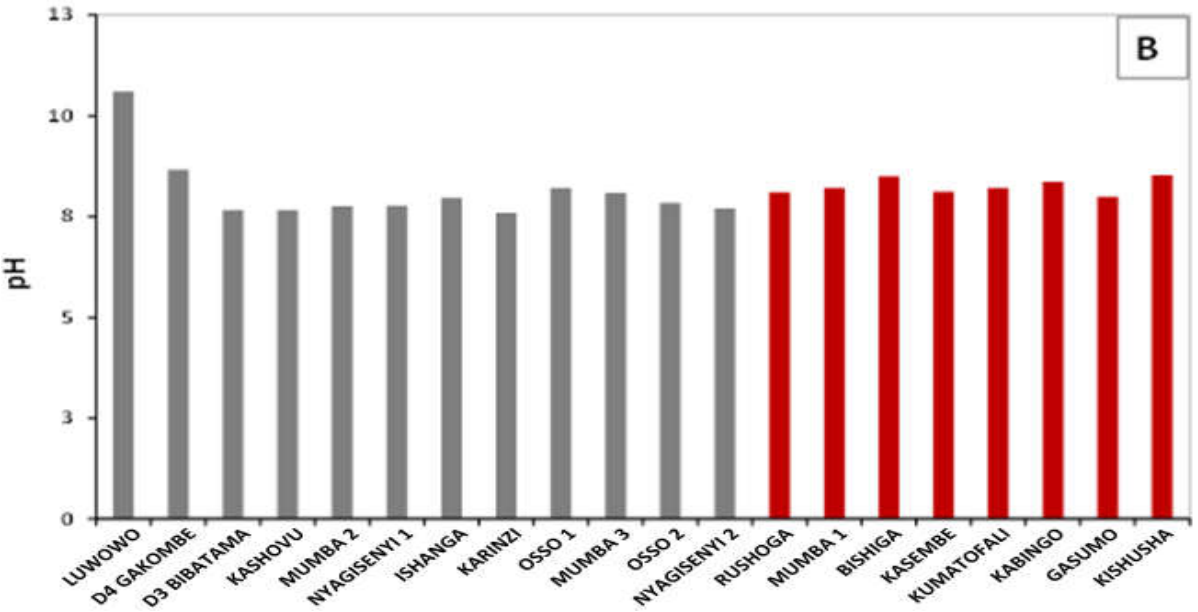


Figure 26: pH des rivières en aval des mines de Rubaya

c) Oxygène dissous

L'oxygène dissous est généralement stable dans toutes les rivières en aval des mines. Ses concentrations, comprises entre 4,74mg/l et 6,89 mg/l, sont normales comparativement aux normes internationales des eaux de surface qui fixent le seuil entre 4 et 8 mg/l pour une eau de bonne qualité (Figure 27, Tableau 2).

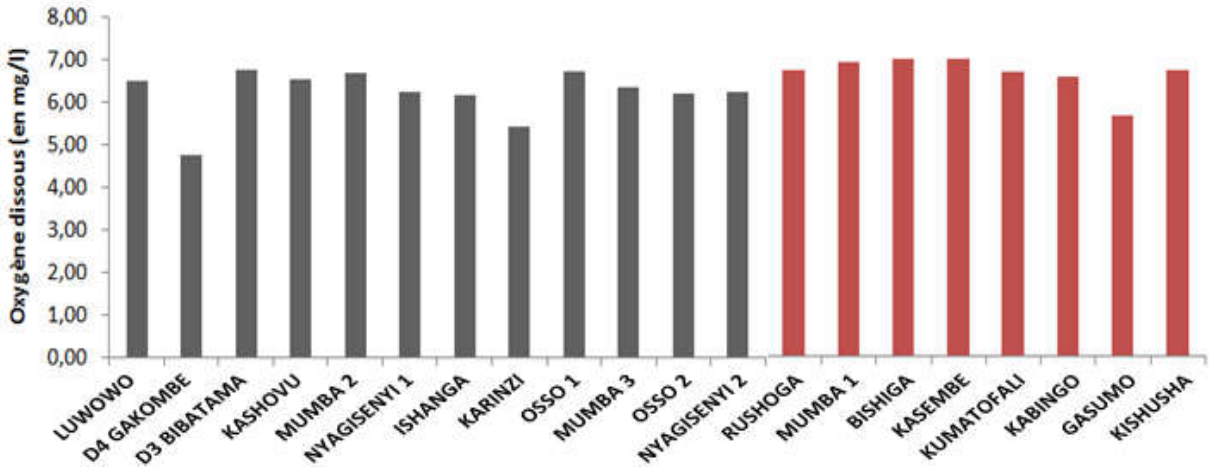


Figure 27: Oxygène dissous dans les rivières en aval des mines de Rubaya

d) Conductivité électrique

La conductivité électrique dans les rivières en aval des mines de Rubaya est comprise entre 216,8µS/cm et 612µS/cm et est dans les normes internationales des eaux de surfaces fixées entre 50 à 1500 µS/cm (Tableau 2). Elle renseigne qu'il y a beaucoup plus de sels dissous dans lesrivières non concernées par les activités minières que dans celles concernées ces dernières (Figure 28).

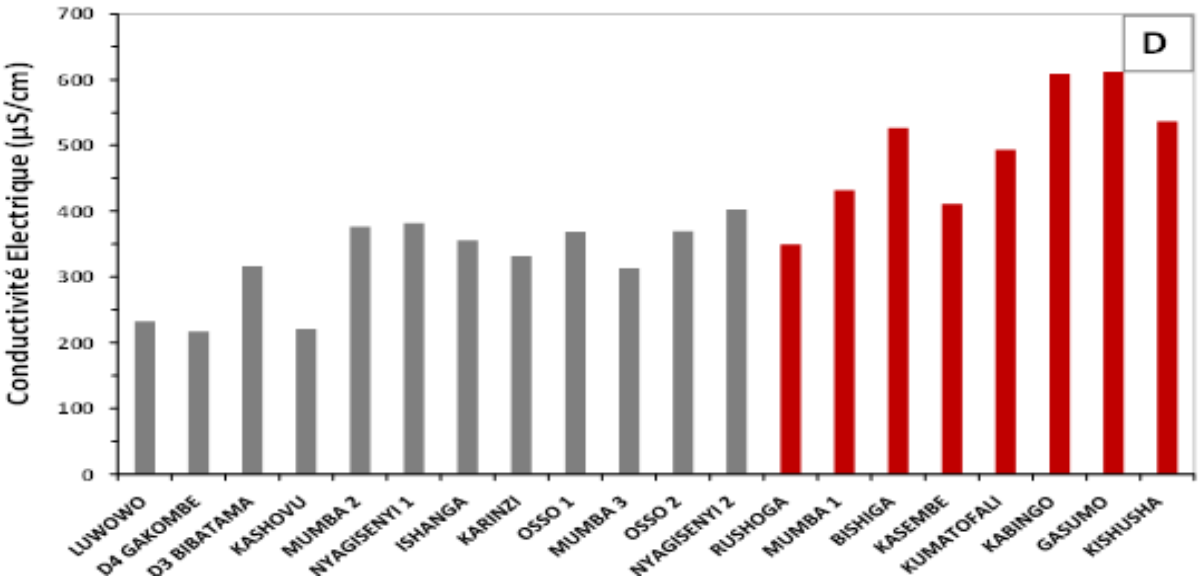


Figure 28: Conductivité électrique dans les rivières en aval des mines de Rubaya

III.1.4.2. PARAMETRES MESURES AU LABORATOIRE

a) Ions nitrites (NO_2^-)

Les concentrations de NO_2^- sont faibles dans toutes les rivières en aval des mines de Rubaya et varient entre 0,01 mg/l et 2,63 mg/l (Figure 29). Elles restent dans les normes internationales des eaux de surface qui recommandent moins de 3 mg/l (Tableau 2). Elles prouvent qu'il y a moins de nutriments azoteux dans ces eaux suite soit au fait que les roches lessivées sont pauvres en azote ou encore qu'il n'y a pas d'usage d'engrais azotés dans cette contrée ou que les nitrites sont déjà transformées, par des bactéries anaérobies, en ammonium. C'est cette dernière hypothèse qui tient débout car les résultats montrent que les ions ammoniums dépassent le seuil (Figure 30).

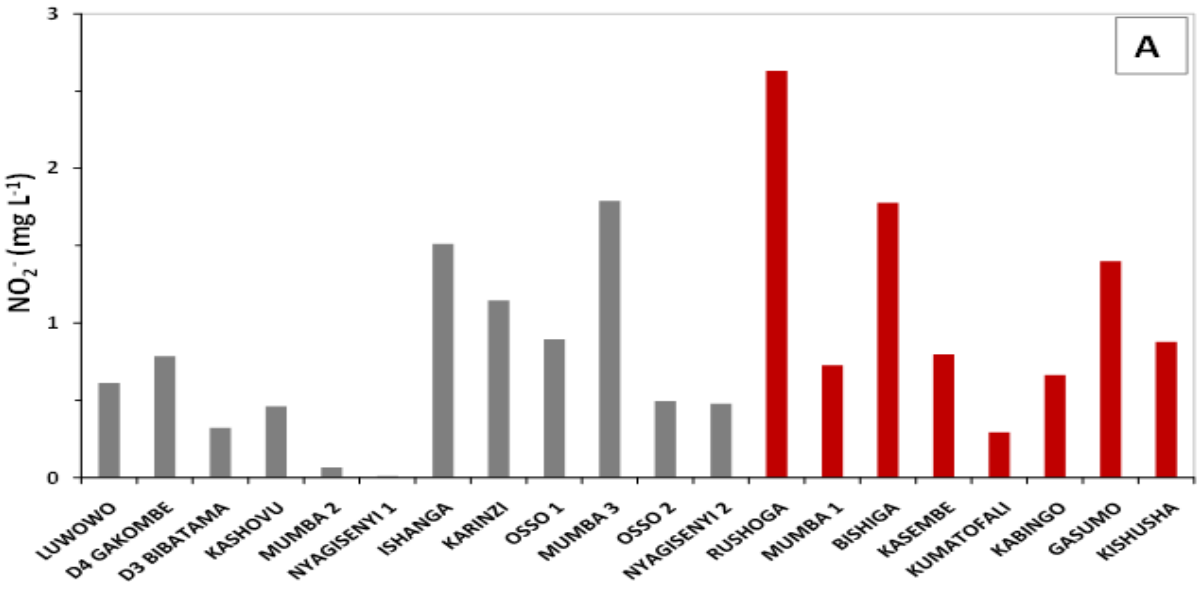


Figure 29: Concentration des ions nitrites dans les rivières en aval des mines de Rubaya (en rouge sont les rivières non concernées par l'exploitation minière)

b) Ions ammoniums (NH_4^+)

Les concentrations de NH_4^+ sont élevées dans toutes les rivières en aval des mines de Rubaya et varient entre 12,77mg/l et 86,95 mg/l, dépassant ainsi le seuil de 2 mg/l fixé par les normes des eaux de surface (Figure 30, Tableau 2). Elles proviennent de la transformation des nitrites par des bactéries anaérobies.

