

2023-07

Evaluation de l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or au Burundi : cas de situation sanitaire des orpailleurs de la commune Butihinda en province Muyinga

Yamuremye, Ferdinand

UB

<https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/413>

Téléchargé depuis le dépôt institutionnel officiel de l'Université du Burundi

UNIVERSITE DU BURUNDI

**FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**



**EVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE DE
L'EXPLOITATION ARTISANALE DE L'OR AU BURUNDI
CAS DE SITUATION SANITAIRE DES ORPAILLEURS DE LA
COMMUNE BUTIHINDA EN PROVINCE MUYINGA**

Par :

YAMUREMYE Ferdinand

Mémoire :

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en
Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement

Option :

Eau et Assainissement

Sous l'encadrement de :

- Dr BARARUNYERETSE Prudence, Directeur
- Dr NTIHARIRIZWA Seconde, Co-Directeur

BUJUMBURA, JUILLET 2023

MEMBRES DU JURY

Président : Dr NIHORIMBERE Manassé

Secrétaire : Pr BAKUNDUKIZE Charles

Directeur : Dr BARARUNYERETSE Prudence

Co- Directeur : Dr NTIHARIRIZWA Seconde

Membre : Dr SIBOMANA Thierry

DEDICACES

A Dieu, le Tout Puissant ;

A mes chers parents ;

A ma chère épouse ;

A mes chers enfants ;

A toutes mes connaissances ;

Je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

Par la présente occasion, l'honneur m'échoit de témoigner mes vifs remerciements aux personnes qui ont contribué à la concrétisation de ce mémoire.

Que les membres du jury trouvent ici mes remerciements les plus sincères pour avoir accepté de juger notre travail et y apporter d'éventuelles améliorations pour qu'il devienne un travail de qualité.

Cette reconnaissance s'adresse plus particulièrement au Dr Prudence BARARUNYERETSE et au Dr NTIHARIRIZWA Seconde pour avoir accepté de diriger ce mémoire malgré leurs multiples occupations. Leurs conseils, leur rigueur scientifique et leurs compétences m'ont été d'une grande importance.

Aux professeurs de l'Université du Burundi plus particulièrement ceux qui interviennent dans le cycle de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement, pour la formation scientifique qu'ils m'ont dispensée ; je dis sincèrement merci.

Mes remerciements vont également à l'endroit du personnel de l'Office Burundaise pour la Protection de l'Environnement(OBPE) et spécialement au Directeur Général de ce département et point focal de la convention de Minamata, au chef de service de traçabilité des minerais et suivi des activités des comptoirs à l'Office Burundaise des Mines(OBM), aux chefs des services de réanimation et Laboratoire de l'hôpital de Muyinga, aux prestataires de soins de l'hôpital Butihinda et ceux du centre de santé Gahararo ; qui ont accepté de contribuer à ce travail en fournissant des informations nécessaires à cette recherche afin qu'elle soit produite avec qualité. Qu'ils trouvent ici notre considération et reconnaissance.

Je remercie également la Présidente du groupement des agents de santé communautaire et le Technicien de promotion de santé de l'hôpital de Butihinda qui nous ont guidé dans toutes les activités de terrain tant sur les sites d'orpaillage que dans la communauté.

En même temps, je pense à ma famille, particulièrement mon épouse et mes enfants pour leur compréhension, leurs encouragements et leur amour pour la réussite de ce travail. Mes derniers remerciements s'adressent à des acteurs nettement moins présents dans ce mémoire, mais combien plus présents au cœur de ma vie. Merci à mes collègues étudiants, à tous mes frères et sœurs et à tous mes amis, qui m'ont offert réconfort et support tout au long du chemin.

RESUME

Introduction : L'exploitation artisanale de l'or (EAO) date de la période coloniale au Burundi. Elle n'est pas sans conséquences et ses effets nocifs sur la santé humaine constituent un défi majeur que la société Burundaise devrait reconnaître et relever. Notre travail a été initié dans le but d'évaluer l'impact sanitaire de l'orpaillage dans les sites miniers de la commune de Butihinda.

Méthodes : Une étude transversale a été menée à l'endroit de 258 orpailleurs des sites miniers de la commune Butihinda du 4 février au 14 mars 2023. Afin de garantir la fiabilité de notre recherche, les données de l'enquête ont été complétées par celles recueillies auprès de 202 cas d'affections pulmonaires traitées à l'hôpital de Muyinga de janvier 2020 à décembre 2022 et celles collectées auprès de 109 personnes ayant été traitées pour la tuberculose pulmonaire à l'hôpital de Butihinda de janvier à décembre 2022. 154 personnes non orpailleurs ont été incluses dans l'étude pour servir de témoins. Des impacts sanitaires liés à l'orpaillage ont été évalués par la combinaison d'une méthode fondée sur la déclaration des participants, la collecte des données épidémiologiques dans les structures sanitaires et la caractérisation des impacts à l'aide de la matrice de Fecteau. Le chi carré de Pearson a été utilisé pour déterminer la significativité statistique des variables étudiées à travers le logiciel Epi Info.

Résultats : 53,10 % des orpailleurs et 22,10 % des répondants non orpailleurs avaient un niveau de connaissance suffisant sur les impacts sanitaires liés à l'orpaillage. Les impacts sanitaires recensés se sont révélés d'importance majeur (64%). Des produits chimiques à savoir le mercure, le cyanure sont encore utilisés dans les sites visités avec peu ou pas de précautions mis en place. Aucun orpailleur ne portait de masque buconasal au moment de l'enquête. Sur 202 cas traités pour affections pulmonaires dans le service de réanimation à l'hôpital de Muyinga, la prévalence de la pneumoconiose était de 35.15 %. Pour les personnes ayant été traitées pour la tuberculose à l'hôpital communal de Butihinda, 76.14% avaient déclaré qu'ils ont travaillé dans les mines d'or.

En **conclusion** les orpailleurs font face aux différents accidents et risques de maladies mais malheureusement les mesures de prévention sont peu ou pas appliquées dans les sites visités. Une implication de toutes les parties prenantes est urgente pour améliorer la santé de cette main d'œuvre.

Mots clés : Exploitation artisanale de l'or, Coopératives minières, orpailleurs, polluants chimiques, impact sanitaire et Butihinda.

ABSTRACT

Introduction : Artisanal gold mining (AOM) dates from the colonial period in Burundi. It is not without consequences and its harmful effects on human health constitute a major challenge that Burundian society should recognize and take up. Our work was initiated with the aim of evaluating the health impact of gold panning in the mining sites of the commune of Butihinda.

Methods : A cross-sectional study was conducted among 258 gold miners from the mining sites of the Butihinda commune from February 4 to March 14, 2023. In order to guarantee the reliability of our research, the survey data was supplemented by those retained from 202 cases of pulmonary diseases requiring at Muyinga hospital from January 2020 to December 2022 and those planned with 109 people who were concerned for pulmonary tuberculosis at Butihinda hospital from January to December 2022. 154 non-miners were included in the study to serve as controls. The impacts health related to gold panning were assessed by the combination of a method based on the participants' declaration, the collection of epidemiological data in the health structures and the characterization of the impacts using the Fecteau matrix. Pearson's chi-square was used to determine the statistical significance of the variables requested through the Epi Info software.

Results : 258 artisanal gold miners, 202 cases of respiratory diseases and 109 people who had been treated for tuberculosis were included in the analysis. 53.10% of respondents had a sufficient level of knowledge on the health impacts attributable to gold panning. The impacts identified proved to be of major importance (64%) and the team of diggers are the most exposed. Exposure to crystalline silica dust is the imminent impact identified by the participants. Chemicals namely mercury, cyanide are still used in the sites with little or no precautions applied. No miner was wearing a mouth mask at the time of the survey. Of 202 cases treated for lung disease in the intensive care unit at Muyinga hospital, the prevalence of pneumoconiosis was 35.15%. For people who had been treated for tuberculosis at Butihinda Communal Hospital, 76.14% said they had worked in gold mines.

In **conclusion**, artisanal gold miners face various accidents and risks of disease, but unfortunately preventive measures are little or not applied in the sites visited. The involvement of all key players is urgently needed to improve the health of this workforce.

Keywords : Artisanal gold mining, mining cooperatives, gold washers, chemical pollutants and health impact, Butihinda.

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY.....	i
REMERCIEMENTS	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT	v
TABLE DES MATIERES	vi
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES.....	xi
AVANT-PROPOS	xii
CHAPITRE 0. INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE SUR L'EXTRACTION MINIERE ARTISANALE DE L'OR	4
I.1 Définition de quelques concepts de l'EAO	4
I.2 Quelques traits historiques de l'exploitation aurifère au Burundi.....	4
I.3 Techniques d'exploitation artisanale de l'Or	6
I.4 Aperçu général de l'exploitation minière du Burundi.....	7
I.5 Prise en compte de la santé humaine dans l'activité minière au Burundi.....	8
I.6 Effets majeurs toxiques de l'or et de ses éléments associés pour la santé humaine.....	10
I.7 Exploitation minière aurifère responsable.....	12
I.8 Pratiques d'orpaillage dans les sites de Butihinda	13
CHAPITRE II. METHODOLOGIE.....	18
II.1 Cadre et champ de l'étude.....	18
II.2 Type et période d'étude	19
II.3 Population d'étude	20
II.4 Outils utilisés	21
II.5 Types de variables étudiées	21
II.6 Méthodes, collecte et analyse des données	22
II.6 Caractérisation des impacts sanitaires de l'EAO	25
II.7 Considérations administratives et éthiques.....	29
CHAPITRE III. PRESENTATION DES RESULTATS	30
III.0 Caractéristiques des enquêtés	30
III.1. Connaissances des enquêtés sur l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or (EAO)	32
III.2 Caractérisations des impacts sanitaires de l'orpaillage	35

III.3 Situation de l'aspect WASH dans les sites d'orpaillage.....	42
III.4 Informations des orpailleurs sur les problèmes de la santé et sécurité.....	44
III.5 Situation des accidents et/ou pathologies chez les orpailleurs	46
CHAPITRE IV. DISCUSSION DES RESULTATS	51
IV.1 Connaissances des enquêtés sur l'impact sanitaire de l'EAO	51
IV.2 Caractérisation de l'impact sanitaire de l'EAO.....	52
IV.3 Situation de l'hygiène-Assainissement-Eau dans les sites d'orpaillage.....	54
IV.4 Informations des orpailleurs sur les problèmes de la santé et sécurité.....	55
IV.5 Situation des accidents et/ou pathologies chez les orpailleurs	55
CONCLUSION ET SUGGESTIONS	60
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	63
ANNEXES	72

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AGC : Artisanal Gold Council

ASC : Agent de Santé Communautaire

ASM: Artisanal and Small-Scale Mining

BIT : Bureau International du Travail

BUMINCO : Burundi Mining Company

CDS : Centre de Santé

CDT : Centre de Dépistage et de Traitement

Dr : Docteur

EAO : Exploitation Artisanale de l'Or

EAPO : Exploitation Artisanale et à Petite Echelle de l'Or

ECOFO : Ecole Fondamentale

EMA : Exploitation Minière Artisanale

EMAPE : Exploitation Minière Artisanale et à Petite Echelle

EPI : Equipement de Protection Individuelle

FEM : Fond Mondial pour l'Environnement

GASC : Groupe des Agents de Santé Communautaire

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

MEAE : Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage

MHEM : Ministère de l'Hydraulique, de l'Energie et des Mines

MIDCSP : Ministère de l'Intérieur, du Développement Communal et de la Sécurité Publique

N-E : Nord Est

OBM : Office Burundaise des Mines

OBPE : Office Burundaise pour la Protection de l'Environnement

ODD : Objectif de Développement Durable

ONUDI : Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

PAN : Plan d'Action National

RDC : République Démocratique du Congo

RMF : Responsible Mining Foundation

SIDA : Syndrome d'Immuno-déficience Acquise

TB : Tuberculose

TBP : Tuberculose Pulmonaire

TPS : Technicien de Promotion de la Santé

UNEP/PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

USA: United State of America

VIH: Virus d'Immunodéficience Humaine

WGC : World Gold Council

WHO/OMS : Organisation Mondiale de la Santé

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Extrait de quelques articles des règlements du Burundi ciblant la protection de la santé des travailleurs	9
Tableau 2: Effets toxiques sur la santé humaine de quelques éléments associés à l'or et les produits utilisés dans l'orpaillage.....	10
Tableau 3: Récapitulatif des activités d'orpaillage à Butihinda.....	17
Tableau 4: Répartition de la taille de l'échantillon dans les quatre sites	22
Tableau 5: Critères d'évaluation des impacts d'après Fecteau	28
Tableau 6: Caractéristiques sociodémographiques des orpailleurs répondants	30
Tableau 7: Caractéristiques sociodémographiques de la population non orpailleur enquêtée. 31	
Tableau 8: Influence de certains facteurs sur le niveau de connaissance des orpailleurs enquêtés de l'impact sanitaire de l'EAO	33
Tableau 9: Influence de certains facteurs sociodémographiques sur le niveau de connaissances des non-orpailleurs enquêtés sur l'impact sanitaire de l'EAO	35
Tableau 10: Matrice d'évaluation des impacts sanitaires de l'orpaillage selon FECTEAU	40
Tableau 11: Situation d'hygiène et assainissement dans les sites visités	43
Tableau 12: IEC, accès aux soins de santé et à la sécurité sociale.....	45
Tableau 13: Mesure de l'influence de certains facteurs sur la survenue des pathologies dans les sites d'orpaillage	48
Tableau 14: Situation de la pneumoconiose à l'hôpital de MUYINGA.....	49
Tableau 15: Notion d'exploitation de l'or chez les personnes traitées pour la tuberculose	50

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Illustration de l'évolution de l'exploitation artisanale de l'or (source : annuaire statistique du MHEM ; 2020).....	5
Figure 2: Localisation de l'exploitation artisanale au Burundi (Midende, 2009).....	7
Figure 3: Illustration des artisans miniers au Burundi par province et par filière (Midende, 2009).....	8
Figure 4: Creusage des puits après excavation mécanisée sur le site Gahararo.....	13
Figure 5: Soutènement d'un puit sur le site de Nyarubuye kw'ishonga.....	14
Figure 6: Concassage mécanique sur le site Ndera.....	14
Figure 7: Matériels utilisés lors du tamisage des minerais.....	15
Figure 8: Concentration de l'or par sluice sur le site Nyarubuye kw'ishonga.....	15
Figure 9: Ouvrages de cyanuration à Tangara(a et b infrastructures de cyanuration)	16
Figure 10: Quelques produits chimiques utilisés sur le site de cyanuration de Tangara (a : cyanure de Na, b : Acide nitrique, c : Peroxyde d'hydrogène et d : Acide sulfurique)	16
Figure 11: Carte de localisation de la zone d'étude	18
Figure 12: Illustration des roches encaissantes des gisements d'or Nord-Est du Burundi (Ntiharirizwa, 2013).	19
Figure 13: Niveau de connaissance de l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or ...	32
Figure 14: Echelle du niveau de connaissances des orpailleurs sur la l'impact sanitaire de l'EAO.....	32
Figure 15: Illustration des scores du niveau de connaissances de la population non-orpailleur sur l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or	33
Figure 16: Importance des dangers répertoriés par les orpailleurs enquêtés.....	36
Figure 17: Impacts sanitaires liés à l'EAO répertoriés par les orpailleurs	37
Figure 18: Identification des pratiques dangereuses de l'EAO par les orpailleurs.....	38
Figure 19: Illustration de la situation d'exposition à certains produits chimiques par les orpailleurs.....	39
Figure 20: Importance des impacts sanitaires de l'orpaillage.....	42
Figure 21: Type de toilette observé sur les sites (a) et traitement du minerai par les orpailleurs sans aucun EPI (b).....	44
Figure 22: Déclaration des pathologies et ou signes cliniques par les orpailleurs (source : sondage)	46
Figure 23: Pathologies déclarées par la population non orpailleur (source : sondage).....	47
Figure 24: Estimation de la fréquence de survenue des éboulements par an	48

AVANT-PROPOS

Ce mémoire rentre dans le cadre de l'obtention du diplôme de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement, option Eau et Assainissement. Il évalue l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or dans les sites d'orpaillage de Butihinda par une enquête menée auprès des orpailleurs et une enquête épidémiologique des cas de silicose et de la tuberculose. L'idée du présent travail de recherche est venue du constat que la santé et la sécurité au travail d'orpaillage en Afrique en général, et au Burundi en particulier, est prise à la légère alors qu'on reconnaît que les orpailleurs travaillent dans des conditions de travail et d'assainissement très précaires. Bien que les activités d'exploitation artisanale de l'or datent de la période coloniale au Burundi, peu d'informations existent sur le sujet des effets sanitaires liés à l'orpaillage. C'est ainsi que cette recherche évalue la situation sanitaire des artisans miniers aurifères des sites de la commune de Butihinda en province Muyinga (Burundi).