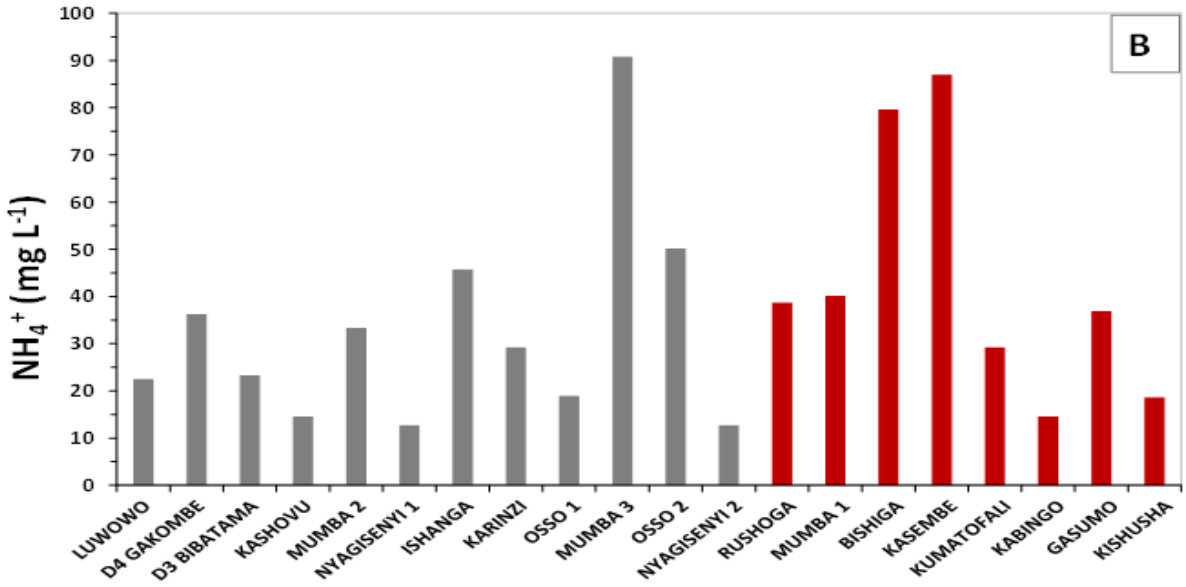


Figure 30: Concentration des ions ammoniums dans les rivières en aval des mines de Rubaya

c) Ions phosphates (PO_4^{3-})

Les concentrations de PO_4^{3-}sont comprises entre 0,32 mg/l et 2,84 mg/l. Dix sites (Luwowo, D3 Bibatama, Kasembe, Kashovu, Nyagisenyi1, Kabingo, Karinzi, Kashusha, Osso1 et mumba3) ont des concentrations normales par rapport au seuil de 0,5 mg/l fixé par les normes internationales des eaux de surfaces (Tableau 2). Les dix autres sites (D4 Gakombe, Mumba1, Bishiga, Kumatofali, Mumba2, Ishanga, Gasumo, Osso2, Nyagisenyi2, Rushoga) ont des concentrations anormales, dépassant le seuil de 0,5 mg/l (Tableau 2). C'est Rushoga qui présente des concentrations très élevées suite à sa richesse en nutriments phosphateux provenant des matières organiques (Figure 31).

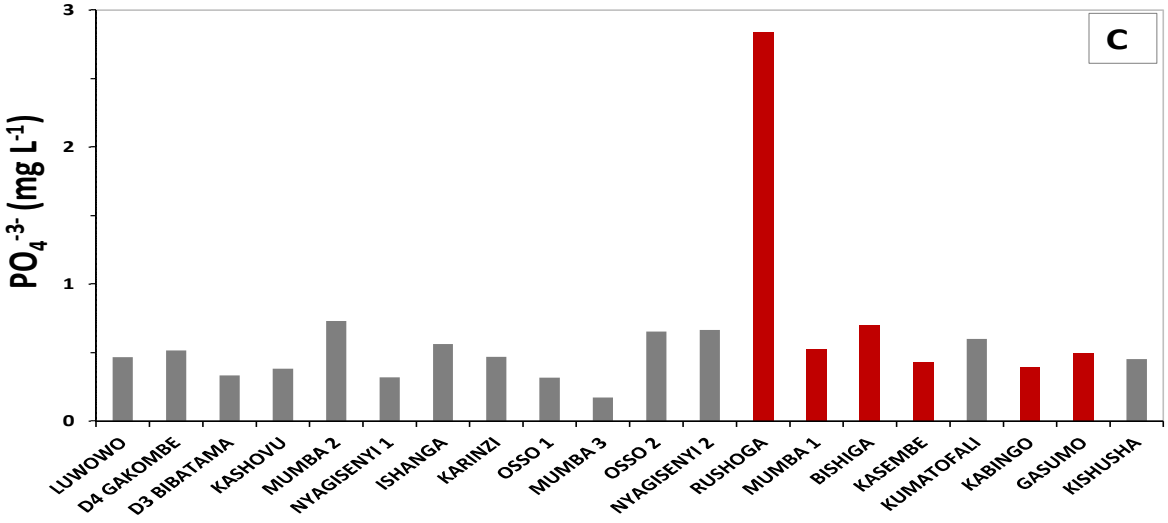


Figure 31: Concentrations des ions phosphates dans les rivières en aval des mines de Rubaya

d) Concentration de la silice dans les rivières en aval des mines de Rubaya

Les rivières en aval des mines de Rubaya ont des valeurs comprises entre 18,9mg/l et 93,13mg/l (Figure 32). Ces valeurs dépassent les limitent fixées par les normes internationales des eaux de surface (5 à 25 mg/l, Tableau 2). Cette silice provient du lessivage des roches traversées par ces rivières qui en sont enrichies. Toutefois, ce sont les rivières concernées par les exploitations minières qui en sont plus enrichies que celles non concernées par les exploitations minières.

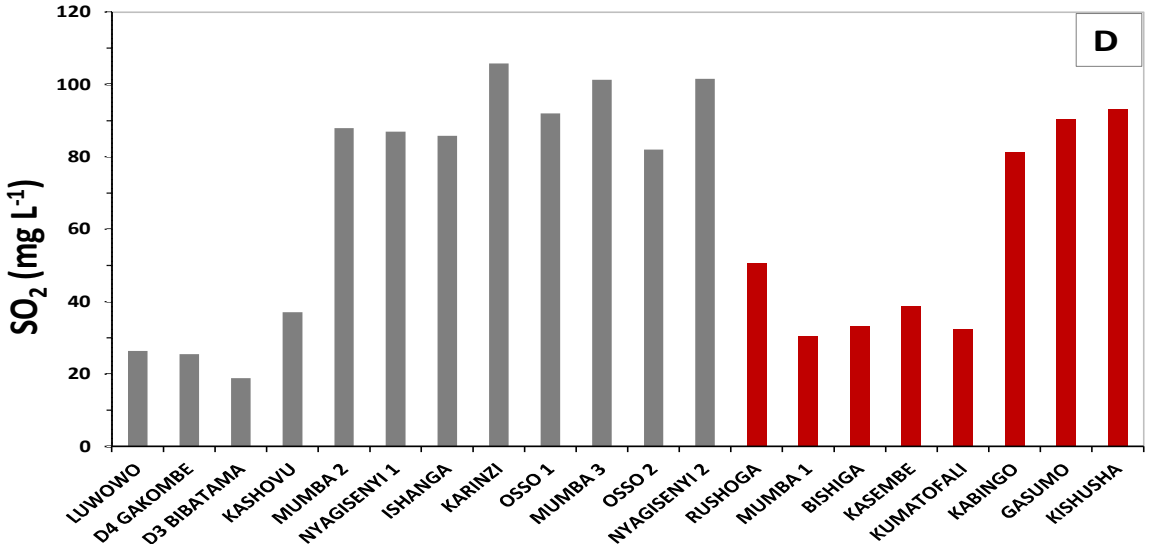


Figure 32: Concentration de la silice dans les rivières en aval des mines de Rubaya

e) Matières en suspensions

Les matières en suspension sont en quantité élevée dans les rivières concernées par les activités minières que dans celles non concernées. Leurs valeurs sont comprises entre 0,79 mg/l et 781,62 mg/l (Figure 33). C'est parmi les rivières associées aux activités minières qu'on trouve des concentrations en MES dépassant le seuil limité imposé par les normes internationales des eaux de surfaces, valeur qui doit être inférieure à 50 mg/l (Tableau 2). Les rivières les plus riches en MES sont Kashovu (604,32 mg/l), Nyagisenyi1 -275,96 mg/l), Ishanga (292,77mg/l) et Karinzi (781,62 mg/l).Les MES sont 129 fois supérieures dans les rivières concernées par les activités minières que dans celles non concernées ces dernières.

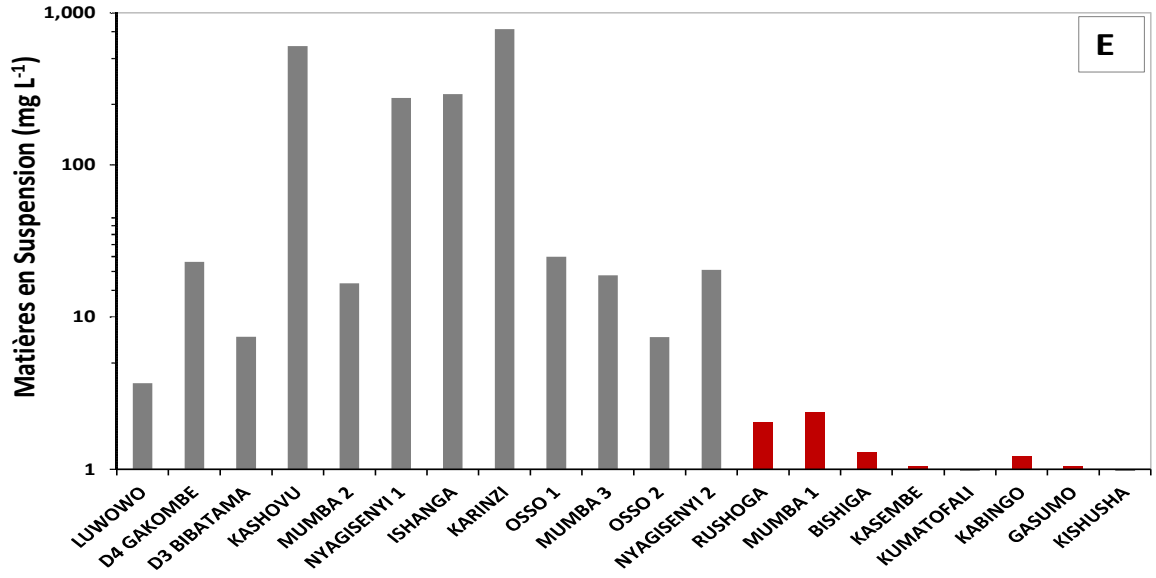


Figure 33: Concentrations des matières en suspension dans les rivières en aval des mines de Rubaya

f) Alcalinité totale

L'alcalinité des rivières en aval des mines de Rubaya varie entre 73,4 mg/l à 324,27mg/l avec beaucoup de valeurs légèrement élevées dans les rivières concernées par les activités minières que dans celles non concernées (Figure 34). Toutefois, ces valeurs restent dans l'intervalle fixée par les normes internationales des eaux de surface (50 à 350 mg/l, Tableau 2).