CHAPITRE 0. INTRODUCTION GENERALE

L'or joue un rôle particulier dans l'économie mondiale et dans la protection de la sécurité financière des nations, des populations et des familles, ainsi que dans le développement des technologies médicales, environnementales et de communications (WGC, 2019).

Ainsi, l'extraction artisanale aurifère connaît un développement sans cesse croissant dans plusieurs pays à travers le monde. Elle a influencé positivement la réalisation des objectifs de développement durable (ODD)¹ en permettant un vaste développement économique, en fournissant des minéraux essentiels aux technologies, aux infrastructures, à l'énergie et à l'agriculture (Telmer&Veiga, 2009 ; RMF,2021).

Cependant, l'exploitation minière artisanale (EMA) n'est pas sans conséquences et ses effets nocifs constituent un défi majeur que la société devrait reconnaître et relever (RMF,2021). Les effets positifs sur la santé associés aux activités d'orpaillage sont souvent voilés par des impacts négatifs. Il est intéressant de noter que les inquiétudes concernant les risques associés aux expositions professionnelles en milieu minier ont déjà été soulevées au XVIIe siècle par Ramazzini (2009). Les mines d'or artisanales et à petite échelle produisent environ 10 à 15 % de l'or mondial. Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) a estimé que plus de 15 millions de personnes, dont trois millions de femmes et d'enfants, participent dans plus de 70 pays à cette activité (UNEP, 2012).

Actuellement, l'EMA se présente généralement comme une activité à forte intensité de main-d'œuvre avec de faibles normes de santé et de sécurité en place (Basu *et al.*, 2015 ; Zvarivadza ,2018). L'EMA expose la main-d'œuvre- comprenant souvent des femmes en âge de procréer et des enfants (Mutemeri, 2016), à une gamme de risques chimiques, physiques, biologiques, biomécaniques et psychosociaux (WHO, 2016), entraînant fréquemment « un développement rapide de la maladie et une mort prématurée » (Zvarivadza, 2018).

L'exploitation aurifère dépend de différents facteurs tels que la profondeur du gisement, sa géométrie, son contexte géologique et géomorphologique, son empreinte au sol et les coûts

¹ **ODD 3 : santé et bien-être**

Risques à éviter : Exposition des travailleurs à des risques d'accidents mortels, de blessures et de problèmes de santé physique et mental,

ODD 6 : Eau propre et assainissement

Risques à éviter : Pollution des sources d'eau en raison d'une mauvaise gestion des déchets, et de fuites ou défaillances des installations de stockage des résidus, incapacité à fournir des installations sanitaires adaptées au genre pour les travailleuses)

d'extraction. Sa phase d'extraction peut se poursuivre sans interruption sur une longue période pouvant aller de plusieurs années à quelques décennies (Philippe, 2018).

Le type de gisement est important car il dicte les méthodes à utiliser pour extraire l'or du minerai, tels que l'utilisation du mercure et du cyanure. L'usage d'explosif peut entraîner une exposition à des niveaux dangereux de poussière, de bruit et de vibrations et provoquer l'asphyxie et, dans certains cas, le décès par lésion traumatique aiguë (O'Neill *et al.*, 2017, OMS, 2017).

Les métaux lourds associés à l'or et leurs composés peuvent en outre exercer leurs effets toxiques sur les voies respiratoires et certains organes de l'organisme tels que les ulcères et cancers nasaux et cancers pulmonaires (Richard *et al.*, 2015). La poussière de silice cristalline trouvée dans les roches encaissantes de la minéralisation aurifère particulièrement les quartzites, est associée à de nombreuses pathologies : la pneumoconiose, la tuberculose pulmonaire, le cancer du poumon, les maladies pulmonaires obstructives chroniques, certaines maladies auto-immunes et rénales, etc (Sinonda, 2010 ; Razack, 2012 ; Mutsima *et al.*, 2015). L'exploitation minière artisanale de l'or constitue également une source importante de nombreux accidents de travail et de glissements de terrain le plus souvent mortels (Razack, 2012).

Selon les estimations du Bureau International du Travail (BIT), les maladies causées par les travaux d'exploitation minière tuent six fois plus de travailleurs que les accidents du travail. Les mesures préventives et un diagnostic efficace des maladies professionnelles sont par conséquent indispensables à l'élaboration de programmes nationaux de santé et sécurité au travail (SST) cohérents et à la concrétisation du travail décent (OIT, 2009 ; BIT, 2013).

Comme beaucoup de sites miniers ont connu un développement rapide de technologies d'extraction minière, ce développement n'a pas suivi de mesures de prise en charge de la santé des creuseurs et des communautés exposées aux effets nocifs de ces technologies (NKUBA *et al.*, 2021). Il est temps que les Etats et les acteurs du secteur minier aurifère adoptent des bonnes pratiques d'extraction les plus sûres et les plus respectueuses ainsi que les principes permettant une exploitation minière responsable pour le bien-être de la main-d'œuvre de ce secteur (WHO, 2019 et WGC, 2019).

Au Burundi, l'extraction minière s'effectue majoritairement par l'exploitation artisanale, officiellement structurée en coopératives. Le nombre de personnes travaillant dans les mines aurifères artisanales était estimé entre 14 000 et 27 000 (Perks *et al.*, 2016).

L'utilisation polluante du mercure est signalée pour avoir été utilisée jusqu'à l'année 2018. Il est vrai que son usage reste secret et ses effets se manifestent à terme puisque le mercure persiste dans la nature et dans l'organisme humain et malheureusement sa présence perdure dans l'environnement. Une autre substance polluante utilisée est le cyanure très toxique pour l'homme et les autres êtres vivants mais son usage n'a pas été prohibée par la réglementation nationale. Dans la panoplie des produits nocifs se trouvent également les gaz toxiques résultant de l'usage des explosifs (MEAE, 2019).

Les stratégies de santé publique arrêtées dans le cadre de la mise en œuvre de la convention de Minamata dont le Burundi a ratifié devraient s'appuyer sur les travaux d'évaluation des problèmes de santé publique dans les communautés d'extraction minière aurifère (MEAE, 2019).

Très peu d'études ont examiné la santé et la sécurité dans les activités d'extraction de l'or ; d'où l'intérêt de mener une recherche sur l' « **impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or** ».

L'intérêt de cette étude est de montrer aussi, comme c'est le cas ailleurs dans divers Pays du monde qui pratiquent l'orpaillage, les nuisances d'une activité considérée comme génératrice d'emplois et de revenus à travers ses techniques de mise en œuvre et les conditions de travail.

Cette recherche servira à la disponibilisation des informations relatives à la santé et la sécurité au travail pouvant aider les acteurs clés de ce secteur dans la mise en œuvre des stratégies de gestion des impacts sanitaires liés à l'exploitation aurifère.

Globalement la recherche a pour objectif de contribuer à la connaissance de l'impact de l'exploitation artisanale de l'or sur la santé humaine par une évaluation de l'état de santé des Orpailleurs de la commune Butihinda.

Spécifiquement, les objectifs fixés pour notre travail sont les suivants :

- ✚ Evaluer le niveau de connaissances des orpailleurs sur l'impact sanitaire de l'exploitation aurifère dans les sites d'orpaillage de la commune Butihinda ;
- ✚ Caractériser les impacts sanitaires les plus fréquents dans les sites de l'orpaillage de la commune Butihinda ;
- ✚ Etablir la relation entre la survenue des problèmes de santé et les conditions de travail des orpailleurs dans les sites d'orpaillage de la commune Butihinda.

CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE SUR L'EXTRACTION MINIERE ARTISANALE DE L'OR

I.1 Définition de quelques concepts de l'EAO

L'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or est définie dans la Convention de Minamata sur le mercure comme « l'extraction minière d'or par des mineurs individuels ou de petites entreprises dont les investissements et la production sont limités » (PNUE, 2014).

Selon le code minier du Burundi, l'exploitation artisanale² est toute opération non permanente menée en surface et jusqu'à trente (30 m) mètres de profondeur, utilisant des outils, des méthodes et des procédés mécaniques non industriels pour extraire et concentrer des substances minérales dans le but de les commercialiser sans que cette exploitation ne soit précédée de la mise en évidence d'un gisement.

I.2 Quelques traits historiques de l'exploitation aurifère au Burundi

Le Burundi regorge des ressources minérales connues depuis les années 1930 (date des premières exploitations). Les premières exploitations minières de type artisanal portaient sur l'or, la cassitérite, le coltan (ou colombo-tantalite) et les terres rares, sous l'encadrement des colons ou de petites sociétés minières belges qui jouaient en même temps le rôle d'acheteurs du minerai (Ntiharirizwa, 2013). Le résumé des grands historiques d'exploitation d'or s'établit comme suit (BUMINCO, 2000) :

- **1930** : Premières découvertes aurifères connues dans la région de MUYINGA ;
- **1945-1950** : La Société minière MUYINGA-KIGALI (SOMUKI) exploite des dépôts aurifères éluvionnaires et alluvionnaires ;
- **1950-1981** : Activités d'orpaillage disséminées et sporadiques ;
- **1981-1982** : Un levé de reconnaissance hélicoptéré fut réalisé sur presque la totalité du Burundi. Plusieurs zones anormales en or furent décelées dans le bloc Butihinda et autour du centre Muyinga ;

² Décret-loi n°1/21 du 15 octobre 2013 portant code minier du Burundi

- **1982-1988** : Des travaux de cartographie géologique à l'échelle 1/250 000, l'échantillonnage géochimique du sol, et une campagne de puits et tranchées par endroits ont été effectués dans le bloc de Butihinda et au tour de Muyinga ;
- A partir **1988**, cette région connut un regain d'activité des exploitations artisanales axées sur les alluvions et les gites primaires, en particulier dans le bloc Butihinda. Les artisans orpailleurs utilisant les outils rudimentaires (houes, pelles, et divers objets pointus) n'ont manifestement pu accéder qu'à la partie superficielle des gites.

Depuis cette période, plusieurs sociétés ont été créées visant l'amélioration des techniques d'exploitation pour augmenter la production de ce métal précieux et c'est notamment le cas d'une société dénommée BUMINCO (Burundi Mining Company) qui a été créée avec objectif de montrer la faisabilité d'exploitation des gisements aurifères de la commune Butihinda.

Plusieurs années ont passé avec des exploitations informelles par les artisans miniers et le ministère en charge des mines s'y est impliqué activement en recommandant des exploitations structurées en coopératives pour permettre un encadrement rigoureux que ça soit sur le plan de la traçabilité de l'or extrait et sur le plan environnemental. La figure 1 présente l'évolution des associations/coopératives et les sites exploités artisanalement au Burundi avec possession des permis d'exploitation de l'or.

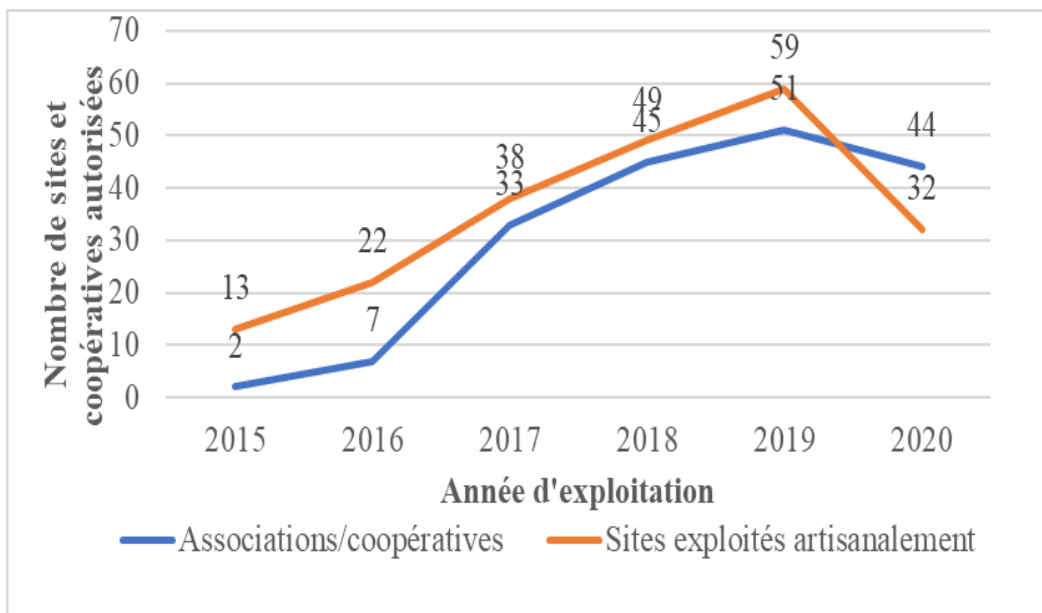


Figure 1: Illustration de l'évolution de l'exploitation artisanale de l'or (source : annuaire statistique du MHEM ; 2020)

L'exploitation artisanale de l'or a évolué considérablement au cours de ces dernières années. Lors de l'entretien mené avec le chef de service de traçabilité des minerais et suivi des activités des comptoirs à l'Office Burundaise des Mines (OBM), nous avons été informés que le ministère de l'Hydraulique, de l'Energie et des Mines a systématiquement suspendu les activités des sociétés minières œuvrant au Burundi pour la période de fin juin 2021 à fin juin 2022. L'objectif de cette suspension était d'améliorer la traçabilité de l'or et de fixer les conditions favorables de partage de production entre les sociétés minières et le gouvernement dans un esprit gagnant-gagnant. Des négociations ont eu lieu entre le gouvernement et les sociétés minières et vingt-trois coopératives seulement avaient des permis d'exploitation au niveau national dont 5 coopératives opéraient en commune Butihinda au moment de l'enquête.

I.3 Techniques d'exploitation artisanale de l'or

Les méthodes et les technologies utilisées en Exploitation Minière artisanale et à Petite Echelle (EMAPE) peuvent varier considérablement d'un endroit à l'autre (ONUDI 2012 et PNUE 2015). L'extraction minière artisanale de l'or comprend alors les étapes suivantes :

- Les roches ou sédiments contenant l'or ("minerai") sont extraits ;
- Si nécessaire, le minerai est broyé pour en libérer les particules d'or ;
- Le minerai contenant l'or est concentré afin d'en réduire la masse ;
- Pour extraire l'or, on ajoute le mercure au minerai, ce qui forme un amalgame (mélange or-mercure) ;
- L'amalgame est recueilli, puis chauffé pour que le mercure s'évapore. On obtient ainsi de "l'or spongieux" ;
- "L'or spongieux" est fondu pour produire l'or brut solide ;
- L'or brut solide est raffiné à 24 carats par les marchands et vendu sur les marchés internationaux ;
- Les boues issues du traitement peuvent subir un procédé de cyanuration pour libérer l'or en utilisant divers produits chimiques tels que, le cyanure de sodium, l'acide sulfurique, le charbon, le peroxyde d'hydrogène, l'acide nitrique, etc....

Comme les méthodes d'exploitation peuvent varier, les risques sanitaires liés au travail et à l'environnement ainsi que les populations affectées par ces derniers peuvent également différer (PNUE, 2015).

I.4 Aperçu général de l'exploitation minière du Burundi

L'extraction minière au Burundi s'effectue majoritairement par l'EMAPE officiellement structurée en coopératives. L'étain, le tantale, le tungstène (dérivés respectivement des minerais de cassitérite, columbo-tantalite et de wolframite et souvent appelé les 3T) et l'or sont les principaux métaux extraits et exportés au Burundi (Perks et Karen, 2016). La **figure 2** montre la localisation des différents métaux exploités artisanalement au Burundi.

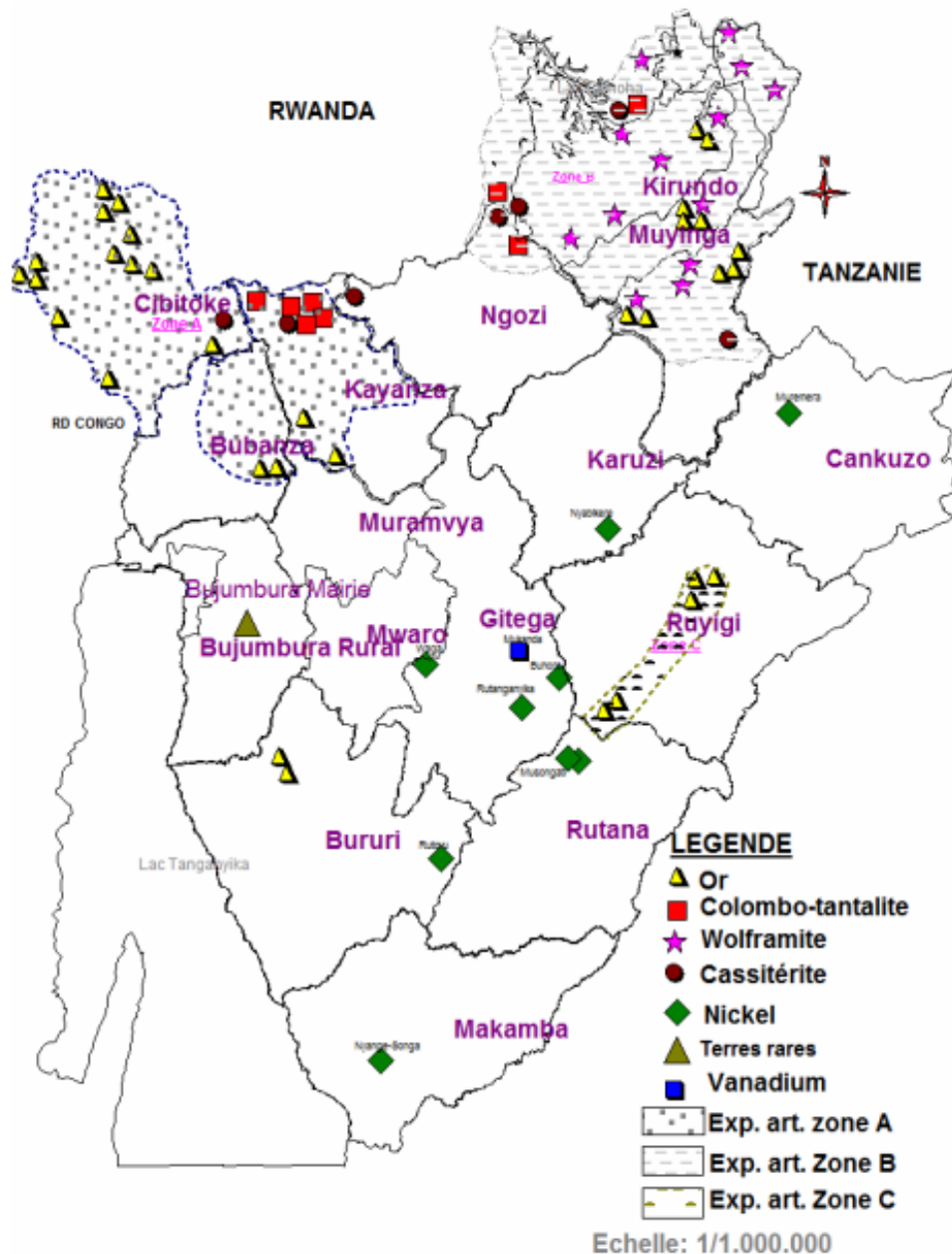


Figure 2: Localisation de l'exploitation artisanale au Burundi (Midende, 2009)

Cependant, le nombre exact des personnes impliquées dans l'extraction minière artisanale au Burundi est inconnu puisqu'il n'existe aucune forme de recensement des mineurs artisanaux qui a été réalisé. Mais certaines recherches ont tenté de donner des chiffres estimatifs des artisans miniers pouvant servir de base pour comprendre l'ampleur de l'impact de l'exploitation minière sur la santé publique. Midende (2009) dans son étude, a estimé le nombre d'artisans miniers à 10.000 personnes en filière métaux au Burundi, réparties par filière et par provinces (figure 3). La grande majorité des artisans miniers était dans le secteur aurifère (53 %) et la province de Muyinga représentait 33 % de tous les artisans miniers du Burundi (Midende, 2009). La Banque Mondiale estimait que l'extraction aurifère employait plus de 20 000 personnes (Perks et Karen, 2016).

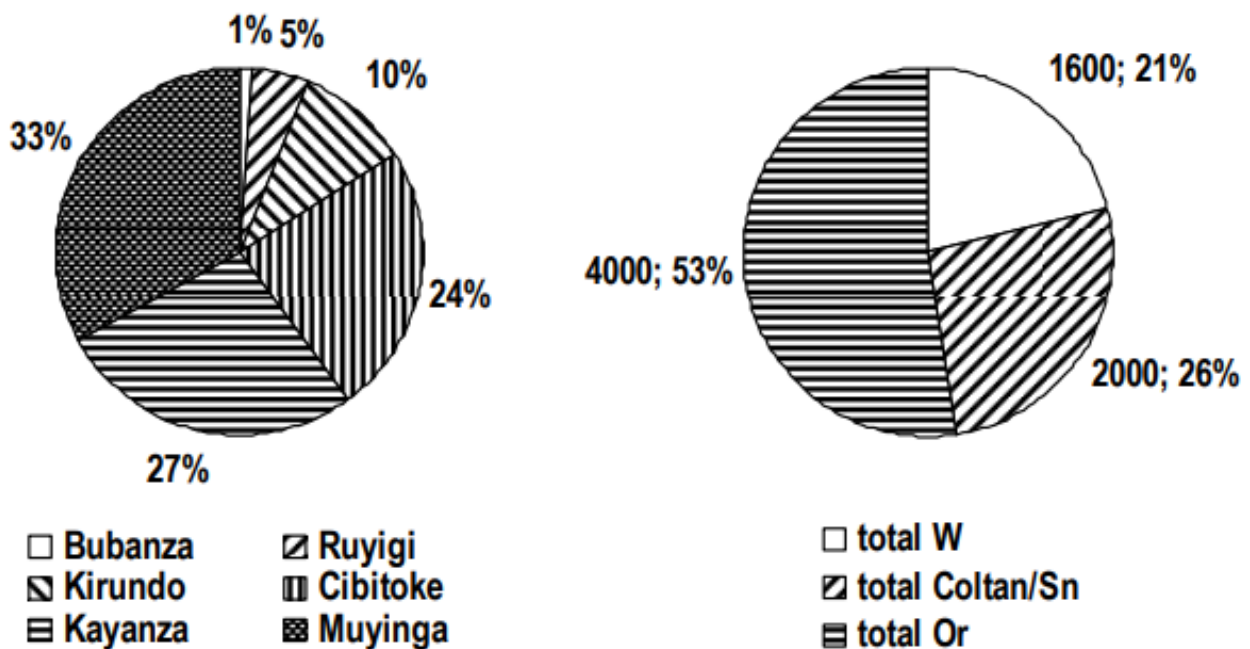


Figure 3: Illustration des artisans miniers au Burundi par province et par filière (Midende, 2009).

I.5 Prise en compte de la santé humaine dans l'activité minière au Burundi

La santé et sécurité au travail d'orpaillage est prise en compte dans certains textes réglementaires Burundais. Le tableau 1 donne un extrait de quelques-uns des articles issus de ces textes.

Tableau 1: Extrait de quelques articles des règlements du Burundi ciblant la protection de la santé des travailleurs

Texte réglementaire	Article relatif à la protection de la santé des orpailleurs
Code Minier du Burundi ³	Article 90 :« Le titulaire d'un permis d'exploitation artisanale doit exploiter les substances minérales de façon rationnelle en respectant les normes de santé publique, de sécurité au travail, etc. »
Code de l'Environnement du Burundi ⁴	<p>Article 167 : « les usines, les carrières et, d'une manière générale, les installations de toute nature, exploités ou détenus par toute personne physique ou morale, publique ou privé, qui présentent ou peuvent présenter des dangers ou des désagréments importants pour les intérêts liés à la santé, à la sécurité, sont classés par un décret pris sur proposition du Ministre en charge de l'environnement, établissant ou révisant une nomenclature des installations.</p> <p>Article 192 : Sont interdites les émissions de bruits, de vibrations et d'odeurs de nuire à la santé de l'homme, de constituer une gêne excessive pour le voisinage ou de porter atteinte à l'environnement.</p>
Code du travail ⁵	<p>Article 29 : Tout employeur a l'obligation de s'affilier, de faire immatriculer tous les travailleurs ; de collecter et payer régulièrement les cotisations aux organismes de gestion des régimes de base obligatoire de la sécurité sociale tel que prévu la législation y relative.</p> <p>Tout travailleur bénéficie des prestations des régimes de base de la sécurité sociale telles que prévues par la législation y relative.</p> <p>Article 30 : Tout travailleur bénéficie dans son travail de mesures satisfaisantes de protection de santé et de sécurité.</p> <p>La prévention des accidents de travail et des maladies professionnelles est une obligation impérative de l'employeur.</p> <p>La formation des travailleurs à la santé et à la sécurité au travail est organisée dans tout milieu de travail.</p> <p>Article 31 : Tout travailleur est tenu de mettre en application les mesures de prévention des maladies et des risques professionnels édictées par l'employeur.</p>
Plan d'action national	-Mesures visant à éliminer les pires pratiques, conformément à l'alinéa 1 (b) de

³ Décret-loi n°1/21 du 15 octobre 2013 portant code minier du Burundi

⁴ Décret-loi no 1/09 du 25 Mai 2021 portant modification du code de l'environnement du Burundi

⁵ Décret-loi no 1/11 du 24 novembre 2020 portant révision du décret-loi no 1/037 du 7 juillet 1993 portant révision du code du travail du Burundi

<p>pour réduire et/ou éliminer l'utilisation du mercure dans l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or au Burundi, décembre 2019</p>	<p>l'annexe C de la Convention de Minamata ;</p> <ul style="list-style-type: none"> -Stratégie pour la réduction des émissions et rejet de mercure et de l'exposition à cette substance, conformément au point 1e de l'annexe C de la Convention de Minamata ; - Une stratégie de santé publique relative à l'exposition au mercure des mineurs travaillant dans l'EAPO et de leurs communautés, conformément au point 1(h) de l'annexe C de la Convention de Minamata ; -Des stratégies visant à prévenir l'exposition au mercure utilisé dans l'EAPO, des populations vulnérables, notamment les enfants et les femmes en âge de procréer, en particulier les femmes enceintes, conformément au point 1(i) de l'annexe C de la Convention de Minamata.
--	---

Source : extrait des textes burundais portant sur la régulation du secteur minier et le code du travail en vigueur (extrait réalisé par auteur)

I.6 Effets majeurs toxiques de l'or et de ses éléments associés pour la santé humaine

Le Burundi dispose plusieurs indices de minéralisation et les gisements aurifères constituent la classe la plus importante. Il existe deux types de gîtes d'or : (1) les filons de quartz aurifères connus principalement à Muyinga et (2) les brèches à oxydes de fer et or connus à Cibitoke (Ntiharizwa, 2013). Plusieurs types de formations sont dominantes à Butihinda : les quartzites, les schistes, les pyrites, les arsénopyrites. La pyrrhotite et la chalcopirite sont rares. La tourmaline, le rutile et une altération de carbonate de Fer sont présentes. Dans le cadre de notre recherche, nous présentons une synthèse des effets toxiques potentiels des éléments associés à l'or et autres métaux lourds dans le tableau 2 (BUMINCO, 2000 ; Ntiharizwa, 2013).