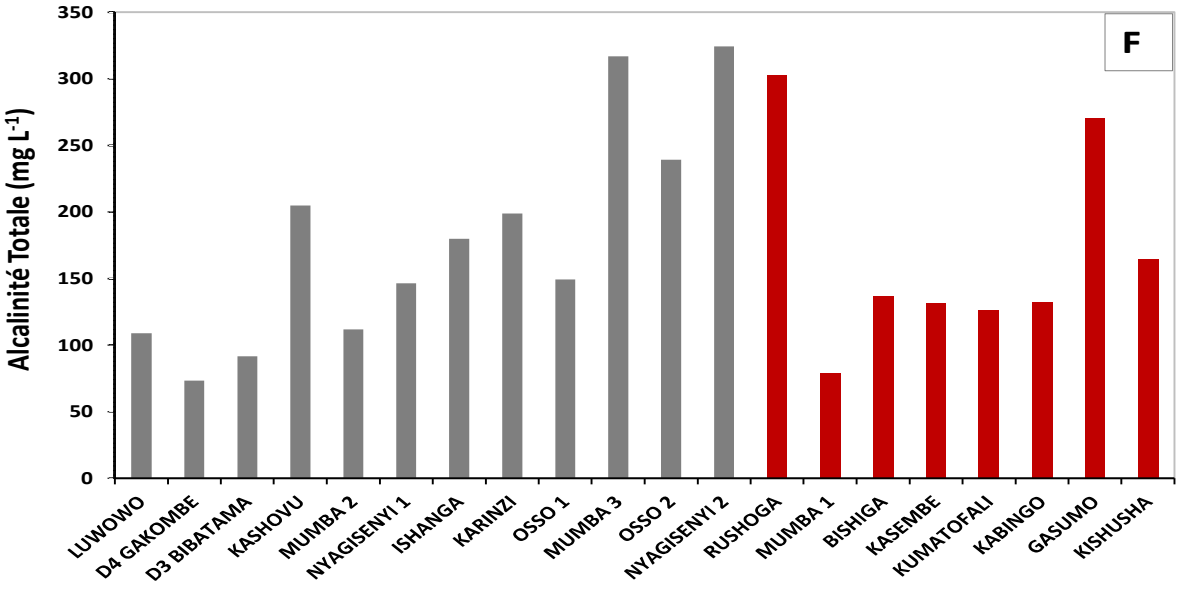


Figure 34: Alcalinité totale dans les rivières en aval des mines de Rubaya

III.2. DISCUSSION DES RESULTATS

III.2.1. RESULTATS ISSUS DES FOCUS GROUPS ET DES ENQUETES

Les exploitations minières de Rubaya s'accompagnent d'importants impacts socio-environnementaux pouvant être négatifs ou positifs.

III.2.1.1. IMPACTS NEGATIFS

Perte des champs et changement de profession: avant l'exploitation minière, la population était à 78,8% agricultrice ; 5,8% éleveur, 10,5% commerçante et 4,7% taximan. Cela cadre avec le rapport de CRET (1990)qui montre que la population de Rubaya/Masisi est agro-pastorale. Cependant, avec l'arrivée de l'exploitation minière à Rubaya, les champs sont convertis, sans indemnisation, en mines. Cela pousse 5,8% de cette population à se tourner vers les mines ; 28,2% vers le commerce et ce sont seulement 60% qui restent actuellement dans le secteur agricole, cultivant à grande distance. Des ménages ayant l'agriculture comme activité principale pratiquent soit le commerce, l'élevage ou le taxi comme activité secondaire et vice versa.

La déforestation et perte de certaines espèces floristiques : en effet, dans les mines de Rubaya, comme partout en RDC, le bois est très consommés pour le soutènement des galeries, la construction des campements, la collecte du bois de chauffage et la cuisine dans les camps… Aussi, avant d'accéder au gisement, le couvert végétal est d'abord enlevé.Ce phénomène est visible partout en RDC et menace lacouverture forestière de la RDC qui s'en va à un taux de 2 % entre 2010 et 2015, soit la perte annuelle de couvert forestier de 311 000 ha en 2015, faisant de la RDC l'un despays perdant le plus d'espace forestier par an (FAO, 2015, cité par MRAC, 2016 ; MECNT, 2011 ; PROMINES, 2012 ; Bamba, 2010).

Accidents suite aux excavations non remblayées, peu soutenues et instables : ces accidents, souvent fréquents, sont en relation avec le non respect des prescrits en matière d'exploitation minière. L'angle de talus n'est pas respecté, il y a un faible soutènement incapable de tenir toute la masse rocheuse sus-jacente, faiblesse dans la règlementation(https://www.ouest-france.fr/monde/republique-democratique-du-congo/rdc-des-dizaines-de-mineurs-toujours-disparus-apres-l-accident-dans-une-mine-artisanale-6971486; Promines, 2012 ; Balyahamwabo, 2016 ; BGR, 2019 ; MM, 2019 ; Global Witness, 2009; International Alert,2009)

Problèmes respiratoires suite aux émissions d'aérosols : en effet, les conditions de travail étant précaires, les exploitants miniers artisanaux ne portent pas des cache-nez, ce qui favorise l'inhalation des particules rocheuses, de l'humidité excessive régnant en profondeur et des fumées des moteurs d'aération provoquant à leur tour la pollution sonore. Aussi, la quantité d'oxygène disponible dans des galeries, par faible aération, n'est pas suffisantepour le nombre souvent élevés des mineurs en profondeur. Ce constat est déjà soulevé et confirmé par Elenge (2009), Ikonga (2015), Kahilu (2015) et Kabamba (2016) qui ont trouvé que les problèmes respirations dans les mines artisanales de l'ex Katanga sont liés aux causes précitées.

Trouble de vision suite à un faible éclairage dans les galeries : en effet, le long séjour en profondeur, sans éclairage suffisant entraine un problème de vision lorsque les mineurs sortent des galeries. Cela avait déjà été souligné par Thomas (2002) comme l'un des problèmes dans les exploitations minières artisanales à travers le monde.

Blessures chez les mineurs suite aux éclats des roches, fracture par glissade, lésions; blessures suite à l'explosion d'aimants de séparation, déchirure aux pieds, asphyxies suite à une faible aération, exposition aux intempéries, douleurs dorsales et fatigue chroniques sont des problèmes sanitaires rencontrés dans les exploitations minières artisanales de Rubaya. Ils sont souvent associés au manque d'équipements de protection personnelle, à un faible aménagement des mines et non respect des normes d'exploitation fixées par le code minier congolais de 2018. Ces faits sont très détaillés dans les rapports d'Ulrike (2019), de l'OMS (2017) et l'article d'Elenge (2009).

Dégradation de la qualité du sol etde l'eau, érosion et menace pour la vie aquatique:les rejets miniers issus des exploitations minières de Rubaya ne sont pas bien gérés. Ils sont jetés n'importe où, couvrant soit la couche arable, soit drainés vers les cours d'eau en aval entrainant leur envasement et ensablement. Aussi, les eaux usées venant des mines ne sont pas bien canalisées et aggravent ainsi l'érosion des sols déjà dénudés. Ces rejets miniers et ces eaux usées non traitées d'avance menacent la vie aquatique par modification des propriétés physico-chimiques des rivières. Ce constat cadre avec les recherchesd'Ousmane (2013) qui a monté que la pollution des eaux et la dégradation des sols en RDC sont aussi liées aux technologiesd'exploitation minière mal adaptées; mais aussi à celles de Mazalto (2019) qui a montré que les activités minières artisanales de la RDC polluent beaucoup les ressources en eau par non respect de la règlementation en la matière. Et ces problèmes sont signalés même ailleurs à travers le monde (Karl, 2013) comme au Burundi (Nsabimana, 2014), au Nigéria (Stephen, 2012),…

Modification et évolution du paysage : ceci est la conséquence directe du déboisement, des excavations, éboulement et glissement de terrain souvent fréquents dans les mines. Cela a aussi été évoqué par Bamba (2010).

Conflits fonciers, tensions et guerres :Selon ces recherches, des conflits permanents existent partout en RDC entre les propriétaires terriers et les artisanaux (superposition du droit foncier et du droit minier) et entre les artisanaux et les industriels (Ikonga, 2015 ; Sara, 2013 ; Boris, 2014 ; Lara, 2016 ; Boris, 2016 ; ACCORD, 2009). Et même les violences sexuelles et les guerres récurrentes à l'Est de la RDC sont liés aux ressources minérales et leur gouvernance (Mutabazi, 2008 ; Philippe, 2007 ; Ellen, 2017 ; Anne, 2019; Amnesty International, 2015 ; Thierry, 2013). L'absence de l'application stricte de la législation minière, la faiblesse de l'Etat et la corruption généralisée contribuent donc grandement à lanon indemnisation des victimes des exploitations minières.

Destruction et ou déplacement des infrastructures de base comme les écoles, les hôpitaux, les routes et les addictions d'eau lorsqu'une minéralisation y est découverte : cette pratique rend difficile l'accès aux services de base. Le faible nombre et la distance à laquelle se trouvent les hôpitaux et l'absence de routes en bon état ne favorisent pas l'accès rapide aux

soins de santé. La destruction, la délocalisation, la distance et le faible nombre d'écoles influent sur le niveau d'instruction qui est déjà faible à Rubaya ; niveau prouvant que les exploitations de Rubaya n'ont pas su relever la scolarisation des communautés autochtones, chose qui, pourtant, est obligée par le code et le règlement miniers congolais à leurs chapitres relatif aux responsabilités sociétales du titulaire de droit minier (Présidence de la RDC, 2018). Cette triste réalité, malheureusement, ne fait que confirmer le rapport de Franza (2018) qui montre que, à travers le monde, au lieu d'élever le niveau de vie des populations, les mines rendent les autochtones beaucoup plus pauvres, incapables de satisfaire leurs besoins fondamentaux comme l'instruction. Elles les obligent, par contre, à abandonner les études en leur faisant miroiter la réussite économique sans étudier. Cette réalité macabre a été signalée, même en RDC, par les travaux de Kampata (2019) qui montrent que pendant les dix dernières années, les exploitations minières n'ont pas pu répondre correctement aux attentes de développement de la RDC.

Appauvrissement des populations autochtones ne travaillant pas dans les mines, ne faisant pas le commerce et dont l'activité principale était l'agriculture mais abandonnée suite à la l'installation des mines dans leurs champs sans indemnisation : cela les pousse à aller chercher les champs à grande distance, soit à déménager (FOPAC, 2014 ; Search for Common Ground, 2014). Ce phénomène est signalé dans d'autres coins de RDC, comme au Sud Kivu (MRAC, 2015, 2016 ; Sara, 2011, 2013) et même dans plusieurs pays du monde (Stephen, 2012) comme le Burundi (Midende, 2010), leBurkina-Faso (Franza, 2018),…

III.2.1.2. IMPACTS POSITIFS

Les impacts positifs sont entre autres ***l'expansion des villages*** autour des mines suite à la venue des gens venant profiter des opportunités offertes par les exploitations minières.