Tableau 2: Effets toxiques sur la santé humaine de quelques éléments associés à l'or et les produits utilisés dans l'orpaillage⁶

Substance	Id de fiche toxicologique	Effet(s)	Pays	VME (mg/m ³)
Au	Carl-ROTH :	Pas classé comme toxique	-	-

⁶ www.inrs.fr: web site de l'Institut National de recherche et de Sécurité (INRS)

Evaluation de l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or au Burundi. Cas de situation sanitaire des orpailleurs de la commune Butihinda en province Muyinga

	0882			
Al	INRS : 306	Fibrose pulmonaire, asthme et troubles neurologiques	France	10
As	INRS : 192	Toxique (pouvant entraîner le décès), irritabilité cutanée. Possible cancérigène des poumons, de la vessie et de la peau.	Etats-Unis (ACGIH* - 2001)	0,01 calculé en As (TLV-TWA*)
Hg	INRS : 55	Irritation respiratoire et des troubles neurologiques graves. Possible risque pour la fertilité chez l'homme et la femme ainsi qu'une augmentation du nombre d'avortements.	France (VLEP réglementaire contraignante), en Hg	0,02
NaCN	INRS : 111	Toxicité aiguë avec possible décès, troubles neurologiques.	Allemagne (valeurs MAK)	3,8
Cu	INRS : 294	Irritation des voies aériennes et cutanée. Possible cancérigène.	France	1
SiO2	ANSES :0236	Silicose, facteur favorisant le tuberculose, Fibrose interstitielle pulmonaire diffuse non régressive, d'apparence primitive, Cancer broncho-pulmonaire (CBP)	France	0.1
Cd	INRS :60	Troubles digestifs, respiratoires, hépatiques, rénaux, dentaires, hypertension. Possible cancérigène.	USA, Cd	0.01-0.001
HCl	INRS : 13	Irritabilité, brûlures chimiques de la peau, des yeux et des muqueuses respiratoire et digestive. Possible cancérigène	France	5
Fer	Carl-ROTH :3718	Pas toxique, mais peuvent causer de diarrhée, vomissements, nausée, troubles, irritation légère à modérée des yeux.	France	10
Ni	INRS : 68	Troubles respiratoires, troubles neurologiques, rénaux. Possible cancérigène	USA	1.5
Pb	INRS : 59	Intoxication aigue rare, toxique sur le	France	0.1

		système nerveux, le rein, le système cardiovasculaire et le système hématologique.		
H2O2	INRS : 123	Irritations des muqueuses digestives et respiratoires, anomalies de la coloration de la peau	France	1.5
Zn	INRS : 75	Fièvre des métaux, atteintes fonctionnelles respiratoires.	France	10
HNO3	INRS : 9	Brûlures chimiques de la peau, des yeux et des muqueuses respiratoire et digestive. Possible cancérigène.	USA	5.2
CaSiO3(Wollastonite)	INRS :	Moins de données sur sa toxicité, anomalie de la fonction respiratoire.	France	10
Co	INRS : 313	Asthme, altérations fonctionnelles respiratoires, et cutanées	Suède	0.02

Source: Fiche toxicologique des produits chimiques de l'INRS et de Carl ROTH (ACGIH*: American Conference of Governmental of Industrial Hygienists (TLV-TWA: Threshold Limit Value-Time Weighted Average »).

I.7 Exploitation minière aurifère responsable

Les projets d'extraction de l'or doivent faire l'objet d'une attention particulière compte tenu des conséquences éventuelles sur la santé des populations. Pour prévenir ces problèmes de santé, les intervenants de ce secteur doivent adopter des pratiques les plus respectueuses et les principes visant à extraire l'or d'une manière responsable (WHO, 2019).

De ce fait, les impacts négatifs doivent être gérés et maîtrisés par les sociétés minières d'or (principe 2) tout en mettant un accent particulier sur la santé et la sécurité de la main-d'œuvre (principe 4). De plus, l'utilisation de l'eau et de l'énergie doivent être rationnelles en reconnaissant que les impacts des changements climatiques et des contraintes en eau peuvent devenir une menace de plus en plus grande pour l'environnement et la santé (principe 10) (AGC, ONUDI., FEM, 2015).

I.8 Pratiques d'orpaillage dans les sites de Butihinda

Les principales étapes de l'exploitation de l'or dans les sites visités de la commune Butihinda se résument en étapes décrites ci-après :

a) Creusement des puits

Pour accéder au gisement, les orpailleurs creusent d'abord un trou sub-vertical. Le trou est creusé à l'aide de pioche, marteau, petite pelle et autres petits outils pointus permettant de casser la roche. Le creuseur descend dans le trou au moyen d'une corde reliée à un treuil et porte une lampe à piles attachée à son front. Les déblais sont remontés dans des petits sacs à travers la même corde. La figure 4 montre les orpailleurs qui sont dans un puit excavé.

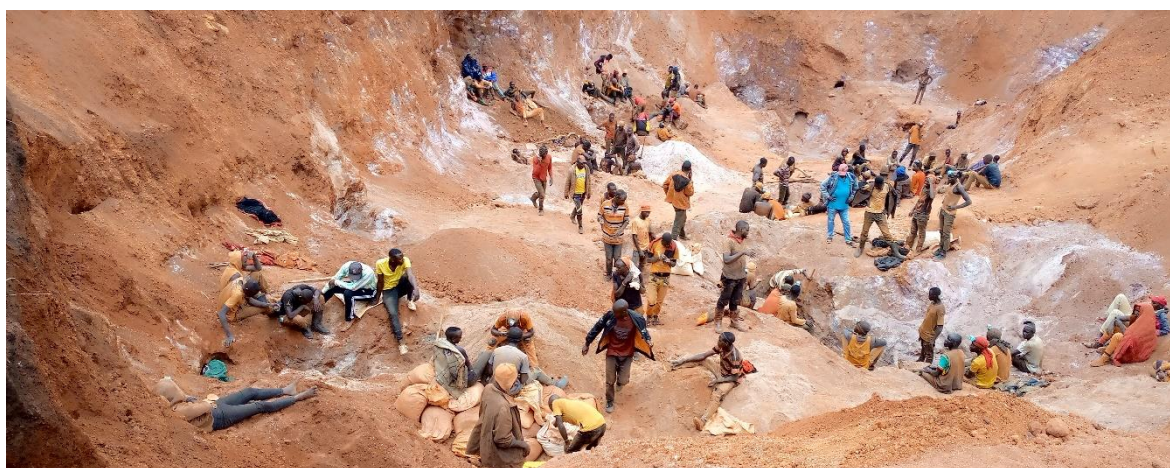


Figure 4: Creusage des puits après excavation mécanisée sur le site Gahararo

b) Soutènement

Cette opération consiste à consolider les parois de la fosse en utilisant du bois (figure 5). Le soutènement est fait dans le but d'éviter les éboulements.



Figure 5: Soutènement d'un puit sur le site de Nyarubuye kw'ishonga

c) Concassage et broyage

Le minerai sorti du trou est concassé à l'aide d'un marteau masse. Un morceau de roche (du quartzite) sert parfois d'enclume. Le concassage peut être fait manuellement ou mécaniquement. Sur le site Ndera (figure 6), on ajoute de l'eau dans la machine qui fait le broyage et cela réduit l'émission des poussières.



Figure 6: Concassage mécanique sur le site Ndera

d) Tamisage

Le tamisage est l'opération qui consiste à séparer les particules fines des particules encore grossières. C'est également une opération qui dégage beaucoup de poussière de silice. A la fin de cette étape, la maille de libération de l'or est censée être atteinte. La figure 7 montre les types de tamis utilisé.



Figure 7: Matériels utilisés lors du tamisage des minerais

e) Séparation de l'or

Lorsque le minerai est tamisé, l'opération de traitement et séparation de l'or peuvent commencer. Deux principales méthodes de séparation de l'or se dégagent à savoir la séparation gravitaire et la méthode de cyanuration.

La séparation gravitaire : un dispositif appelé sluice est utilisé pour concentrer l'or. Il s'agit d'un plan incliné dont la surface comporte des rainures et recouverte d'un tapis ou d'une moquette. Le minerai préalablement mélangé à de l'eau est versé sur le sluice (figure 8). L'or étant un minéral dense ($d=19,3$), il est piégé sur le tissu dans les rainures alors que les autres particules sont entraînées par l'eau. Le tapis est ensuite retiré et lavé dans un récipient pour récupérer la boue qui contient l'or. Du mercure peut être ajouté dans cette boue.



Figure 8: Concentration de l'or par sluice sur le site Nyarubuye kw'ishonga

Extraction par cyanuration : l'extraction par cyanuration nécessite des bassins qui sont creusés dans le sol et recouvert d'une couche de béton ou simplement recouvert d'une bâche. Ces bassins sont connectés entre eux au moyen d'un tuyau en PVC. La boue contenant de l'or est mise dans un bassin (figure 9, b). Les produits utilisés sont : le cyanure de sodium (CNNa) ; le zinc (Zn) ; l'acide sulfurique (H_2SO_4), l'acide nitrique (H_2NO_3), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) (figure 10).



Figure 9: Ouvrages de cyanuration à Tangara(a et b infrastructures de cyanuration)



Figure 10: Quelques produits chimiques utilisés sur le site de cyanuration de Tangara (a : cyanure de Na, b : Acide nitrique, c : Peroxyde d'hydrogène et d : Acide sulfurique)

Tableau 3: Récapitulatif des activités d'orpaillage à Butihinda

Phase/Activités	Réponse	Nyarubuye	Ndera I	Gahararo II	Gahararo III	Tangara
Ouverture et extraction						
Pratique d'exploitation	Artisanale	1	1	1	1	
	Industrielle	0	0	0	0	
Type d'exploitation	Filonien	1	1	1	1	
	Alluvionnaire	0	0	0	0	
Abattage	Manuel	1	1	1	1	
	Explosif	0	0	0	1	
Soutènement	Bois	1	1	1	1	
	Aucun	0	0	0	0	
Excavation	Manuel	1	1	1	1	
	Mécanique	0	0	1	0	
Aérage avec compresseur	Oui	0	1	1	1	
	Non	1	0	0	0	
Traitement						
Concassage	Manuel	1	0	1	1	
	Mécanique	0	1	1	0	
Broyage	Humide	0	1	0	0	
	Sec	1	0	1	1	
Tamisage	Oui	1	1	1	1	
	Non	0	0	0	0	
Panage	Oui	1	1	1	1	
	Non	0	0	0	0	
Vannage	Oui	1	1	1	1	
	Non	0	0	0	0	
Mercure	Oui	0	0	0	0	
	Non	1	1	1	1	
Acide nitrique	Oui	0	1	0	1	1
	Non	1	0	1	0	0
Cyanure	Oui	0	1	0	0	1
	Non	1	0	1	1	0
Peroxyde d'hydrogène	Oui	0	0	0	0	1
	Non	1	1	1	1	0
Acide sulfurique	Oui	0	0	0	0	1
	Non	1	1	1	1	0

1 : Présence 0 : absence

CHAPITRE II. METHODOLOGIE

II.1 Cadre et champ de l'étude

Le présent travail de recherche a été effectué dans la commune Butihinda, l'une des 7 communes de la province de Muyinga avec une superficie de 293,60 Km². Géographiquement, elle est délimitée au nord par les communes Giteranyi et Bwambarangwe (de la province Kirundo), au Sud par la commune Gasorwe, à l'Est par la commune Muyinga et à l'Ouest par les communes Gashoho et Kirundo (MIDCSP, 2020). La figure 11 montre la localisation des sites visités.

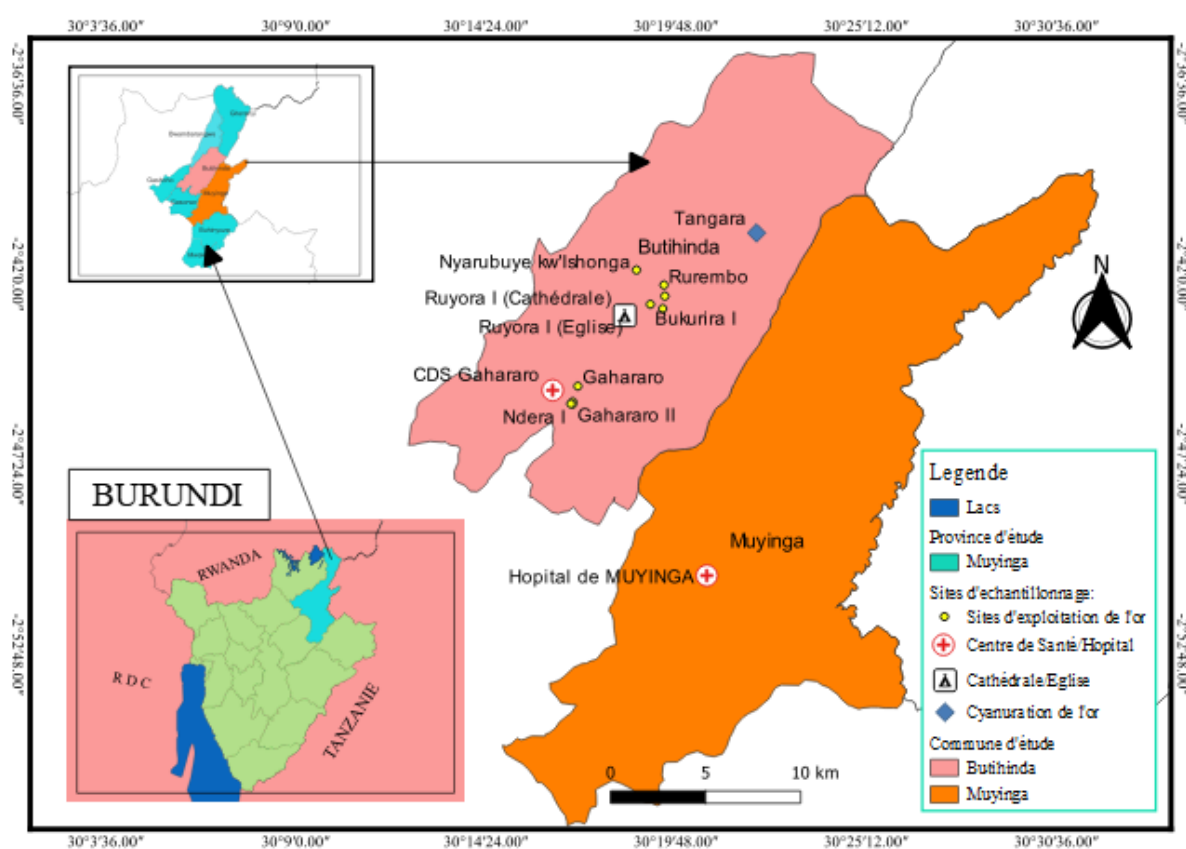


Figure 11: Carte de localisation de la zone d'étude

La commune Butihinda a été choisie pour cette étude du fait de sa grande richesse en gisements d'or comparativement aux autres communes du Pays. Cette commune regorge à elle seule 11 indices de minéralisations d'or parmi 14 de toute la province de Muyinga. Elle dispose d'un type de gîte constitué de filons de quartz aurifères (Ntiharirizwa, 2013). La figure 12 montre les différents gisements localisés dans le Nord-Est du Burundi.

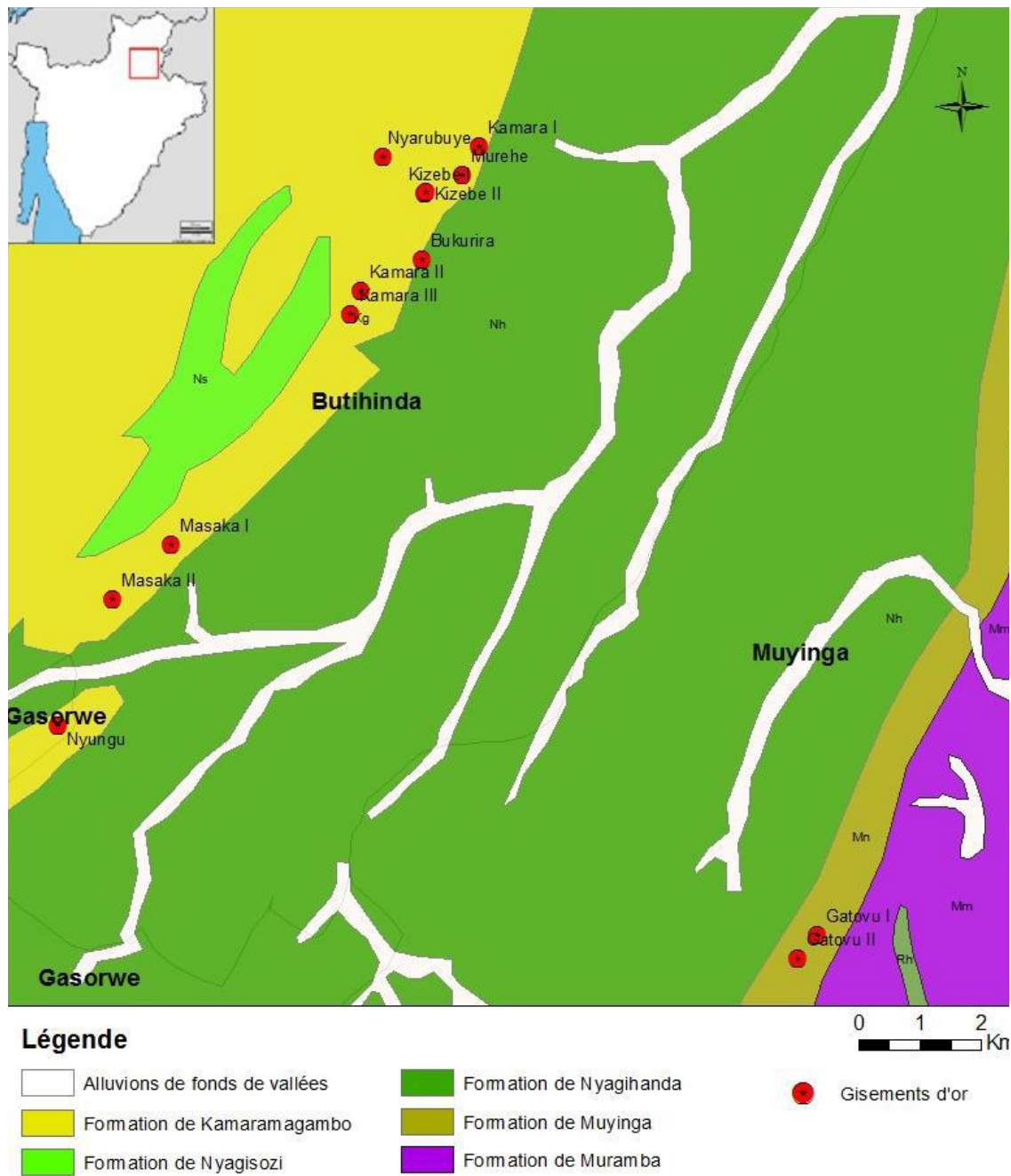


Figure 12: Illustration des roches encaissantes des gisements d'or Nord-Est du Burundi (Ntiharirizwa, 2013).

II.2 Type et période d'étude

Il s'agit d'une étude mixte. Elle combinait une étude transversale à visée descriptive et l'étude rétrospective.

L'étude a été faite en différentes étapes subdivisées de manière suivante :

- ✓ Du 6 au 10 Juin 2022 : visite, observation et description de la zone d'étude. Pour cette période, les activités minières étaient suspendues.
- ✓ Du 19 septembre au 30 décembre 2022 : : collecte des données épidémiologiques à l'hôpital de Muyinga dans les dossiers médicaux. La consultation des dossiers concernait les cas d'affection respiratoires traités dans le service de réanimation pour la période de janvier 2020 à décembre 2022.
- ✓ Du 14 au 4 mars 2023 : enquête réalisée chez les orpailleurs et la population environnante ainsi que chez les personnes ayant été traitées pour la tuberculose

II.3 Population d'étude

Principalement, l'étude a été menée chez les orpailleurs des 4 sites de la commune Butihinda. Il s'agit des sites de NYABIBUYE KW'ISHONGA (N⁷=10), Ndera (N=117), Gaharoro II (N=258) et Gaharoro III (N=400). De plus, la population environnante (n⁸=154) a été incluse dans l'étude pour servir de témoins.

Afin de garantir la fiabilité des résultats d'enquête, une étude épidémiologique a été menée à l'endroit des cas d'affections respiratoires dans le service de réanimation à l'hôpital de Muyinga (N=202 cas) et à l'endroit des personnes ayant traitées pour la tuberculose (n=109 personnes) à l'hôpital communal de Butihinda pour déterminer l'influence de l'orpaillage dans la survenue de certaines pathologies.

II.3.1 Critères d'inclusion

Pour les orpailleurs :

- ✓ Être orpailleur ;
- ✓ Être âgé de 15 ans et plus ;
- ✓ Avoir une expérience de 6 mois et plus ;
- ✓ Être consentant pour participer dans l'étude.

Pour la population environnante :

- ✓ Être âgé de 18 ans et plus ;
- ✓ Avoir passé dans la localité une période d'une année et plus ;

⁷ N= population

⁸ N=échantillon

- ✓ Être consentant pour participer dans l'étude.

II.3.2 Critères de non-inclusion

Pour les orpailleurs :

- ✓ Être âgé de moins de 15 ans ;
- ✓ Avoir une expérience de moins de 6 mois ;
- ✓ Avoir refusé de participer dans l'étude.

Pour la population environnante :

- ✓ Être âgé de moins de 18 ans ;
- ✓ Avoir passé dans la localité une période de moins d'une année ;
- ✓ Avoir refusé de participer dans l'étude.

II.4 Outils utilisés

La recherche scientifique apporte une contribution très importante pour préserver la santé et combattre les maladies. Elle nécessite alors la mise à disposition d'un certain nombre de matériels (OMS, 2003). Ainsi, le matériel utilisé dans le cadre du présent travail se résume comme suit :

- ✓ Un Questionnaire d'enquête préétabli dans Kobocollect ;
- ✓ Un GPS de type Garmin qui nous a fourni les coordonnées géographiques ;
- ✓ Appareil photo de type CANNON pour la prise des images ;
- ✓ Logiciel libre Arc GIS version 3.10.1 avec GRASS 7.8.2 pour l'édition des cartes ;
- ✓ Logiciel Epi Info pour l'analyse statistique des données.

II.5 Types de variables étudiées

Dans l'étude, nous distinguons les variables dépendantes ou expliquées et les variables indépendantes ou explicatives.

II.5.1 Variables dépendantes

Les variables dépendantes dans notre étude sont les impacts sanitaires liés à l'orpaillage

II.5.2 Variables indépendantes

Quant aux variables indépendantes, il s'agit des caractéristiques socio-démographiques (âge, genre, scolarisation, statut matrimonial), poste occupé, expérience dans l'orpaillage, pratiques de l'orpaillage, niveau de connaissance des orpailleurs sur les pathologies attribuables à l'orpaillage, importance des impacts sanitaires, exposition aux polluants chimiques, hygiène

et assainissement, accès aux soins de santé, accès à l'information et les précautions de prévention.

II.6 Méthodes, collecte et analyse des données

II.6.1 Détermination de la taille de l'échantillon

Une enquête transversale a été menée dans les sites miniers aurifères de Ndera I, Nyarubuye-Kw'ishonga, Gahararo II, Gahararo III de la commune Butihinda. La base de sondage était constituée par tous les orpailleurs des 4 sites et était au total 785 personnes. Ont été inclus dans l'étude, ceux ayant une ancienneté d'au moins 6 mois et qui acceptent volontiers de répondre à notre enquête.

La méthodologie d'échantillonnage aléatoire simple a été utilisée pour trouver les personnes à enquêter (Singh, Masuku 2014). Un échantillon de 258 personnes (tableau 4) a été trouvé en utilisant la formule suivante :

$$n = \frac{X^2 * NP(1 - P)}{d^2 * (N - 1) + X^2P(1 - P)}$$

(n) taille de l'échantillon ; (N) : taille de la population cible, (P) : proportion attendue d'une réponse de la population, (X) : intervalle de confiance d'échantillonnage à 95% : 1,96 et (d) : marge d'erreur d'échantillonnage : 0,05 (Krejce RV et Morgan). Le tableau 4 montre les personnes à enquêter par site proportionnellement par nombre total des travailleurs de ce site.

Tableau 4: Répartition de la taille de l'échantillon dans les quatre sites

Sites d'exploitation	Coopératives	Population par Sites	Population à enquêter
NDERA	NIYOGUSHIMWA	117	38
NYARUBUYE	TWIJUKIRE ITERAMBERE DUTEGURE KAZOZA	10	4
GAHARARO II	TURWIZE UMWIMBU	258	85
GAHARARO III	MUNEZERO MWIZA	400	131
Total		785	258

II.6.2 Technique de collecte de données

Lors de la collecte des données, nous avons fait recours à 4 méthodes à savoir : (a) la revue bibliographique, (b) l'enquête de terrain (c) l'enquête épidémiologique et (d) l'observation.

a) Revue bibliographique

La revue bibliographique a consisté à la consultation des ouvrages divers (articles, mémoires, thèses, rapports, etc.) sur Google Scholar, PubMed et dans la bibliothèque centrale de l'Université du Burundi. La capitalisation de toutes ces informations a permis de comprendre les concepts de l'exploitation minière de l'or depuis l'extraction jusqu'au traitement, les pratiques utilisées ainsi que les impacts sanitaires qu'elle peut engendrer.

b) Enquête de terrain

Pour bien conduire l'enquête, des questionnaires ont été préparés dans l'application Kobocollect. L'annexe 1, 2 du document résument les principales questions constituant les questionnaires d'enquête. L'un des questionnaires était destiné aux artisans qui pratiquent l'orpaillage dans les 4 sites de la commune Butihinda autorisés officiellement à extraire l'or au moment de l'enquête et l'autre était destiné à la population environnante non-orpailleur.

La collecte de données auprès des participants ayant donné leur consentement écrit ou verbal a été faite sous forme d'entretien individuel de 15 à 20 minutes dans un endroit permettant d'assurer la confidentialité.

Des entretiens avec des informateurs clés ont également été menés en fonction des aspects particuliers de notre analyse. Il s'agit des institutions et acteurs clés à savoir l'Office Burundaise pour la Protection de l'Environnement (2), Office Burundaise des Mines (OBM) (2), Hôpital Muyinga (2), Hôpital Butihinda (3), administration communale de Butihinda (1), Technicien de Promotion de la Santé (TPS) (2), Agent de Santé Communautaire (ASC) (9).

Pour l'élaboration du questionnaire, certaines sources nous ont servi d'inspiration. Il s'agit notamment du guide pas-à-pas pour l'élaboration d'une stratégie de santé publique concernant l'extraction minière artisanale et à petite échelle d'or dans le cadre de la Convention de Minamata sur le mercure (OMS, 2021), la fiche d'inspection minière du ministère en charge des mines au Burundi (MEM, 2014), le Plan d'Action National pour réduire et/ou éliminer l'utilisation du mercure dans l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or au Burundi (PAN, 2019) et les autres recherches relatives aux impacts sanitaires liés à l'exploitation de l'or.

c) Enquête épidémiologique

L'exposition à la poussière de silice, en présence ou absence de silicose, a été associée à une variété d'autres maladies incluant le cancer des poumons, les infections bactériennes, la tuberculose pulmonaire, les maladies auto-immunitaires et les maladies pulmonaire obstructive chronique (Richard *et al.*, 2015).

Plusieurs études ont démontré que les taux de tuberculose pulmonaire sont élevés chez les populations exposées à la poussière de silice (même en l'absence de silicose). Ces taux peuvent être 3 fois supérieurs aux taux observés dans la population générale (Te-Waternaude *et al.*, 2006 ; Rees & Murray, 2007).

Cela nous a poussé alors de mener deux types d'enquête épidémiologique à savoir : (a) la collecte des données sur les cas d'affections respiratoires traités dans le service de réanimation à l'hôpital de Muyinga pendant la période de 3 ans (janvier 2020-décembre 2022) et (b) une enquête communautaire menée auprès des personnes traitées pour la tuberculose à l'hôpital communal de Butihinda au cours de la période s'étendant de janvier 2022 à janvier 2023 pour déterminer l'influence de l'exposition aux poussières de silice sur la survenue de la tuberculose. Pour les tuberculeux, nous avons d'abord collecté les données relatives à l'identification des enquêtés (noms et prénoms, sexe, lieu de résidence) afin de faciliter l'enquête communautaire. Quant à l'enquête proprement dite, nous avons fait recours aux ASC pour question d'éthique et confidentialité. La fiche d'enquête a été traduite en Kirundi et a ensuite été expliqué aux ASC pour nous aider à collecter les données dans la communauté.

d) Visite des sites

Des visites de terrain ont été menées dans les sites d'exploitation minière artisanale de l'or. Nous avons visité les lieux d'extraction et de traitement de l'or. Cela nous a permis d'observer directement l'environnement physique des sites d'exploitation aurifère, de nous rendre compte des conditions de travail dans les sites et de vérifier certaines informations issues de l'analyse documentaire.

II.6.3 Dépouillement et traitement des données

Le dépouillement des données a été fait question par question suivant les variables retenues pour ce travail. Les données collectées à travers le Kobocollect ont été envoyées systématiquement dans le serveur et extraites pour être traitées à l'aide de la fonction stat Calc du logiciel Epi Info version **7.2.2.6** surtout pour le calcul de la probabilité afin de mesurer le

degré de significativité du facteur étudié. Était significatif, un facteur qui avait une probabilité $p \leq 0,05$. Le chi carré de Pearson est utilisé pour vérifier l'association possible entre les variables sociodémographiques et les variables d'intérêt, telles que le niveau de connaissance de l'impact sanitaire de l'Exploitation Artisanale de l'Or (EAO) et les signes cliniques déclarés par les orpailleurs.

Le logiciel Microsoft Excel a été utilisé pour les tableaux croisés dynamiques. Les données servant à la localisation de nos sites d'échantillonnage ont été prises à l'aide d'un GPS type Garmin 64 S. Les coordonnées géographiques ont été traitées avec logiciel Arc GIS afin de produire une carte de localisation de la zone d'étude.

Pour évaluer le niveau de connaissances des orpailleurs sur l'impact sanitaire de l'exploitation aurifère, nous avons déterminé des scores qui nous ont permis de mesurer un niveau global de connaissances. Dix problèmes majeurs de santé attribuables à l'EAO ont été répertoriés sur la base des données de la littérature (Richard *et al.*, 2015 ; Geenen *et al.*, 2021). Il s'agit de l'asphyxie, silicose, tuberculose, toxicité due au mercure, traumatisme, fatigue prolongée, dermatose, parasitose, viol, SIDA/IST. Une échelle de score de 1 à 5 traduit le niveau de connaissance de « bas » à « élevé » avec une pondération de 2 réponses trouvées pour 1 score. Un score de 3/5 traduit un niveau de connaissance suffisant.

II.7 Caractérisation des impacts sanitaires de l'EAO

La caractérisation des impacts engendrés par le projet permet de déterminer l'importance de ces derniers pour justifier l'application des mesures d'atténuation, de compensation, et de suivi. Cette évaluation repose sur la matrice d'impacts qui consiste à croiser les différentes phases d'activités de l'exploitation artisanale de l'or et les composants du milieu qui peuvent être touchés par ces activités dans le but d'identifier, de caractériser et d'évaluer les impacts de l'orpaillage sur les milieux physiques et humain (Ranaiva, 2021).

Dans le présent travail, nous avons évalué l'impact de l'exploitation de l'or sur la santé humaine dans les sites faisant objet de notre étude. Les méthodes suivantes ont été utilisées pour déterminer les impacts sanitaires sur chaque étape d'exploitation :

- Identification des impacts qui s'est faite à partir de la matrice de Léopold (Yentchare, 2013) ;
- Evaluation de l'impact de chaque impact qui s'est faite à partir de la matrice de Fecteau (Wandan *et al.*, 2015).