Il y a aussi ***circulation de l'argent***suite aux revenus tirés des mines par les différentes catégories y œuvrant (2520$/an pour les creuseurs, 1800$/an pour les transporteurs, 2160$/an pour les laveurs, 3600$/an pour les sécheurs), ce qui contribue au développement du commerce. Toutefois, il est important de signaler que ces revenus ne sont vraiment pas suffisants compte tenu du coût de la vie élevé autours des mines et que ce sont seulement les négociants des minerais, les comptoirs d'achats des minerais et les entités de traitement des minerais qui en tirent grand profit (FOPAC, 2014 ; CNONGD, 2015 : OECD, 2004 ; Zvarivadza, 2018).

Ces résultats confirment largement notre première hypothèse. Elles sont conformes aux recherches de MRAC (2015, 2016), Elenge (2009), Gertrude (2013) et autres qui ont montré que « loin d'être seulement bénéfique, l'exploitation minière artisanale a beaucoup d'impacts environnementaux, notamment sur le sol, l'eau, l'air, l'habitat, la biodiversité, la société, la santé, l'économie, la sécurité… » ; etque les conditions précaires de travail des artisans miniers, sans respect des normes environnementales, impactent négativement leur santé et hypothèquent ainsi leur avenir.

III.2.2. RESULTATS DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

III.2.2. 1. PARAMETRES MESURES IN SITU

Les températures dans les rivières en avals des mines de Rubaya sont normales (entre 16,1°C et 21,6°C) pour toutes les rivières. Elles sont en dessous du seuil limite exigé par les normes internationales des eaux de surfaces (25°C Δ+3°C, Tab.2) car venant des hautes altitudes, généralement froides. Elles ne sont pas influencées par les activités minières car celles-ci rejettent les eaux froides, à températures ambiantes similaires aux rivières de la zone. Toutefois, il y a de petites variations selon les stations. Cela est dû à la chaleur qu'il faisait à l'heure d'échantillonnage. Avec ces valeurs normales, la solubilité des sels et de l'oxygène est bonne. Des changements brusques de température de plus de 3°C pourraient être néfastes pour la vie aquatique (Francis, 2016 ; Yao, 2016 ; Abdoulkadri, 2015, Grondin, 1982)

Les rivières en aval des mines de Rubaya ***sont basiques (pH>7)***. Cela veut dire qu'il y a, dans ces rivières, moins d'ions H^+ par rapport aux ions OH^-. Les valeurs de pH de ces rivières sont normales par rapport aux normes internationales des eaux de surface (6 à 10, Tab.2) sauf pour Luwowo (10,6). Cette valeur anormale est liée à l'apport des ions OH^- provenant des minéraux argileux. Ce paramètre, pH, n'est pas influencé par les activités minières car on voit que les valeurs ne s'écartent pas pour les rivières à activités minières et pour celles sans activités minières. Cela renseignent aussi que toutes ces rivières traversent presque les roches desquelles elles lessivent presque les mêmes types et quantités d'éléments chimiques. Des pH faibles (<6), eaux à acidité élevée) pourraient augmenter le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique et des pH élevés (>10) augmenteraient les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons (Francis, op cit, Yao, op cit ; Abdoulkadri, op cit ; Grondin, op cit). Des augmentations de pH peuvent se produire suite à des phénomènes d'eutrophisation ou par des rejets d'eaux usées alcalines (Lisec, 2004).

Les concentrations de ***l'oxygène dissous*** dans les rivières en aval des mines de Rubaya sont normales par rapport aux normes internationales des eaux de surface, car variant entre 4 et 8 mg/l (Tab.2 et Tab.3). Les activités minières n'impactent pas les valeurs de cet oxygène car elles restent proches dans les rivières à exploitations minières que dans celles non concernées par ces dernières. Toutefois, en règle générale, elles varient de manière journalière et saisonnière en fonction de la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, de la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau. Une valeur inférieure à 1 mg d'oxygène par litre indique un état proche de l'anaérobie et se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible ; et une valeur de 1 à 2 mg d'oxygène par litre indique une rivière fortement polluée mais de manière réversible (De villers, 2005).

Les valeurs de ***conductivité électrique***des rivières en aval des mines des Rubaya sont élevées (216,8µ à 612µS/cm) mais restent toutefois normales par rapport aux normes internationales des eaux de surface (50 à 1500 µS/cm, Tab.2). Elles prouvent qu'il y beaucoup des sels minéraux dissous. Les activités minières diluent ces concentrations par l'apport des éléments non minéraux charriés lors du drainage d'eaux usées des mines.La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissous qui peuvent être observées par exemple en cas de déversements d'eaux usées (Grondin, 1982; Abdoulkadri, 2015 ; Yao, 2016).

III.2.2.2. PARAMETRES MESURES AU LABORATOIRE

Les concentrations de NO_2^-, NH_4^+, PO_4^{3-}, HCO_3^- et de SiO_2 ne sont pas grandement influencées par les activités minières qui se font en amont et ce sont seulement, dans le cadre de notre étude, les matières en suspension qui augmentent exponentiellement suite aux activités minières en amont de ce réseau hydrographique (MEDD, 2013).

Aussi, il faut noter que les concentrations de NO_2^-, NH_4^+, PO_4^{3-}, faibles ou élevées, dans les rivières en aval des mines de Rubaya, ne sont pas absolument liées aux activités minières mais beaucoup plus aux matières organiques provenant des activités agro-pastorales. Les rivières concernées par les exploitations minières sont légèrement pauvres en nutriments que celles non concernées. La présence de ces nutriments joue, dans le cas de cette étude, légèrement sur la concentration en oxygène dissous. Une richesse en matière organique entrainera une demande en besoin d'oxygène (DBO) élevée et vice versa.

Par contre, les concentrations de HCO_3^- et de SiO_2, faibles ou élevées, dans les rivières en aval des mines de Rubaya, sont beaucoup plus dictées par la nature des roches traversées par ces eaux.Et les matières en suspension dépendent de la quantité des matières drainées dans les eaux, donc des rejets miniers.

a) Les nutriments : Nutriments : NO_2^-, PO_4^{3-}, NH_4^+ et SiO_2

Les nitrites (NO_2^-) sont en faibles concentrations (0,01 mg/l à 2,63 mg/l) dans les rivières en aval des mines de Rubaya mais normales par rapport aux normes internationales des eaux de surface (3 mg/l, Tab.2). Cela atteste qu'il y a moins de matières organiques à azote suite à leur décomposition par les bactéries anaérobies. C'est seulement Rushoga qui a une concentration élevée de 2,63 mg/l suite aux vaches qui viennent s'y abreuver en y défèquant, l'enrichissant davantage en matière organique. Des concentrations élevées en nitrites témoignent souvent de la présence de matières toxiques. Les nitrites sont surtout nuisibles pour les jeunes poissons. On considère que la situation est très critique à partir d'une concentration de plus de 3 mg NO_2^-/l (Lisec, 2004).

Par la suite, cette la transformation des nitrites augmentent la concentration d'***ammonium(NH_4^+)***dans toutes les rivières en aval des mines. Les valeurs des ions ammoniums (entre 12,77 et 86,95 mg/l) dépassent largement les valeurs normatives

internationales des eaux de surface fixées à moins de 2 mg/l (Tab.2). Les concentrations des ions ammoniums ne sont pas influencées par les activités minières de Rubaya car on voit que les valeurs sont voisines dans les rivières à activités minières que dans celles sans activités minières. L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg NH_3/l (Lisec, 2004).

Les concentrations des ions***phosphates (PO_4^{3-})*** sont normales (<0,5 mg/l, Tab.2) dans dix sites (Luwowo, D3 Bibatama, Kasembe, Kashovu, Nyagisenyi1, Kabingo, Karinzi, Kashusha, Osso1 et mumba3) et sont anormales (>0,5 mg/l) dans dix autres (D4 Gakombe, Mumba1, Bishiga, Kumatofali, Mumba2, Ishanga, Gasumo, Osso2, Nyagisenyi2, Rushoga). C'est Rushoga qui présente une valeur très élevé (2,84mg/l) suite aux activités humaines qui s'y font (lessive, baignade) mais aussi les excréments des vaches y laissés lors de l'abreuvage.

Des concentrations de nitrates et de phosphates, générées par la minéralisation de la matière organique, induisent le phénomène d'eutrophisation (étouffement de la vie aquatique) lorsqu'elles sont trop élevées.(Blieffert, 2001; Yao, 2016; Abdoulkadri, 2015; Hébert, 2000).

Les rivières en aval des mines de Rubaya sontrelativement riches en ***silice (SiO_2)*** avec des valeurs comprises entre 18,9mg/l et 93,13mg/l, dépassant le seuil fixé à 5 à 25 mg/l par les normes internationales des eaux de surface. Cette teneur élevée en silice prouve que les roches traversées par ces rivières sont beaucoup plus riches en silice (BRGM, 1974 ; Lisec, 2004).

b) L'alcalinité

Les rivières en aval des mines de Rubaya sont alcalines, avec des valeurs variant entre 73,4 mg/l et 324,27mg/l. Ces valeurs sont plus élevées dans les rivièresconcernées par les activités minières que dans celles nonconcernées. Cela est liée au fait que les activités minières amènent beaucoup des minéraux argileux riches en ions OH^-. Toutefois, ces valeurs restent dans l'intervalle fixée par les normes internationales des eaux de surface (50 à 350 mg/l, Tab.2).

c) Les matières en suspension

Le taux des matières en suspension, compris entre 0,79 mg/l et 781,62 mg/l, est très élevé dans les rivières concernées par les exploitations minières que dans celles non concernées. Dans les rivières à activité minière, il dépasse le seuil fixé à 50 mg/l par les normes internationales des eaux de surface (Tab.2). Les rivières les plus riches en MES sont Kashovu (604,32 mg/l), Nyagisenyi1 -275,96 mg/l), Ishanga (292,77mg/l) et Karinzi (781,62 mg/l) qui drainent les rejets miniers non traités de G4 Gakombe, Rukaza, Gasasa et Luwowo. Ce taux est 129 fois plus supérieur que dans les rivières non touchées par les exploitations minières. Cela est dû au fait les rejets miniers sont drainés dans le réseau hydrographique en aval sans traitement préalable. Cela confirme clairement notre deuxième hypothèse selon laquelle l'exploitation minière artisanale de Rubaya, par ses rejets, augmente grandement, au delà du

seuil limite tolérable, les matières en suspensions dans le réseau hydrographique en aval des mines.