II.7.1 Identification des impacts

Dans cette étude, l'identification des impacts s'est faite grâce à la matrice de Luna Léopold développée par l'United States Geological Survey en 1971. C'est une matrice d'interrelation, mettant en relation les activités du projet sources d'impacts, avec la santé et/ou l'environnement (Yentchare, 2013 et Josmovic *et al.*, 2014).

II.7.2 Evaluation des impacts

L'importance de l'impact est déterminée pour avoir une indication précise sur l'ampleur générale de l'impact sur la composante affectée. Pour déterminer cette importance, on s'est appuyé sur la matrice de Martin Fecteau (1977) qui combine les critères d'évaluation qui sont la nature de l'impact, la durée, la portée, l'intensité et la réversibilité (Abdou, 2019).

a) Nature

L'impact retenu peut être soit positif (P) ou négatif (N). Il est positif s'il contribue à améliorer les conditions de vie humaine et/ou l'état de l'environnement. Il est négatif dans le cas contraire. En cas de situation inchangée, l'impact retenu sera nul (Abdou, 2019).

b) Intensité

Il s'agit de l'ampleur de l'impact sur la composante étudiée. C'est le degré de perturbation qui peut être occasionné en fonction de la vulnérabilité de la composante. L'intensité peut être haute, moyenne ou basse (Abdou, 2019, Josmovic *et al.*, 2014) :

- Elle est haute lorsque l'activité induit de profondes modifications sur la composante étudiée ou entache sérieusement son fonctionnement normal ou lorsqu'un dépassement sensible des normes est constaté ;
- Elle est moyenne lorsque les modifications induites sont visibles mais ne compromettent pas le fonctionnement normal de la composante ;
- Elle est faible lorsque les modifications induites sont légères ou nulles.

c) Portée

La portée permet d'apprécier l'étendue géographique de l'impact sur la composante étudiée. Elle peut être locale, régionale ou nationale (Rainova, 2021) :

- Elle est locale lorsque l'étendue de l'impact reste centrée sur le lieu où il est généré (ici le site de l'orpaillage) ;

- Elle est régionale lorsque l'impact généré s'étend au-delà du site et intéresse des surfaces qui n'avaient rien en commun avec le site ;
- Elle est nationale lorsque l'impact généré au niveau du site intéresse une grande partie du pays.

d) Durée

Il s'agit du temps pendant lequel l'impact est ressenti ou produit ses effets. Ainsi, l'impact peut être de court, moyen et long terme (Yentchare, 2015, Josmovic *et al.*, 2014) :

- Court terme : lorsque l'impact disparaît assez vite ou aussitôt qu'il est généré ;
- Moyen terme : lorsque l'impact généré persiste un certain temps mais disparaît avec le terme de l'activité ;
- Long terme : lorsque l'impact généré reste présent pendant toute la durée de l'activité et continue bien que celle-ci ait cessé.

e) Réversibilité

Ce paramètre caractérise la capacité de la composante perturbée à reprendre un fonctionnement normal identique à celui de son état initial. L'impact est alors réversible. Lorsque le fonctionnement ne peut être repris comme indiqué précédemment, on parlera plutôt du caractère irréversible de l'impact (Abdou, 2019).

Les trois (03) critères suivants : intensité, portée et durée sont associés afin de déterminer l'intensité absolue de l'impact. L'intensité majeure sera représentée par +++, l'intensité moyenne par ++ et l'intensité mineure par + (Abdou, 2019 et Yentchare, 2015). Le tableau 5 montre les critères d'évaluation des impacts d'après Fecteau.

Tableau 5: Critères d'évaluation des impacts d'après Fecteau⁹

Intensité	Portée (étendue)	Durée	Importance absolue
Haute (H)	Nationale (Nat)	Long terme (Lt)	Majeure (+++)
		Moyen terme (Mt)	Majeure
		Court terme (Ct)	Majeure
	Régionale (R)	Long terme	Majeure
		Moyen terme	Moyenne (++)
		Court terme	Moyenne
	Locale (L)	Long terme	Majeure
		Moyen terme	Moyenne
		Court terme	Mineure (+)
Moyenne (M)	Nationale	Long terme	Majeure
		Moyen terme	Moyenne
		Court terme	Moyenne
	Régionale	Long terme	Moyenne
		Moyen terme	Moyenne
		Court terme	Moyenne
	Locale	Long terme	Moyenne
		Moyen terme	Moyenne
		Court terme	Mineure
Faible (F)	Nationale	Long terme	Majeure
		Moyen terme	Moyenne
		Court terme	Mineure
	Régionale	Long terme	Moyenne
		Moyen terme	Moyenne
		Court terme	Mineure
	Locale	Long terme	Mineure
		Moyen terme	Mineure
		Court terme	Mineure

Source : (Nkouathio *et al.*, 2021)

⁹ *La matrice ou grille de Fecteau en Etude d'Impact Environnemental se présente sous forme d'un tableau à deux entrées qui recense d'une part les activités du projet à différentes phases et les composants du milieu biophysique, humain et socio-économique, puis mesure l'impact sur la base des méthodes logiques pour en donner une valeur d'appréciation : http://ressources.unit.eu/cours/RMDI/RMDI8/co/grain1_2_1.html*

II.8 Considérations administratives et éthiques

Après la validation du protocole de recherche, des demandes d'autorisation de mener notre étude ont été adressées à l'administrateur de la commune Butihinda, à la direction de l'hôpital Muyinga, à l'OBPE et à l'OBM.

Après l'obtention des accords, les procédures de collecte ont commencé dans le strict respect de l'éthique de la recherche sur les humains :

- Le consentement éclairé, écrit et/ou verbal par chaque participant a été obtenu ;
- Les entretiens ont été menés dans un endroit permettant la confidentialité ;
- L'anonymat a été assuré par l'utilisation des codes et initiales à la place des noms ;
- Les interviews ont été conduit par nous-mêmes (les chercheurs) et quelques ASC œuvrant dans l'aire de responsabilité de l'hôpital communal de Butihinda qui ont été formés pour remplir le questionnaire traduit en Kirundi ;
- Aucune autre personne n'a eu accès aux fiches d'enquête.

CHAPITRE III. PRESENTATION DES RESULTATS

III.0 Caractéristiques des enquêtés

Les caractéristiques sociodémographiques des participants sont décrites dans le tableau 6. La population d'orpaillage a un âge moyen de 33,6 ans (n=258) et le sexe ratio est de 15,12 (masculin=93.8 %). Plus de la moitié des répondants était des creuseurs (75 %) et tous sont des hommes. Ils avaient une ancienneté médiane dans l'exploitation aurifère de 8 ans (extrêmes 2 à 30 ans). 54.65 % avaient un niveau de l'Ecole Fondamentale (ECOFO) et 88,37 % étaient mariés.

Tableau 6: Caractéristiques sociodémographiques des orpailleurs répondants

Caractéristiques	Modalités de réponse	Effectif	Pourcentage
Genre	Masculin	242	93,8 %
	Féminin	16	6,2 %
Tranche d'âge	[18-24]	42	16,27 %
	[25-34]	106	41,09 %
	[35-49]	84	32,56 %
	50 et plus	26	10,08 %
Niveau d'instruction	Aucun	102	39,53 %
	ECOFO	141	54,65 %
	Poste fondamentale	15	5,81 %
Statut matrimonial	Marié	228	88,37 %
	Divorcé	6	2,33 %
	Célibataire	24	9,3 %
Expérience	2 ans à 4 ans	61	23,64 %
	5 ans à 9 ans	89	34,5 %
	10 ans et plus	108	41,86 %
Poste occupé	Creuseur	119	75,2%
	Concasseur	18	7,0%
	Broyeur	13	5,0%
	Laveur d'or	21	8,1%
	Surveillant	12	4,7%

Pour la population non-orpailleur (tableau 7), au total 154 participants ont été inclus dans l'étude. L'âge moyen de l'échantillon étudié est de 33,9 ans. L'échantillon est dominé par les agriculteurs (86.36 %), et plus de la moitié à un niveau ECOFO (62.99 %). Quant à la couverture en assurance maladie, 75.97% des répondants ne sont pas couverts. Le sexe ratio est de 1.70.

Tableau 7: Caractéristiques sociodémographiques de la population non orpailleur enquêtée

Caractéristiques	Modalités de réponse	Effectif	Pourcentage
Genre	Masculin	97	62,99%
	Féminin	57	37,01%
Tranche d'âge	[18-24]	26	16,88%
	[25-34]	68	44,16%
	[35-49]	44	28,57%
	50 et plus	16	10,39%
Niveau d'instruction	Aucun	33	21,43%
	ECOFO	97	62,99%
	Poste fondamentale	24	15,58%
Statut matrimonial	Célibataire	28	18,18%
	Marié	99	64,29%
	Divorcé	15	9,74%
	Veuf	12	7,79%
Occupation	Agriculteur	133	86,36%
	Enseignant	8	5,19%
	Commerçant	12	7,79%
	Agent de sécurité (PNB)	1	0,65%
Couverture en assurance santé	Oui	37	24,03%
	Non	117	75,97%

III.1. Connaissances des enquêtés sur l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or (EAO)

a) Niveau de connaissance des orpailleurs de l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or

Les orpailleurs enquêtés ont répondu à l'unanimité que les activités d'orpaillage ont un impact négatif sur leur santé. Plus de la moitié des participants (53,10%) ont pu identifier au moins 6/10 pathologies attribuables à l'EAO (figure 13). Par conséquent, 46,90 % (n=258) ont un niveau de connaissances insuffisant de l'impact sanitaire de l'orpaillage.

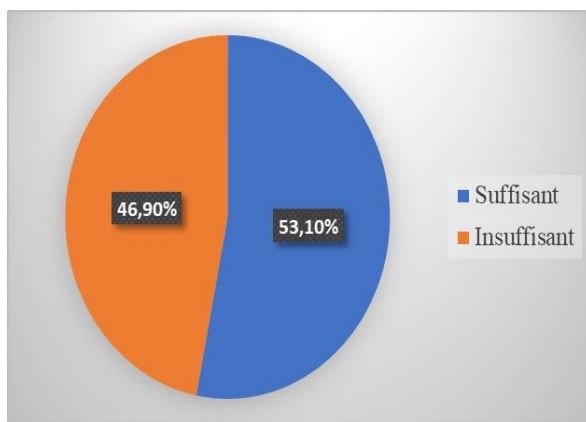


Figure 13: Niveau de connaissance de l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or

La figure 14 montre la répartition des répondants en fonction de l'échelle des scores du niveau de connaissance (score 1 : 18,22% ; score 2 : 28,68% ; score 3 : 32,17% ; score 4 : 14,34 ; score 5 : 6,59%).

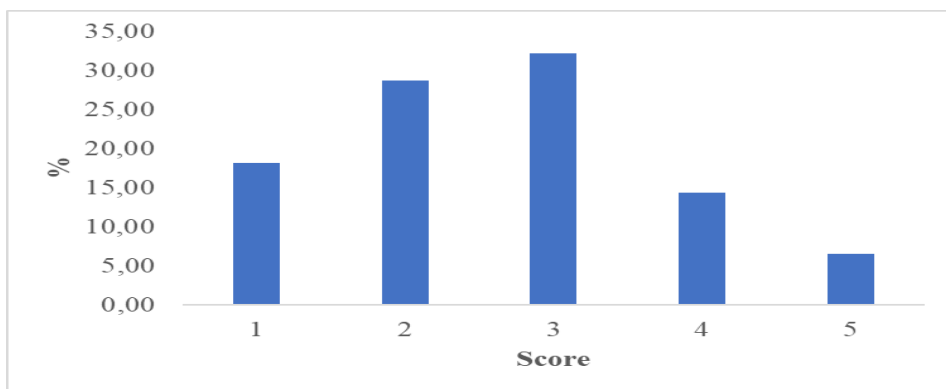


Figure 14: Echelle du niveau de connaissances des orpailleurs sur l'impact sanitaire de l'EAO

b) Niveau de connaissances des non-orpailleurs enquêtés sur l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or

Dans la population enquêtée n'ayant pas pratiqué l'orpaillage, plus de la moitié ont un niveau de connaissance insuffisant sur l'impact sanitaire de l'EAO, soit 77,9 % (120 sur 154). La figure 15 montre que la majorité des enquêtés ont obtenu 1 à 2 scores. (1 : 35,06% ; 2 : 42,86% ; 3 : 14,94% ; 4 : 5,19% ; 5 : 1,95%).

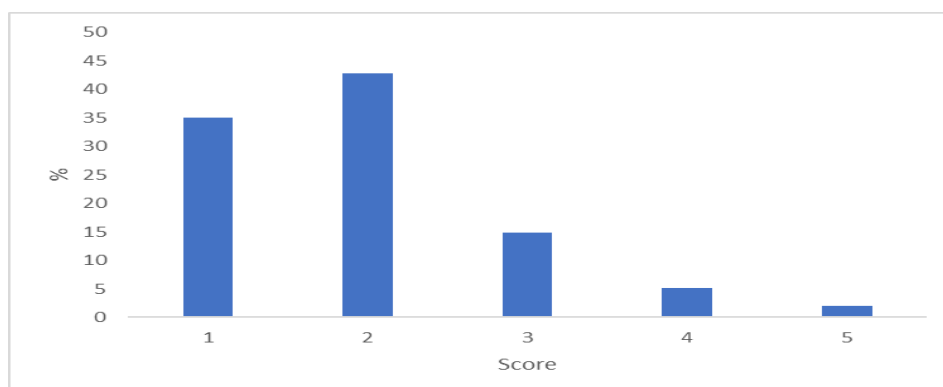


Figure 15: Illustration des scores du niveau de connaissances de la population non-orpailleur sur l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or

c) Mesure de l'influence de certains facteurs sur le niveau de connaissance des répondants de l'impact sanitaire de l'EAO

Dans la catégorie des orpailleurs qui ont participé dans l'enquête, les analyses révèlent une association statistiquement significative entre le niveau de connaissance des enquêtés et certains facteurs à savoir le niveau d'instruction, l'expérience et le poste occupé ($p < 0,05$) (Tableau 8).

Tableau 8: Influence de certains facteurs sur le niveau de connaissance des orpailleurs enquêtés de l'impact sanitaire de l'EAO

Caractéristiques	Modalités de réponse	Niveau de connaissance			Interprétation	
		Effectif	Suffisant	%	p-value	Signification
Genre	Masculin	242	130	53,72	0,60	Non significatif
	Féminin	16	7	43,75		
Tranche d'âge	[18-24]	42	19	45,24		

	[25-34]	106	57	53,77	0,53	
	[35-49]	84	42	50,00		Non significatif
	50 et plus	26	19	73,08		
Niveau d'instruction	Aucun	102	21	20,59		
	ECOFO	141	104	73,76		
	Post-fondamentale	15	12	80,00	0,00206	Significatif
Expérience	2 ans à 4 ans	61	22	36,07		Significatif
	5 ans à 9 ans	89	48	53,93	0,00123	
	10 ans et plus	108	67	62,04		
Poste occupé	Creuseur	149	88	59,06		
	Concasseur-Broyeur	53	29	54,72	0,01244	Significatif
	Laveur d'or	29	8	27,59		
	Surveillant	27	12	44,44		

Le sexe et le genre ($p=0.60$; $p=0.53$) des participants ne présentent pas une influence sur le niveau de connaissance des enquêtés sur l'impact sanitaire de l'EAO.