III.3. PROPOSITIONS POUR UNE EXPLOITATION MINIERE ARTISANALE RESPECTUEUSE DE L'ENVIRONNEMENT A RUBAYA

Tenant compte d'impacts environnements associés aux rejets miniers de Rubaya (ensablement et ensablement des lits des rivières qui débordent, par la suite, de leurs lits ; inondations dans les agglomérations en aval des mines ; destruction des ponts et des maisons ; des bétails et des personnes emportés par ces rivières débordant ; menace pour les écosystèmes et la biodiversité aquatiques,…), il y anécessité de leur bonne gestion.

III.3.1. GESTION DES REJETS MINIERS DE RUBAYA

La gestion des rejets miniers peut se faire sur le site miniermême ou en dehors du site minier en fonction des propriétés des rejets (Michel et al, 2002).

III.3.1.1. GESTION DES REJETS MINIERS SOLIDES

a) Les morts terrain

Les morts-terrain des mines de Rubaya sont constitués du sol, de la saprolite et de schiste. Ils sont directement drainés vers les rivières en aval, pourtant ils ont un effet nocif sur la qualité de ces rivières, notamment l'augmentation de leur quantité des matières en suspension et de la turbidité. Pour leur bonne gestion, il faut procéder à leur entreposage, par catégorie, sur un terrain plat afin d'éviter leur érosion et leur écroulement. Dans le même ordre idées, ce lieu d'entreposage doit être entouré des murets de protection et doit être en dehors de la zone d'exploitation minière active afin de ne pas gêner les travaux et augmenter les risques d'effondrement des galeries par surcharge. Ensuite, en attendant leurs usages ultérieurs, ils doivent être végétalisés pour les stabiliser, éviter leur transport par le vent et l'eau ; réduire tant soit peu le problème de manque de champs et réduire les effets sur le climat (Michel, 2005 ; Michel et al, 2002).

b) Les stériles

Les stériles produits par les mines de Rubaya sont constitués de la pegmatite et des fragments de quartz. A Rubaya, il n'y a aucune politique de leur gestion, pourtant ils sont dangereux mais aussi peuvent être utiles. La pegmatite doit être gérée de la même manière que les morts-terrain. Par contre, les fragments de quartz doivent entre entreposés en dehors de la zone d'exploitation minière active, sur un terrain plat en attendant leurs utilisations ultérieures. Il faut donc disposer des haldès à stériles (Commission Européenne, 2009).

c) Les résidus

Les résidus des mines de Rubaya, sous forme de la pulpe, sont faits de quartz broyé, riche en oxydes de fer. Ils sont jetés n'importe où, pourtant ils ont un impact sur l'environnement mais

aussi peuvent être valorisés. Pour leur bonne gestion, ils doivent être collectés et gérés dans des parcs à résidus. Ces parcs doivent être creusés en amont des mines, sur un terrain stable, imperméable et loin d'une nappe ou d'un cours d'eau pour éviter sa contamination. Ils doivent être contrôlés en permanence pour éviter leur débordement, éviter des fuites et des ruptures éventuelles ; éviter aussi le drainage minier acide (DMA) et neutre (DMN) (Commission Européenne, 2009).

III.3.1.2. GESTION DES REJETS MINIERS LIQUIDES

Les mines de Rubaya n'utilisent pas les acides mais consomment une grande quantité d'eau. Après leur utilisation, ces eaux sont entrainées dans le réseau hydrographique sans épuration. Or ces eaux peuvent contenir différents types de contaminants pouvant être solubles (acides générés par l'exposition des sulfures à l'oxygène de l'atmosphère : DMA; les métaux lourds : Cu, Pb, Zn, Hg, etc. ; et les contaminants résultant des procédés de traitement des minerais), non solubles (particules solides en suspension) et radioactifs (Michel et al, 2002).

Dans notre mémoire, seules les particules non solubles, les matières en suspension, ont été quantifiées ; voilà pourquoi, la proposition de gestion des rejets miniers liquides les concerne uniquement. Ainsi, pour leur bonne gestion, il faut construire, en aval des mines mais en amont des rivières, des bassins de décantation et des digues/barrières coupant la vitesse du courant et permettant ainsi aux particules de sédimenter. Ensuite, ces bassins de sédimentation doivent être curés continuellement et les produits de curage stockés pour les usages ultérieurs. Cela réduira grandement l'impact de ces rejets sur le taux des matières en suspension, la turbidité, l'envasement, l'ensablement et la destruction des écosystèmes et de la vie aquatique (Michel et al, 2002 ; Commission Européenne, 2009).

III.3.2. UTILISATION ET VALORISATION DES REJETS MINIERS DE RUBAYA

Les rejets miniers de Rubaya peuvent être utilisés et valorisés différemment en fonction de leur nature. Ils peuvent servir à :

- ***La restauration et la réhabilitation des sites miniers fermés ou abandonnés:*** les morts-terrain et les stériles peuvent être utilisés pour remblayer les puits, les tranchées et les galeries des mines déjà fermées ou abandonnées. Leur utilisation dans ce sens réduirait sensiblement le coût de restauration à cause de leur proximité (Aubertin, 2015 ; Bruno, 2015).
- ***La construction des routes :*** le sable venant du lavage de la pegmatite de Rubaya est un bon matériau pour servir de couche de roulement des routes et réduire ainsi les boues glissantes souvent fréquentes sur ces routes. Aussi, les fragments de quartz peuvent servir, selon leur taille, à remblayer les trous sur ces routes, construire des caniveaux, des ponts, des murs de soutènement, des gabions pour protéger les talus des routes,…(Charboneau, 2014)
- ***La construction des maisons,*** comme matériaux cimentaires et additifs pour mortiers ou bétons ou même comme agrégats. En effet :

- ✓ Les limons et les argiles déposés au fond des bassins de décantation peuvent servir pour fabriquer des blocs adobes, des briques cuites, des tuiles et autres produits de la poterie (Yassinet, 2017).
- ✓ Le sable venant de la pegmatite peut servir pour la fabrication des blocs-ciment, le crépissage et le surfaçage des murs des maisons, faire le mortier, le pavement et les pavés (Yassinet, 2017).
- ✓ Les fragments de quartz peuvent servir, selon leur taille, pour la construction des fondations, l'érection des clôtures et des murs de soutènement ; ils peuvent servir de moellon (Charboneau, 2014).
- ✓ Les eaux usées venant des mines, après décantation, serviraient pour faire ces blocs, ces briques, ces objets de la poterie et autres.

- ➢ ***La sidérurgie :*** le fer contenu dans les résidus peut servir de matière première pour l'industrie sidérurgique (Commission Européenne, 2009).
- ➢ ***L'embellissement (esthétique) :*** des morceaux de quartz bien cristallisé et de grande taille sont tellement attractifs (Charboneau, 2014).

Certes, des études géotechniques, mécaniques et géochimiques doivent d'abord être faites pour caractériser ces différents matériaux et voir s'ils ne contiennent pas des éléments/métaux résiduels toxiques ou radioactifs.

CONCLUSION

Notre mémoire s'est focalisé sur l'évaluation des impacts socio-environnementaux de l'exploitation minière artisanale du coltan autour de Rubaya. Il poursuivait l'objectif de contribuer à la gestion durable de l'environnement autour des sites miniers de Rubaya. A l'issu de nos recherche, nous avons trouvé que nos deux hypothèses ont été largement confirmées.

En effet, nos résultats prouvent que les exploitations minières de Rubaya contribuent, certes, à son expansion et à la création d'emplois et de revenus pour certains. Néanmoins, elles s'accompagnent aussi d'important dégâts socio-environnementaux comme :

- la perte des champs et des parcelles ;
- l'érosion et la perte des terres,
- l'accès à l'eau potable devenu difficile ;
- la perte de la qualité des rivières ;
- des tensions sociales et des conflits suite à la non indemnisation des victimes ;
- la destruction et ou la délocalisation des routes, des écoles et des hôpitaux ;
- le taux et le niveau de scolarisation sont faibles ;
- l'augmentation de la fréquence des fractures, des problèmes respiratoires, du VIH/SIDA, des maladies de la peau, de la blennorragie et de la syphilis, des maladies non identifiées localement, de la malaria et de la fièvre typhoïde ;
- l'absence d'infrastructures d'assainissement dans les mines ;
- le vol des récoltes et des bétails ;
- divers risques, entrainant mort d'hommes, sont fréquents : éboulement, effondrement, asphyxie.
- L'augmentation du taux des matières en suspension dans les rivières concernées par les exploitations minières dépassant ainsi 129 fois celles des rivières non affectées par les exploitations minières.

Au regard de tous ces impacts, les exploitations minières de Rubaya ne contribuent pas à y créer un développement intégral. Pour cela, des efforts doivent être faits pour remédier à ces impacts négatifs, notamment respecter les prescrits du code et du règlement miniers en rapport avec les devoirs du titulaire de droit minier, l'indemnisation des victimes de ces exploitations minières, l'accès à l'eau potable, la préservation de la qualité des eaux des rivières, la contribution au développement du milieu local, la dotation en infrastructures de base (routes, écoles, hôpitaux),…

Les rejets miniers, étant responsables d'important dégâts (augmentation des matières en suspension dans les rivières en aval des mine, hausse de la turbidité, envasement et ensablement des rivières) peuvent être valorisés et contribuer à la réduction de leurs impacts environnementaux négatifs, à la création d'emplois et de revenus. En effet, ils peuvent servirpour la restauration des sites miniers fermés ou abandonnés, dans les travaux de génie civil : matériaux de construction des routes, des maisons, des ponts ; fabrication des briques, des blocs, poterie et même pour l'embellissement (esthétique).

BIBLIOGRAPHIE

1) ABDOULKADRI, A. ; BOUBIE, G. (2015).*Caractérisations physico-chimiques des eaux souterraines de la localité de Yamtenga (Burkina Faso)*,ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631, 18p
2) AMNESTY INTERNATIONAL &GLOGAL WITNESS (2015).*Digging for Transparency*, 40p
3) ANNE, K. (2019).*The role of natural resources in civil wars : the case of Democratic of Congo*, 99p
4) AUBERTIN, M. &al (2015).*Revue des meilleures pratiques de restauration des sites d'entreposage de rejets miniers générateurs de DMA*, Rouyn-Noranda, 67p
5) BALYAHAMWABO, T. (2106).*Analyse de l'évolution des accidents de travail dans les mines de cuivre du Katanga,* ISSN 1819-1010 (pp.336-380), 16p
6) BAMBA, J. (2010).*Anthropisation et dynamique spatio-temporelle des paysages forestiers en RDC du Cu*, thèse inédite, 206p
7) BGR (2019). *Cartographie de l'exploitation minière artisanale du cuivre et du cobalt dans les provinces du Haut Katanga et du Lualaba en République Démocratique du Congo*, ISSBN, 978-3-948532-03-1, 63p
8) BLIEFFERT, C. & PERRAUD, R. (2001). *Chimie de l'environnement – air, eau, sols, déchets*, éd. DeBoeck Université.
9) BORIS, V. (2016).*Towards a negotiated solution to conflicts between large-scale and small-scale miners? The acupan contract mining project in the Philippines*, Elsevier, 9p
10) BORIS, V. &al (2014).*Minding the land: the relationship between artisanal and small-scale mining and surface land arrangements in the southern Philippines, eastern DRC and Liberia*, Elsevier, 11p
11) BRGM/Service Géologique du Zaïre (1974).*Carte des gites minéraux du Zaïre*, Paris, 99p
12) BRUNO, B. (2015).*Principaux défis et pistes de solution pour la restauration des aires d'entreposage de rejets miniers abandonnées,* 29p
13) BRUNO, B. (2017).*Restauration des sites miniers : ne pas répéter les erreurs du passé*, 48p
14) CAHEN, L. (1954).*Géologie du Congo belge*, Ed. Carmanne, Liège
15) CAMI (2018).*Procédure d'octroi d'un permis d'exploitation de la petite mine*, 2p
16) CENTRE DE DEVELOPPEMENT DE L'ENTREPRISE (2000).*Guide de l'Exploration minière*, ACP-UE, 635p
17) CEEG (2015), Carte géologique du Nord Kivu
18) CHARBONNEAU, P. (2014).*Analyse des pratiques de valorisation des rejets miniers*, mémoire de maitrise inédit, Université de Sherbrooke, 75p
19) CNONGD (2015).*Les conséquences d'une exploitation minière non contrôlée sur l'agriculture congolaise-étude des cas*, 57p
20) COMMISSION EUROPÉENNE (2009).*Gestion des résidus et stériles des activités minières*, 632p