En comparaison avec les enquêtés qui n'ont jamais pratiqué l'orpaillage et qui habitent dans la localité des sites miniers aurifères visités, il se remarque également une association statistiquement significative entre le niveau de connaissance et le niveau d'instruction ($p=0,0005$) et la fonction($p=0.030$) du répondant (Tableau 9).

Tableau 9: Influence de certains facteurs sociodémographiques sur le niveau de connaissances des non-orpailleurs enquêtés sur l'impact sanitaire de l'EAO

Caractéristiques	Modalités de réponse	Niveau de connaissance			Interprétation	
		Effectif	Suffisant	%	p-value	Signification
Genre	Masculin	97	75	77,32	0,97	Non significatif
	Féminin	57	45	78,95		
Tranche d'âge	[18-24]	26	21	80,77	0,93	Non significatif
	[25-34]	68	51	75,00		
	[35-49]	44	38	86,36		
	50 et plus	16	10	62,50		
Niveau d'instruction	Aucun	33	31	93,94	0,0005	Significatif
	ECOFO	97	83	85,57		
	Post-fondamentale	24	6	25,00		
Occupation	Agriculteur	134	108	80,60	0,030	Significatif
	Enseignant	8	2	25,00		
	Commerçant	12	10	83,33		

De plus, le genre et le sexe n'influencent pas le niveau de connaissance de l'impact sanitaire de l'EAO comme il est le cas chez les orpailleurs.

III.2 Caractérisations des impacts sanitaires de l'orpaillage

III.2.1 Identification des impacts sanitaires associés à l'EAO par les Orpailleurs

a) Typologie des dangers de l'EAO sur la santé des orpailleurs

Lors de l'enquête sur terrain, les orpailleurs ont pu identifier quelques dangers et/ou menaces attribuables aux activités EAO. La figure 16 donne le détail des dangers répertoriés par les enquêtés et la proportion de citation de ces dangers par les répondants. Il se remarque que l'éboulement et les chutes (86.82 % ; 74.42 %) sont les deux dangers les plus cités tandis que l'utilisation du mercure et l'explosion sont les dangers les moins identifiés (24.81 % ; 13.57%).

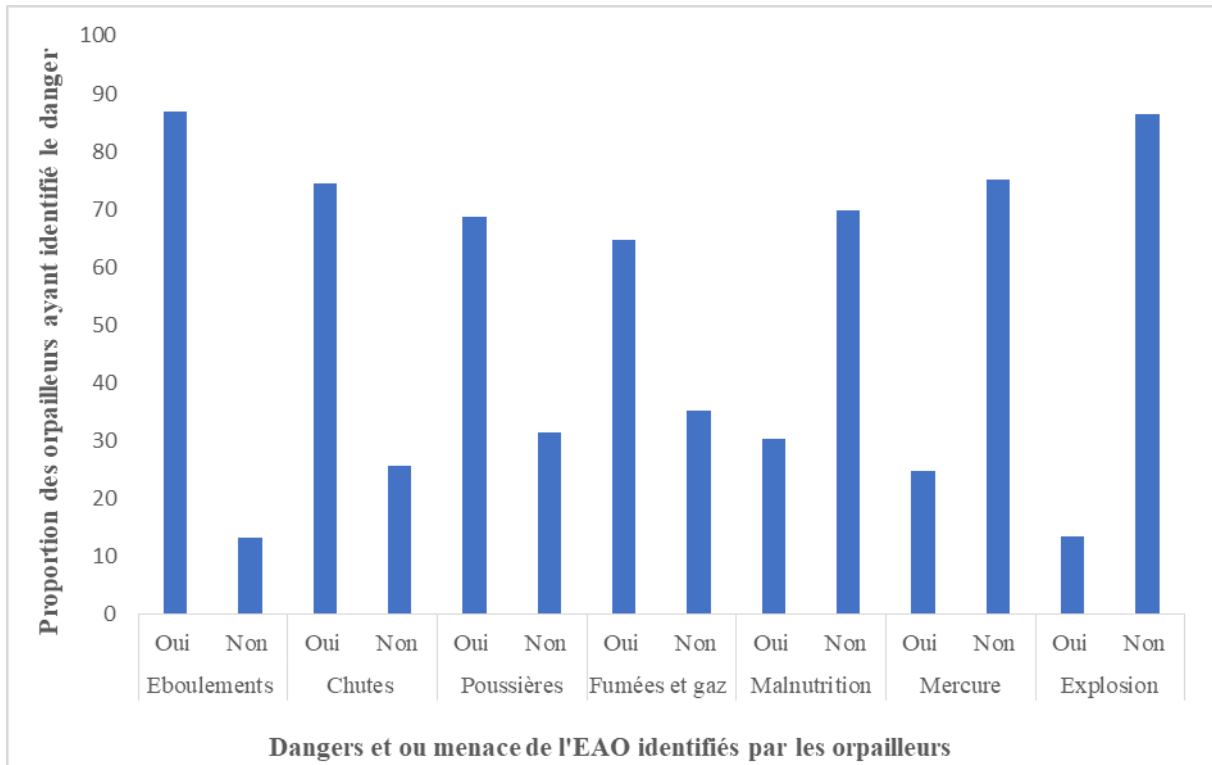


Figure 16: Importance des dangers répertoriés par les orpailleurs enquêtés

b) Typologie des impacts sanitaires de l'EAO

La plus grande partie des répondants pensent que les activités de l'exploitation artisanale de l'or peuvent occasionner par ordre de priorité les impacts les plus importants tels que la fatigue prolongée (94.96%) ; les accidents mortels dus à l'éboulement (77.71%) ; les blessures (70.16%) et la toxicité due aux poussières (57.57%) (Figure 17).

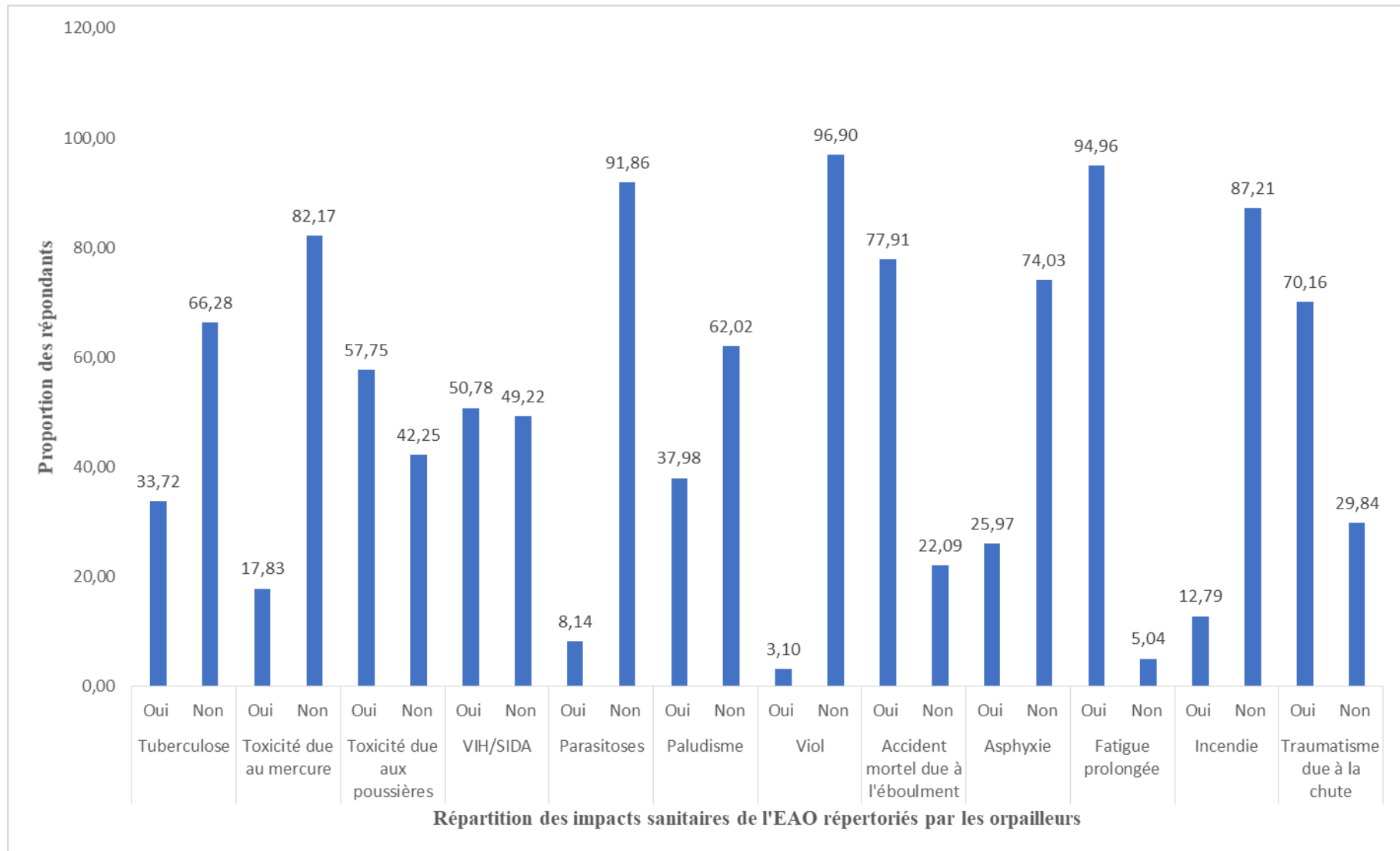


Figure 17: Impacts sanitaires liés à l'EAO répertoriés par les orpailleurs

c) Identification des pratiques dangereuses de l'EAO par les orpailleurs

Selon les orpailleurs enquêtés, la pratique la plus dangereuse est le forage des roches à l'aide du marteau piqueur communément appelé « **GUCORORONGA** » (56.59 %). La manipulation des produits chimiques semble être la moins perçue par les orpailleurs comme une pratique dangereuse (Figure 18).

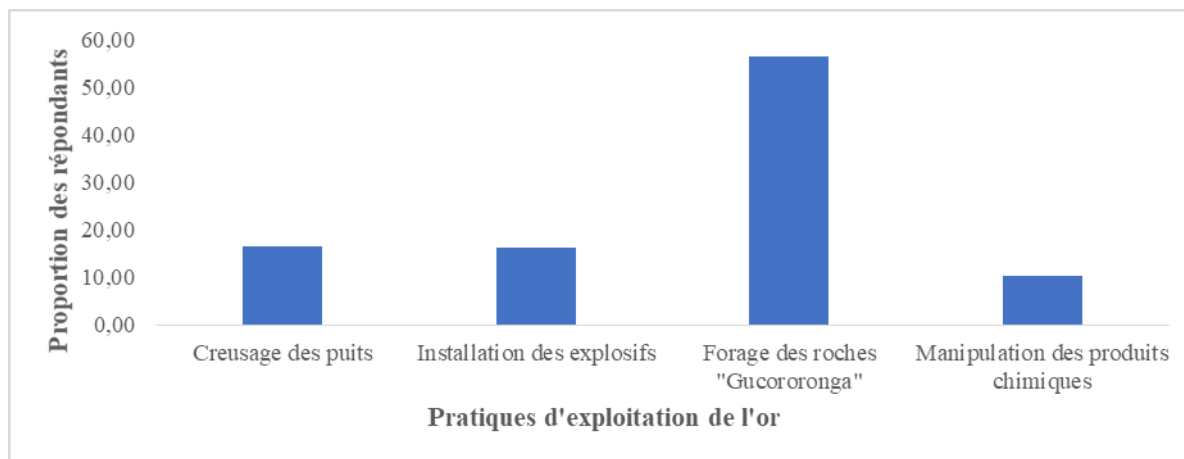


Figure 18: Identification des pratiques dangereuses de l'EAO par les orpailleurs

Tous les orpailleurs enquêtés ont signalé qu'ils n'utilisent plus le mercure pendant le processus de traitement de l'or. Par contre, les personnes interrogées souffrant de la pneumoconiose, la communauté environnante et les ASC nous ont révélé que ce produit est encore utilisé clandestinement. Malgré son interdiction au plan national, il parvient à franchir illégalement les frontières (Butihinda est proche de la Tanzanie).

d) Situation de l'exposition des orpailleurs à certains produits chimiques

Les résultats de l'enquête nous ont montré que pas mal de répondants manipulent et/ou ont manipulé dans leur vie professionnelle sans EPI (équipement de protection individuelle), les produits chimiques susceptibles de porter atteinte à leur santé. Comme le montre la figure 19, au total, 33.72 % des enquêtés pourraient être exposés au mercure, 18.22 % au cyanure, 17.83 % à l'acide nitrique, 14.73 aux explosifs, et 12.40 % aux fumées des machines. Sur les 4 sites d'EAO visités, un site de Gahararo III pratique l'abattage aux explosifs. Le responsable interrogé a précisé qu'ils ont un contrat avec la force de défense pour réaliser cette activité avec précaution. *En cas d'abattage aux explosifs, personne n'approche les puits avant 72 heures, dit le responsable interviewé.*

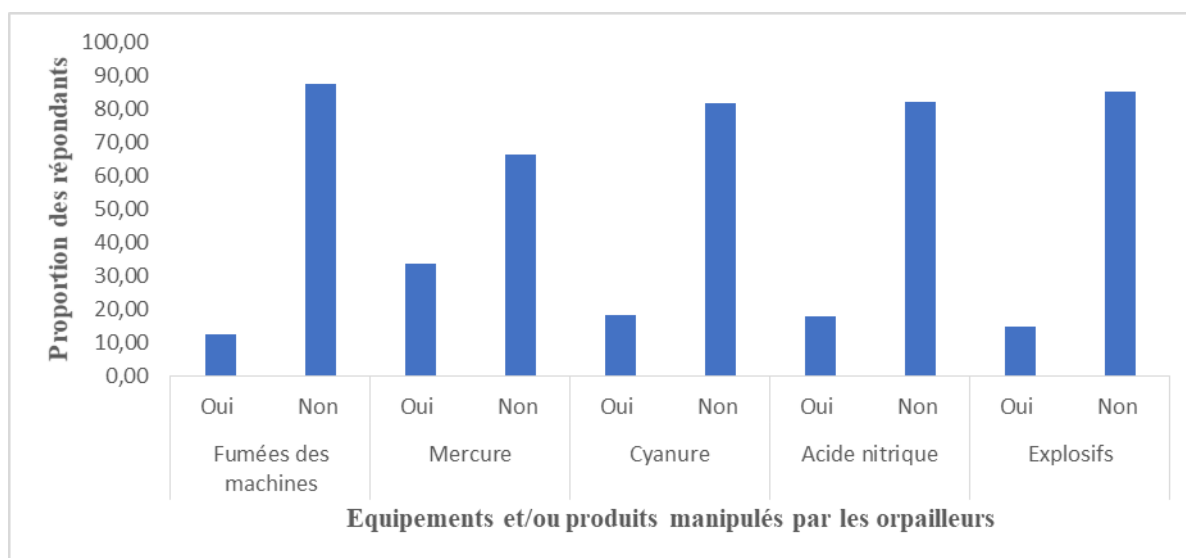


Figure 19: Illustration de la situation d'exposition à certains produits chimiques par les orpailleurs

III.2.2 Evaluation des impacts sanitaires de l'EAO

Les impacts identifiés lors de l'investigation sur terrain par la méthode de Léopold sont évalués sur base de la matrice de FECTEAU décrite précédemment dans la méthodologie de la caractérisation des impacts sanitaire de l'orpaillage.