21) COOPERAMMA (2017).*Etat de lieu de l'exploitation minière artisanale dans le territoire de Masisi*, rapport inédit, 135p

22) CRET (1990).*Géographie et aménagement dans l'Afrique des Grands Lacs*, collection 'pays enclavés' N°3, Talence/ Bordeaux

23) DE DORIS, B. & al(2017).*Le genre et l'exploitation minière artisanale et à petite échelle en Afrique centrale et de l'Est: bénéfices et barrières*, GrOW Research Series, 70p

24) DE VILLERS, J. &al (2005).*Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général, fiche inédite, 16p*

25) ELENGE, M. (2009).*Impact des conditions de travail sur la santé des artisans miniers de la Ruashi (République Démocratique du Congo)*, 5p

26) ELLEN, P. (2017)*Sustainable mining for long term poverty alleviation in the Democratic Republic of the Congo*, 114p

27) ENCYCLOPEDIE UNIVERSALIS (2019)

28) ENVIRONMENTAL LAW ALLIANCE WORLDWIDE (2010).*Guide pour l'évaluation des EIE pour de projets miniers*, 130p

29) FLORENCE, A. (1990).*Thesaurus de l'exploitation minière-souterraine et à ciel ouvert*, 3e édition, 46p

30) FLORESCU, D. (2010). *The influence of pollution monitoring parameters in characterizing the surface water quality from Romania southern area*, 10p

31) FOPAC (2014).*plaidoyer pour la conciliation entre l'exploitation minière et le développement de l'agriculture à Rubaya*

32) FRANCIS, R. & al (2016).*Méthodes et techniques instrumentales*, Masson, Paris, 551p

33) FRANZA, D. & al (2018). *«Les mines nous rendent pauvres » : l'exploitation minière industrielle au Burkina Faso*, GLOCON, Country Report Series, 37p

34) GERALDINE, A. &MARIE G. (2012).*Le travail des enfants dans les mines artisanales du Katanga*, 12p

35) GERTRUDE, M. (2013).*L'évaluation environnementale et analyse des risques dans le domaine de l'exploitation minière : les conséquences du non-respect des obligations environnementale,* 7p

36) GLOBAL WITNESS (2009).*Face à un fusil, que peut-on faire ?*, 120p

37) GODTS, E. ; ONCLINCX, F. (2004).*Aperçu des principales sources de pollution de l'eau en région bruxelloise*, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, 5p

38) GRONDIN, J. (1982). *Paramètres physico-chimiques des eaux naturelles mesures in situ,* note technique,Office de la Recherche Scientifique et Technique Dakar, 55p

39) HAMISI, B. & KAHAMBU, K. (2016). *Contribution à l'étude géologique des intrusions acides du secteur de Matanda, approches pétrographique et géochimique*, mémoire inédit, UNIGOM, 82p

40) HÉBERT, S. & LÉGARÉ, S. (2000).*Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq n° ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, 24 p. et 3 annexes.

41) HENTSCHEL, T. & al. (2003).*Artisanal and Small-Scale Mining:Challenges and Opportunities,* IIED, London, ISBN 1 84369 470 0

42) *http://www.eau-poitou-charentes.org/IMG/jpg/param_normes_phy-chim_etat-eco-cours_d_eau_arrete25janv2010.jpg*

43) *https://planificateur.a-contresens.net/afrique/republique_democratique_du_congo/province_du_nord_kivu/masisi/209477.html*

44) *https://www.congo-autrement.com/page/territoire-de-la-rdc/territoire-de-masisi-nord-kivu.html*

45) *https://www.smb-sarl.com/fr/accueil/*

46) IKONGA, K. & al (2015).*Problématique de l'exploitation minière industrielle et artisanale dans le district urbano-rural de Kolwezi*, Librairie Africaine d'Etudes Juridiques, 18p

47) INTERNATIONAL ALERT (2009).*Etude sur le rôle de l'exploitation des ressources naturelles dans l'alimentation et la perpétuation des crises de l'Est de la RDC*, 94p

48) ITIE (2015).*Rapport de l'auditeur indépendant sur l'étude de cadrage de la couverture de l'exploitation minière artisanale à l'Est de la RDC*, 70p

49) ITIE_RDC (2019).*Rapport de conciliation ITIE_RDC2017*, 90 p disponible sur *https://eiti.org/files/documents/rapport_de_conciliation_itie-rdc_2017_-_final_signe.pdf*

50) JENNINGS, N. (1999).*Social and labour issues in small-scale mines,* Rapport soumis aux fins de discussion à la Réunion tripartite sur les problèmes sociaux et de travail dans les petites exploitations minières, Genève, 1999. Genève : Organisation internationale du travail.

51) JOCELYN, T. (2013).*"This mine has become our farmland": critical perspectives on the co(evolution of artisanal mining and conflict in the Democratic Republic of the Congo*, Elsevier, 9

52) JORDEN, D. &SARA G. (2016).*Mining cooperatives in Eastern DRC The interplay between historical power relations and formal institutions*, Elsevier, 9p

53) KABAMBA, N. & et al (2016). *Respiratory Health of Artisanal Miner of Lwisha in Katanga/DRC*, ISSN 2333-9721, 10 p

54) KAHILU, M. &al (2015). *De l'exploitation minière artisanale et son impact environnemental dans la ville de Kolwezi*, Librairie Africaine d'Etudes Juridiques, 17p

55) KAMPATA, D. (2019).*Exploitation minière pendant dix dernières années et son impact sur le développement*, présentation inédite, 29p

56) KAREN, H. & RACHEL, P. (2012).*Women in the artisanal and small-scale mining sector of the Democratic Republic of the Congo*, 17p

57) KAREN, H. & RICHARD, B. (2003).*Coltan mining in the Democratic Republic of Congo: how tantalum-using industries can commit to the reconstruction of the DRC*, 64p

58) KARL, M. & JAN, H. (2013). *Soil erosion from agriculture and mining: a threat to tropical stream ecosystems*, 24p

59) KATEMO, M. & al (2010).*Evaluation de la contamination de la chaîne trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/RD Congo)*, TROPICULTURA, 28, 4, 246-252, 7p

60) KEN, M. & ANDRES, Z. (2013).*Conflict minerals' initiatives in DR Congo: Perception of local mining communities*, 51p
61) LA REINE DU CHEF DU CANADA (2013).*Guide sur l'exploration et l'exploitation minières pour les communautés autochtones*, 116p
62) LARA, A. (2016).*Natural resource governance in hybrid political orders : the cases of North Kivu and Katanga*, CCDP Working paper, 56p
63) LARONDE, S. (2010).*Bilan national des efforts de surveillance de la qualité des cours d'eau*, Rapport final inédit, 330p
64) LAURENT, M. & DIEUDONNE K. (2018).*La protection des enfants de l'exploitation minière artisanale dans la province de Lualaba : analyse des mécanismes et des pistes de solution*, 19p
65) LEON, K. & al (2016).*Respiratory health of artisanal miner of Lwisha in Katanga/DR Congo*, 10p
66) LISEC, B. (2004).*Contrôle van de fysicochemische kwaliteit van de viswaters van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest*, rapport effectué pour le compte de l'IBGE
67) MARIE, M. (2008). *La réforme du secteur minier en République Démocratique du Congo : enjeux de gouvernance et perspective de reconstruction*, De Boeck Supérieur, 29p
68) MARTINA, S. (2010).*Dynamics of oppression and state failure: cases of child labour in artisanal and small-scale mines Democratic Republic of Congo*, 90p
69) MASHARABU, T. (2018).*Méthodologie de la Recherche*, cours inédit, université du Burundi
70) MATHILDA, C. (2013).*L'évaluation environnementale et analyse des risques dans le domaine de l'exploitation minière : les conséquences du non-respect des obligations environnementales*, 9p
71) MAZALTO, M. (2019).*Pollution des sources d'eau en République Démocratique du Congo : réflexion sur les nouveaux modèles de développement dans le secteur minier, Horizons Maghrébins-Le droit à la mémoire*, 9p
72) MEDD (2013).*Coût de l'inaction de la gestion des produits chimiques dans le secteur minier et agricole*, 2013
73) MEEATU & MSPLS, Ordonance ministerielle conjointe N°770/478 du 25/03/2014 portant *fixation des normes de rejet des eaux usées domestiques et industrielles au Burundi*, 36 p
74) MICHEL, A. (2005).*Stabilité géotechnique des ouvrages de retenue pour les résidus miniers: problèmes persistants et méthodes de contrôle*, 26p
75) MICHEL, A. & al (2002).*La gestion des rejets miniers dans un contexte de développement durable et de protection de l'environnement*, Montréal, Québec, Canada, 10p
76) MIDENDE, G. (2010).*Les exploitations minières artisanales du Burundi*, rapport inédit, 22p
77) MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, CONSERVATION DE LA NATURE ET TOURISME (MECNT/RDC) (2011).*Etude qualitative sur les causes de la déforestation et de la dégradation des forêts en République Démocratique du Congo*, rapport final, 165p

78) MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE LA BELGIQUE (1987).*« Arrêté royal du 4 novembre 1987 fixant des normes de qualité de base pour les eaux du réseau hydrographique public et portant adaptation de l'arrêté royal du 3 août 1976 portant règlement général relatif aux déversements des eaux usées dans les eaux de surface ordinaires, dans les égouts publics, et dans les voies artificielles d'écoulement des eaux pluviales »*, MB du 21.11.87.

79) MINISTERE DES MINES (2019).*Manuel de certification : De minerais des filières aurifères, cupro-cobaltifère, stannifère et pierres de couleur du secteur minier artisanal et à petite échelle en République Démocratique du Congo*, 36p

80) MINISTERE DES MINES/MINISTERE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIE (2015).*carte géologique de la RDC au 1/2500000*

81) MÔNICA, P. (2004). *Exploitations minières et politiques de gestion environnementale-utilisation de l'expertise canadienne en fermeture de mines pour le site de l'ancienne mine d'uranium de l'INB à Caldas* (Minas Gerais, Brésil), thèse inédite, 588p

82) MRAC (2012).*Conjonctures congolaises : Politique, secteur minier et gestion des ressources naturelles en RDC*, Paris, Harmattan, 320p

83) MRAC (2016). *Conjonctures congolaises, entre incertitudes politiques et transformation économique*, Cahiers Africains, Harmattan, 336p

84) MRAC (2017).*Conjonctures de l'Afrique centrale*, Paris, Harmattan, 364p

85) MUDAHERA, B. (2015). *Contrôle géologique de la minéralisation stano-wolframifère du secteur de Muvunyi Karuba (Bisunzu) Masisi; Nord-Kivu,* mémoire inédit ; NIGOM

86) MURHI, M. (2019).*Sécurité alimentaire dans le site d'exploitation artisanale de minerais de Kadumwa au Sud-Kivu en République Démocratique du Congo*, ResearchGate, 17p

87) MUTABAZI, N. & NYASSA, S. (2008).*L'exploitation du coltan en République Démocratique du Congo : trafic et guerre*, 96p

88) NSABIMANA, A. (2014).*Pratiques d'orpaillage et érosion des sols à Mabayi, au Burundi*, 40p

89) O'NEILL, J. & TELMER, K. (2017).*Estimer l'utilisation du mercure et identifier les pratiques de l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or (EMAPE)*. Genève, Suisse: ONU-Environnement. ISBN 978-1-7752254-2-3.

90) OECD (2004).*L'économie minière au Kivu et ses implications régionales*, 30p

91) OMS (2017).*Risques pour la santé au travail et l'environnement associés à l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or*, 36p

92) OUSMANE, B. & al (2013).*Impact de l'artisanat sur les sols d'un environnement agricole aménagé au Burkina Faso*, Journal des Sciences, 12p

93) PATIENCE, S. & KADY S. (2018).*Best practices: formalization and due diligence in artisanal and small-scale mining*, 24p

94) PHILIPPE, L. & CHRISTIAN, H. (2007).*Filières industrielles et conflits armés : le cas du tantale dans la région des Grands Lacs*, Presses de Sciences Po, 11p

95) POULARD, F. & al (2017).*Exploitation minière et traitement des minerais*, Tome 6, 77p

96) POURRET, O. (2015).*Assessment of soil metal distribution and environmental impact of mining in Katanga (Democratic Republic of Congo)*, 45p

97) PRESIDENCE DE LA RDC (2011).*Constitution de la République Démocratique du Congo*, du 20jnvier 2011

98) PRESIDENCE DE LA RDC (2018).*Loi n°18/001 modifiant et complétant la Loi n° 07/2002 du 11 juillet 2002 portant Code minier*

99) PRESIDENCE DE LA RDC(2018). *Règlement minier de la République Démocratique du Congo*, du 08 juin 2018

100) PROMINES (2012).*Rapport final sur l'évaluation stratégique environnementale et sociale sectorielle (ESESS) du secteur minier en RDC*, 422p

101) REUBEN, G. & ZVIDZAI, M. (2015).*Sustainable mining in Africa : Standards as essential catalysts*, 55p

102) RODIER, J. & al (2009)., *Analyse de l'eau*, 9e édition, Paris, Dunod, 1579p

103) ROY, M. & GAVIN, H. (2011).*Safeguarding livelihoods or exacerbating poverty? Artisanal mining and formalization in West Africa*, 11p

104) SARA, G. & RAF, C. (2010).*Tiraillement autour du secteur minier de l'Est de la RDC*, ResearchGate, 29p

105) SARA, G. (2012).*A dangerous bet: the challenges of formalizing artisanal mining in the Democratic Republic of Congo*, Elsevier, 9p

106) SARA, G. (2013).*Dispossession, displacement and resistance: artisanal miners in a gold concession in South-Kivu, Democratic Republic of Congo*, Elsevier, 10p

107) SEARCH FOR COMMON GROUND (2014).*Renforcement de la cohésion sociale dans la zone minière artisanale de Rubaya-évaluation finale*, 78p

108) SEYDOU, K. (2001).*Etude sur les mines artisanales et les exploitations minières à petite échelle au Mali*, 54p

109) SILVAINE, G. (2012).*Origine et impact des pollutions liées aux activités minières sur l'environnement (eau-sol-atmosphère) et la santé, cas de Oruro (Bolivie),* thèse inédite, université de Toulouse III, 319 p

110) STEPHEN, J. (2012).*Mitigation the activities of artisanal and small-scale miners in Africa: challenges for engineering and technological institutions*, IJMER, 12p

111) THIERRY D. (2012). *Considérations et perspectives sur la question de l'exploitation illégale des ressources minérales dans la région des Grands Lacs et sur le « Dodd-Frank Act » américain*, ReacherchGate, 14p

112) THIERRY V. (2013).*Les minerais d'Afrique, entre conflits et développement, Institut français des relations internationales*, 5p

113) THIERRY, D. & CHARLOTTE, D. (2013).*Certifier les ressources minérales dans la région des Grands Lacs, Institut français des relations internationales*, 15p

114) THOMAS H. & al. (2002).*Global report on artisanal and small-scale mining*, MMSD, 67p

115) THOREAU, J. & CHEN, J. (1943). *Les roches éruptives et métamorphiques du Kivu central et oriental*. Mém. Inst. Géol. Univ. Louv. IX (8) 4-7 : 48-56 ;

116) TREMBLAY, R. & PERRIER, Y. (2006). *Savoir plus : outils et méthodes de travail intellectuel*, 2e éd. Les Éditions de la Chenelière inc.

117) ULRIKE, D. & al (2019), *Artisanal and small scale mining*, Polinares working paper n°19, 8p

118) USAID (2017).*Directive environnementale sectorielle: exploitation minière artisanale et à petite échelle*, 100p

119) VILLENEUVE, M. & CHOROWICZ, J. (2004), Les sillons plissés du Burundien supérieur dans la chaine Kibarienne d' Afrique centrale, Elsevier,doi:10.1016/j.crte.2004.01.006, C.R. Géoscience 336 (2004), 807-814, 7p

120) VERNADSKY VLADIMIR IVANOVITCH (1930). *Sur la classification et sur la composition chimique des eaux naturelles*. In: Bulletin de la Société française de Minéralogie, volume 53, 1-6, 1930. contenant le Livre jubilaire publié à l'occasion du cinquantenaire de la Société. pp. 417-442; doi : *https://doi.org/10.3406/bulmi.1930.4103https://www.persee.fr/doc/bulmi_0366-3248_1930_num_53_1_4103*

121) www.congo-autrement.com/page/territoire-de-la-rdc/territoire-demasisi-nord-kivu.html

122) YAO, M.& al(2016).*Caractéristiques géochimiques des eaux de surface dans un environnement agricole : cas des bassins versants de la Gascogne (Région Midi Pyrénées, S-W de la France)*. International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSR Journals, 17 (2), pp.394-406. ffhal-01371494ff

123) YASSINE, T. (2017).*Valorisation des rejets miniers dans la fabrication de briques cuites: évaluations technique et environnementale*, thèse inédite, 'Université du Québec en Abitibi Témiscamingue, 295p

124) ZVARIVADZA, T. (2018).*Artisanal and small-scale mining as a challenge and possible contributor to sustainable development*, Elsevier, 10p

ANNEXES

1) QUESTIONNAIRE/THEMES DE FOCUS GROUP

Je suis étudiant au Master en Génie de l'Environnement à l'Université du Burundi. Par cet entretien avec les intervenants dans les activités minières de Rubaya que vous êtes, je collecte les données pour permettre de réaliser mon mémoire portant sur ***« évaluation des impacts socio-environnementaux et de la contamination aux métaux lourds en aval des mines artisanales de Rubaya/RDC ».*** Nous vous garantissons l'anonymat, nous vous invitons à vous sentir libre de vous exprimer et nous vous remercions d'avance pour vos réponses à nos questions.

THEMES D'ENTRETIEN

1. Quels sont les problèmes et ou risques que vous rencontrez dans l'exercice de votre travail ?
2. A combien estimez-vous votre revenu annuel tiré de l'activité dans la mine?
3. Quels sont les biens achetés que vous n'auriez pas pu vous procurez en dehors de cette activité ? (Valeur, prix).
4. Quels sont les maladies professionnelles fréquentes qui vous affectent souvent ?
5. Qu'est-ce que, selon vous, peut être fait pour réduire ou même supprimer ces problèmes/risques et ces maladies?

Merci beaucoup d'avoir répondu à notre invitation et d'avoir participé activement à ce débat.

2) QUESTIONNAIRE/THEMES DE FOCUS GROUP POUR UN MEMOIRE DE MASTER

Je suis étudiant au Master en Génie de l'Environnement à l'Université du Burundi. Par cet entretien avec les intervenants dans les activités minières de Rubaya que vous êtes, je collecte les données pour permettre de réaliser mon mémoire portant sur ***« évaluation des impacts socio-environnementaux et de la contamination aux métaux lourds en aval des mines artisanales de Rubaya/RDC ».*** Nous vous garantissons l'anonymat, nous vous invitons à vous sentir libre de vous exprimer et nous vous remercions d'avance pour vos réponses à nos questions.

THEMES D'ENTRETIEN AVEC LES SERVICES MINIERS ETATIQUES (SAEMAPE, DIVISION DES MINES ET POLIMINES) ET LA COOPERATIVE (COOPERAMMA)

6. Quels sont les problèmes et ou risques que les gens que vous gérez rencontrent souvent dans l'exercice de leur travail ?
7. Quels sont les contentieux souvent fréquents ?
8. Qu'est-ce que, selon vous, peut être fait pour réduire ou même supprimer ces problèmes/risques ?

Merci beaucoup d'avoir répondu à notre invitation et d'avoir participé activement à ce débat.

3) QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

Je suis étudiant au Master en Génie de l'Environnement à l'Université du Burundi. Par cette enquête qui concerne les ***ménages***, je collecte les données pour permettre de réaliser mon mémoire portant sur ***« évaluation des impacts socio-environnementaux et de la contamination aux métaux lourds en aval des mines artisanales de Rubaya/RDC ».*** Nous vous garantissons l'anonymat et nous vous remercions d'avance pour vos réponses à nos questions.

I. IDENTIFICATION DE L'ENQUETE

1) Sexe : 1) Homme 2) Femme
2) Age :……..ans
3) Niveau d'étude : 1) Sans 2) Primaire 3) secondaire 4) Université

II. QUESTIONS D'ENQUETE

1) Quelle est votre activité principale?
1*) Agriculture 2) Elevage 3) Commerce 4) Mines*

2) Quelle est votre activité secondaire?
1*) Agriculture 2) Elevage 3) Commerce 4) Mines*

3) Qu'est-ce que vous faisiez avant le début des activités minières à Rubaya?
1*) Agriculture 2) Elevage 3) Commerce 4) Taximan (Motard)*

4) Parmi les éléments des assertions ci-dessous, quelles sont les grandes choses/services que vous regrettez avoir perdu suite aux activités minières ? (max 7 choix)?
1*) Champs 2) Parcelle 3) Foyer 4) Scolarité des enfants 5) Végétation (arbres) 6) Accès à l'eau potable 7) Baignade dans les rivières 8) Environnement sain 9) Santé, sécurité et tranquillité 10) Espèces aquatiques, comme……..*

5) Avez-vous été indemnisés pour ce que vous avez perdu suite à l'ouverture d'une mine dans votre champ ou votre parcelle ? *1) Oui 2) Non*

6) Si oui, êtes vous satisfaits de l'indemnisation reçue ? *1) Oui 2) Non*

7) Avec l'exploitation minière, combien gagnez-vous par an ?

Classe	***Intervalle***
1)	*Rien*
2)	*Plus de 50 dollars à 100 dollars américains*
3)	*Plus de 100 dollars américains à 500 dollars américains*
4)	*Plus de 500 dollars américains à 1000 dollars américains*
5)	*Plus de 1000 dollars américains*

8) Comment affecte- vous cet argent ?
1) Achat de champs 2) Elevage 3) Achat de parcelle 4) Besoins sociaux 5) Commerce 6) Autres (à préciser)……

9) Avec l'exploitation minière, y a-t-il de nouvelles maladies dans vos ménages ?
1) Oui 2) Non

10) Si oui, lesquelles?
1) Malaria 2) Fièvre typhoïde 3) Fracture 4) Maladies de la peau 5) Problèmes respiratoires 6) VIH/Sida 7) Maladies non identifiées 8) Autres (à préciser)……

11) Qu'est-ce qui peut être fait pour résoudre ou améliorer les problèmes socio-environnementaux reconnus ci-haut? [*Ecrire la réponse à cette question au verso*]

Merci beaucoup pour le service

4) QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

Je suis étudiant au Master en Génie de l'Environnement à l'Université du Burundi. Par cette enquête qui concerne les ***chefs de village***, je collecte les données pour permettre de réaliser mon mémoire portant sur ***« évaluation des impacts socio-environnementaux et de la contamination aux métaux lourds en aval des mines artisanales de Rubaya/RDC ».*** Nous vous garantissons l'anonymat et nous vous remercions d'avance pour vos réponses à nos questions.

III. IDENTIFICATION DE L'ENQUETE

5) Sexe : *1) Homme 2) Femme*
6) Age :*……ans*
7) Niveau d'étude : *1) Sans 2) Primaire 3) secondaire 4) Université*

IV. QUESTIONS D'ENQUETE

12) Avec l'exploitation minière, qu'est-ce que votre village a gagné?
1) Emplois 2) Routes, écoles et hôpitaux 3) Expansion du village 4) Autres (à préciser)……

13) Parmi les assertions ci-dessous, quelles sont (maximum 5) les grandes choses/services que votre village regrette avoir perdu suite aux activités minières dans ses alentours? 1*) Champ 2) Parcelle 3) Foyer 4) Scolarité des enfants 5) Végétation (arbres) 6) Accès à l'eau potable 7) Baignade dans les rivières 8) Environnement sain 9) Route, école et hôpital 10) Espèces aquatiques, comme……*

14) Quels sont les contentieux souvent traités dans vos bureaux (maximum 5)?
1) Viol 2) Vol (récolte, bétail, autres) 3) Braquage 4) Insécurité 5) Escroquerie et délinquance 6) Foncier et non indemnisation (conflits parcellaires et champêtres entre la famille ou avec les mineurs) 7) Foyer (infidélité, divorce, éducation et scolarité des enfants) 8) Délinquance juvénile

15) Qu'est-ce qui peut être fait pour résoudre ou améliorer les problèmes socio-environnementaux reconnus ci-haut? [*Ecrire la réponse à cette question au verso*]

Merci beaucoup pour le service

5) Résultats des paramètres mesurés in situ

	N° ECHANTILLON	STATION	DESCRIPTION	LATITUDE (UTM)	LONGITUDE (UTM)	ALTITUDE (m)	DATE D'ECHANTILLONNAGE	Pression (mmHg)	T (°C)	pH	CONDUCTIVITE SPECIFIQUE (µS/cm)	OXYGENE	
												En %	En mg/l
1	ECH 1	LUWOWO	Expl min	709521	9827505	2427	06-02-20	573,70	18,10	10,60	232,40	88,40	6,50
2	ECH 2	D4 GAKOMBE	Expl min	709579	9826190	2427	06-02-20	772,90	18,20	8,67	216,80	68,20	4,74
3	ECH 3	D3 BIBATAMA	Expl min	710712	9824829	2353	06-02-20	571,10	16,90	7,67	316,30	92,20	6,75
4	ECH 4	MUMBA 1	Sans expl min	708679	9824672	2125	06-02-20	593,90	17,00	8,22	432,10	90,30	6,81
5	ECH 5	BISHIGA	Sans expl min	708137	9825508	2094	06-02-20	597,20	17,00	8,51	526,50	91,02	6,89
6	ECH 6	KASEMBE	Sans expl min	707711	9829310	1990	06-02-20	605,60	16,10	8,12	410,90	87,70	6,87
7	ECH 7	KUMATOFALI	Sans expl min	707514	9827831	2015	06-02-20	604,60	17,40	8,21	493,40	86,40	6,58
8	ECH 8	KASHOVU	Expl min	708195	9826435	2116	06-02-20	600,90	16,30	7,66	220,80	84,80	6,51
9	ECH 9	MUMBA 2	Expl min	707563	9828396	1990	06-02-20	605,80	16,50	7,76	376,20	85,70	6,66
10	ECH 10	NYAGISENYI 1	Expl min	712310	9829074	1824	06-02-20	617,20	20,10	7,77	381,50	85,70	6,24

11	ECH 11	KABINGO	Sans expl min	713305	9828409	1832	06-02-20	617,00	20,50	8,37	609,00	85,50	6,45
12	ECH 12	ISHANGA	Expl min	711936	9828691	1842	06-02-20	615,90	21,20	7,96	355,50	85,10	6,16
13	ECH 13	KARINZI	Expl min	710144	9828984	1926	06-02-20	610,90	21,60	7,60	331,70	76,20	5,42
14	ECH 14	GASUMO	Sans expl min	710646	9829028	1924	06-02-20	610,80	21,50	8,00	612,00	78,50	5,58
15	ECH 15	KISHUSHA	Sans expl min	709221	9830809	1890	06-02-20	610,10	18,80	8,53	536,40	88,70	6,62
16	ECH 16	OSSO 1	Expl min	709994	9832669	1749	06-02-20	619,80	21,20	8,21	368,30	85,20	6,70
17	ECH 17	MUMBA 3	Expl min	709909	9831114	1810	06-02-20	619,40	20,10	8,09	312,90	85,50	6,32
18	ECH 18	OSSO 2	Expl min	711960	9831258	1767	06-02-20	619,40	19,60	7,84	369,30	82,70	6,17
19	ECH 19	NYAGISENYI 2	Expl min	712673	9830480	1801	06-02-20	617,90	20,00	7,71	402,40	84,60	6,24
20	ECH 20	RUSHOGA	Sans expl min	713297	9830919	1788	06-02-20	605,60	18,70	8,11	349,60	88,80	6,60

Tableau 5: Résultats des matières en suspension, anions majeurs, NH_4^+ et SiO_2

N°	N° ECHANTILLON	STATION	DESCRIPTION	LATITUDE (UTM)	LONGITUDE (UTM)	ALTITUDE (m)	MATIERES EN SUSPENSION (mg/l)	Cacid (mol/l)	HCO_3^- (mg/l)	Titre alcalimétrique		NO_2^- (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	SiO_2 (mg/l)
										mg/l	mmol/Kg				
1	ECH 1	LUWOWO	Expl min	709521	9827505	2427	3,67	0,06	108,79	108,79	1,78	0,61	22,49	0,47	26,39
2	ECH 2	D4 GAKOMBE	Expl min	709579	9826190	2427	23,04	0,06	73,40	73,40	1,20	0,79	36,32	0,52	25,49
3	ECH 3	D3 BIBATAMA	Expl min	710712	9824829	2353	7,44	0,06	91,70	91,70	1,50	0,32	23,37	0,33	18,90
4	ECH 4	MUMBA 1	Sans expl min	708679	9824672	2125	2,36	0,06	78,58	78,58	1,29	0,73	40,15	0,52	30,48
5	ECH 5	BISHIGA	Sans expl min	708137	9825508	2094	1,29	0,06	137,07	137,07	2,25	1,78	79,59	0,70	33,43
6	ECH 6	KASEMBE	Sans expl min	707711	9829310	1990	1,05	0,06	131,39	131,39	2,15	0,80	86,95	0,43	38,88
7	ECH 7	KUMATOFALI	Sans expl min	707514	9827831	2015	0,89	0,06	126,24	126,24	2,07	0,29	29,26	0,60	32,30
8	ECH 8	KASHOVU	Expl min	708195	9826435	2116	604,32	0,06	204,75	204,75	3,36	0,46	14,54	0,38	37,06
9	ECH 9	MUMBA 2	Expl min	707563	9828396	1990	16,71	0,06	111,63	111,63	1,83	0,07	33,38	0,73	87,91
10	ECH 10	NYAGISENYI 1	Expl min	712310	9829074	1824	275,96	0,06	146,41	146,41	2,40	0,01	12,77	0,32	87,00
11	ECH 11	KABINGO	Sans expl min	713305	9828409	1832	1,23	0,06	132,40	132,40	2,17	0,66	14,54	0,40	81,32

12	ECH 12	ISHANGA	Expl min	711936	9828691	1842	292,77	0,06	179,79	179,79	2,95	1,51	45,74	0,56	85,86
13	ECH 13	KARINZI	Expl min	710144	9828984	1926	781,62	0,06	198,82	198,82	3,26	1,15	29,26	0,47	105,84
14	ECH 14	GASUMO	Sans expl min	710646	9829028	1924	1,05	0,06	270,43	270,43	4,43	1,40	36,91	0,50	90,40
15	ECH 15	KISHUSHA	Sans expl min	709221	9830809	1890	0,79	0,06	164,45	164,45	2,70	0,88	18,66	0,45	93,13
16	ECH 16	OSSO 1	Expl min	709994	9832669	1749	24,92	0,06	149,20	149,20	2,45	0,90	18,96	0,32	91,99
17	ECH 17	MUMBA 3	Expl min	709909	9831114	1810	18,80	0,06	316,95	316,95	5,19	1,79	90,78	0,17	101,30
18	ECH 18	OSSO 2	Expl min	711960	9831258	1767	7,40	0,06	239,22	239,22	3,92	0,50	50,16	0,65	82,00
19	ECH 19	NYAGISENYI 2	Expl min	712673	9830480	1801	20,46	0,06	324,27	324,27	5,31	0,48	12,77	0,66	101,52
20	ECH 20	RUSHOGA	Sans expl min	713297	9830919	1788	2,03	0,06	302,77	302,77	4,96	2,63	38,68	2,84	50,68