Le tableau 10 illustre le résultat de l'évaluation l'impact sanitaire avec la considération des points de vue des responsables des sites. Afin d'apprécier les impacts de l'orpaillage sur les sites faisant objet de l'étude, les différentes phases de l'exploitation artisanale de l'or ont été associées aux dimensions humaines et nous avons regroupé certains impacts pour faciliter la tâche de l'évaluation.

Tableau 10: Matrice d'évaluation des impacts sanitaires de l'orpaillage selon FECTEAU

Phase/Activités	Impacts principaux	Evaluation					
		Nature	Intensité	Porté	Durée	Intensité Absolue	Réversibilité/Irréversibilité
A) Phase d'ouverture et d'extraction							
Abattage	Asphyxie, incendie, décès	N	H	L	Lt	+++	Ir*
	Brulures, troubles de l'audition, troubles du sommeil, intoxication aigue ou chronique due aux gaz toxiques (CO, SO2, Oxydes N, Méthane)	N	H	L	Mt	++	Ré*
Creusement des puits	Chute de matériaux comme les pierres, chocs, absorption cutanée des produits constitutifs des roches	N	H	L	Ct	+	Ré*
	Ensevelissement	N	H	L	Lt	+++	Ir*
Soulèvement des extraits des puits	Fatigue prolongée, courbature, blessures, affection de l'épaule	N	H	L	Lt	+++	Ré*
B) Phase de traitement							
Concassage, broyage, tamisage	Risque de silicose/pneumoconiose, ...	N	H	L	Lt	+++	Ir
	Tuberculose	N	H	L	Mt	++	Ré*
	Bruit, vibrations	N	H	L	Mt	++	Ré*
Préparation des	Vertiges, vomissement, brûlures, lésions oculaires	N	H	L	Ct	+	Ré

solutions d'acides nitrique et sulfurique	Œdème pulmonaire	N	H	L	Lt	+++	Ré*
Amalgamation	Vomissement, diarrhée, troubles neurologiques, rénaux, musculaires...	N	H	L	Lt	+++	Ir
Cyanuration	Vertiges, confusions, céphalées, troubles neurologiques, cancers, impacts cutanés...	N	H	L	Mt	+++	Ir
C) Activités annexes à l'exploitation							
Utilisation des eaux de surfaces contaminées et toilettes de mauvaise qualité	Maladies à transmission vectorielle et hydrique comme le paludisme et les maladies parasitaires, et les problèmes dermatologiques	N	H	L	Lt	+++	Ré
Cohabitation sur le site	IST, consommation des drogues, et des boissons fortement alcoolisées,	N	H	Nat	Mt	++	Ré
	VIH/SIDA, viol	N	H	Nat	Lt	+++	Ir

Source : matrice élaborée par l'auteur en se référant de celui de Fecteau

N : négatif, H : haute ; L : locale, Nat : nationale ; Lt : long terme ; Mt : moyen terme ; Ré : réversible ; Ir : irréversible

A l'évaluation des impacts sanitaires de l'orpaillage, nous constatons que plus de la moitié des impacts sont d'importance majeure (64%) et cela en toutes phases d'exploitation (Figure 20). Les résultats d'enquête ont montré que l'équipe des creuseurs appelés localement « **abapira** » est confronté à différents types d'impact majeur car ils peuvent se retrouver dans les différentes phases d'exploitation de l'or.

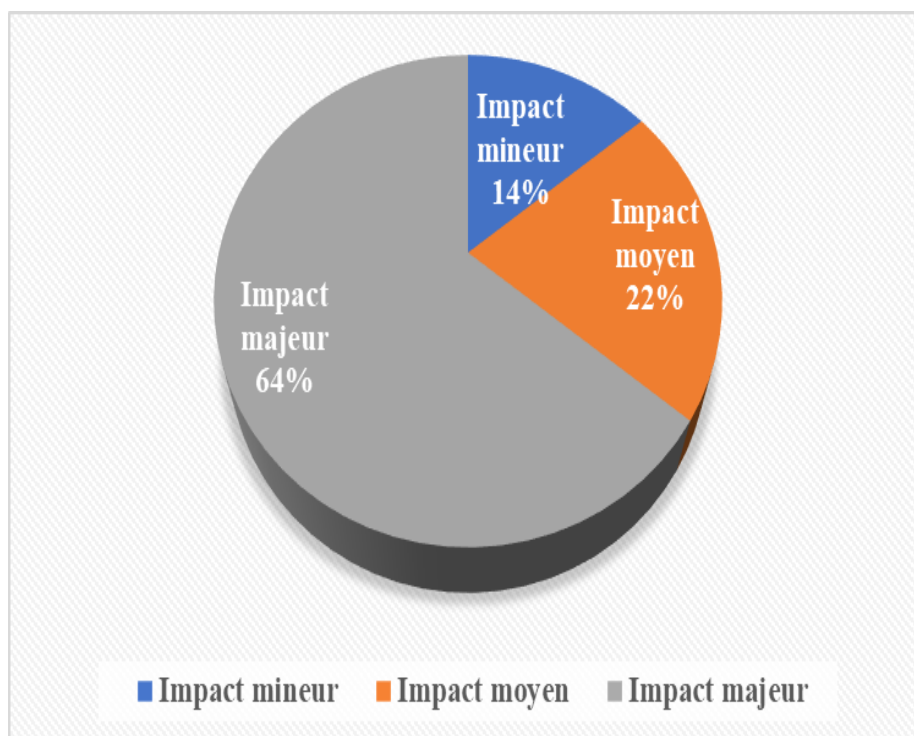


Figure 20: Importance des impacts sanitaires de l'orpaillage

III.3 Situation de l'aspect WASH¹⁰ dans les sites d'orpaillage

Lors de l'enquête menée dans les sites visités, nous avons constaté qu'il y a peu de mesures de protection prises par les orpailleurs alors que leurs conditions de vie et de travail sont très précaires. Aucun orpailleur ne portait un équipement complet de protection individuelle et cela aggraverait le risque de contracter les maladies pulmonaires telles que la pneumoconiose et la tuberculose. Au moment de l'enquête, seulement 18.60 % des enquêtés portaient au moins une seule EPI et c'était à la grande majorité des cas des bottes (figure 11).

¹⁰ WASH : Eau, hygiène et assainissement (Water, sanitation and hygien)

Tableau 11: Situation d'hygiène et assainissement dans les sites visités

Groupe	Caractéristiques	Modalités de réponse	Effectif	Pourcentage
Protection individuelle	Port d'au moins un équipement de protection individuelle	Non	210	81,40
		Oui	48	18,60
	Port de Masque bucco-nasale	Non	258	100,00
		Oui	0	0,00
	Port d'EPI complet	Non	258	100,00
		Oui	0	0,00
Hygiène	Hygiène des latrines (satisfaction des enquêtés)	Insatisfaite	211	81,78
		Satisfaite	43	16,67
		Très satisfaite	4	1,55
	Hygiène des restaurants (satisfaction des enquêtés)	Insatisfaite	197	76,36
		Satisfaite	59	22,87
		Très satisfaite	2	0,78
	Lavage des mains avant de manger sur le site	Jamais	145	56,20
		Quelque fois	101	39,15
		Toujours	12	4,65
	Orpailleurs qui rentrent à la maison après s'être lavés	Non	14	5,43
		Oui	14	5,43
	Orpailleurs qui laissent les vêtements de travail sur le site	Non	237	91,86
Oui		21	8,14	

Quant à l'hygiène, la majorité des enquêtés n'étaient pas satisfaite de l'hygiène des restaurants (76.36%) et des toilettes (81.78%). Un autre comportement très dangereux pour la communauté est le fait de rentrer à la maison sans s'être lavé (94.57%) et ils rentrent avec les vêtements de travail (91.86%). Cela pourrait entraîner des maladies aux autres membres de la famille des orpailleurs.

En outre, l'insuffisance d'infrastructures d'assainissement adéquats (1 à 2 latrines/site visité) ainsi que l'accès difficile à l'eau potable sur les sites d'orpaillage sont susceptibles d'augmenter le risque de contamination microbiologique (Figure 21 a).

La longue distance parcourue à la recherche de l'eau potable augmente le risque de consommer de l'eau impropre (eaux de rivières) sachant que l'orpaillage est un travail de force qui exige une demande excessive de l'eau à boire par les travailleurs. Un répondant nous a raconté qu'un bidon de 20 litres peut coûter 300 francs Burundais pendant la saison pluvieuse et 500 francs burundais pendant la saison sèche. L'eau est plus chère dans les sites, et cela expose les travailleurs à consommer de l'eau impropre favorisant ainsi les maladies infectieuses.

Dans les restaurants des sites, l'eau utilisée dans la cuisine est conservée dans des contenants non protégés et on peut laver les ustensiles de cuisine avec de l'eau souillée. Nous avons même assisté à des orpailleurs qui mangent sans se laver les mains. Les saletés dispersées au tour des restaurants peuvent être transportées sur ces denrées destinées à la consommation par les mouches.

Concernant l'eau utilisée lors du traitement du minerai d'or, une partie est réutilisée et l'autre partie est rejetée dans l'environnement. Les boues issues des activités de concentration de l'or sont récupérées et traitées au centre de cyanuration de Tangara afin de récupérer encore de l'or.



Figure 21: Type de toilette observé sur les sites (a) et traitement du minerai par les orpailleurs sans aucun EPI (b)

III.4 Informations des orpailleurs sur les problèmes de la santé et sécurité

Les résultats de notre recherche montrent que la majorité des enquêtés (74.42 %) n'ont pas accès à l'information sur les problèmes de santé et autres accidents attribuables à l'orpaillage

(tableau 12). Pour ceux qui sont informés, la grande proportion (31.82 %) trouve l'information aux émissions radiodiffusées. Les répondants nous ont signalé qu'ils n'ont jamais reçu sur site des séances d'éducation sanitaire. Les informations dont les orpailleurs reçoivent régulièrement sont en grande partie relatives à la traçabilité des minerais et la protection de l'environnement.

Tableau 12: IEC, accès aux soins de santé et à la sécurité sociale

Groupe	Caractéristiques	Modalités de réponse	Effectif	Pourcentage
IEC ¹¹	Information sur les impacts sanitaires de l'EAO (n=258)	Non	192	74,42
		Oui	66	25,58
	Source d'information(n=66)	Radio	21	31,82
		Internet	8	12,12
		Structure de santé	16	24,24
		Coopérative	11	16,67
		Eglise	7	10,61
		Sensibilisation de masse	3	4,55
	Education sanitaire sur site	Non	258	100,00
		Oui	0	0,00
Accès aux soins de santé et sécurité	CAM	Non	160	62,02
		Oui	98	37,98
Disponibilité d'une unité mobile de soins sur les sites EAO	Pharmacie	Non	4	100,00
		Oui	0	0,00
	Prestataire de soins et ou secouriste	Non	4	100,00
		Oui	0	0,00

¹¹ IEC : Information-Education-Communication

Le tableau 12 montre également que le taux de couverture en assurance santé (37.98%) et sécurité sociale (18.60%) des orpailleurs est trop bas. Aucun site visité n'a une unité mobile de soins. Les répondants nous ont dit qu'une fois un accident se présente, ils évacuent le malade vers le centre de santé le plus proche pour y recevoir des soins de santé et c'est la coopérative qui se charge du paiement de la facture.

III.5 Situation des accidents et/ou pathologies chez les orpailleurs

III.5.1 Déclaration des pathologies et accidents survenus dans les sites d'orpaillage

a) Pathologies identifiées chez les enquêtés

Les pathologies identifiées au cours de l'étude chez les individus enquêtés sont rapportées dans la figure 22. Ce sont des maladies et ou signes cliniques dont souffraient et ou développé par les enquêtés au moment de l'étude ou dont ils ont souffert au cours des 12 derniers mois précédant l'enquête. Les résultats de l'enquête ont montré que 98 sur 258 ont développé une pathologie ou un signe clinique, soit une proportion de 30,62% de tous les orpailleurs enquêtés.

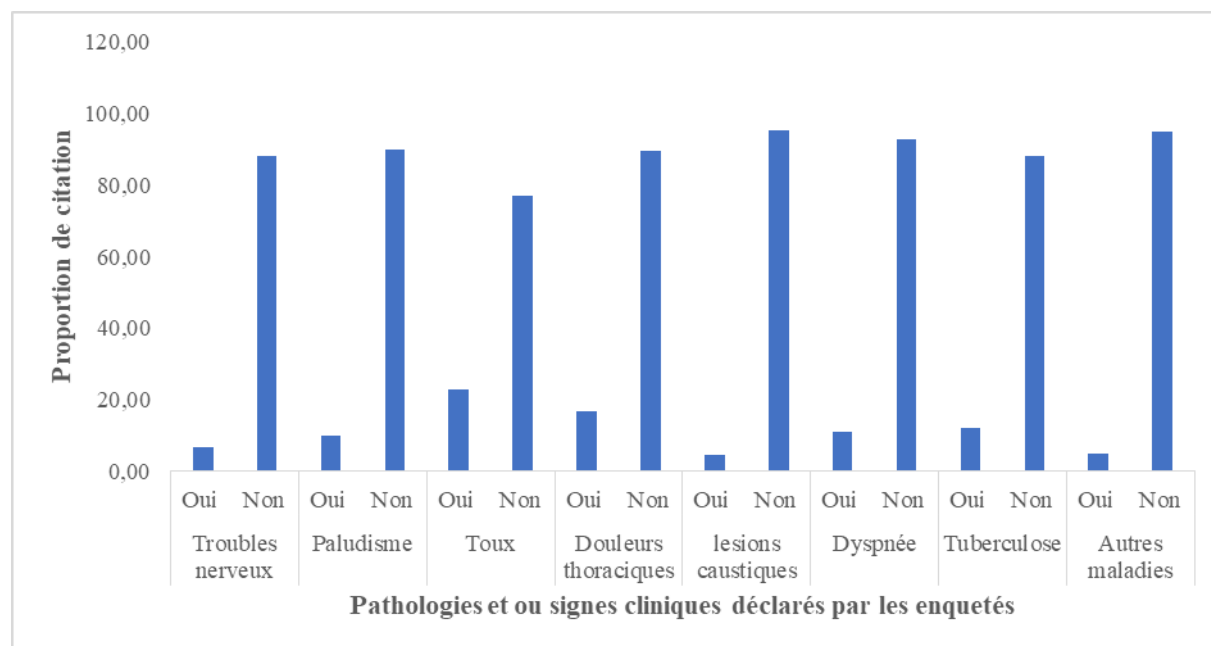


Figure 22: Déclaration des pathologies et ou signes cliniques par les orpailleurs (source : sondage)

De cette figure, pour les orpailleurs ayant déclarées avoir une pathologie ou un symptôme, nous constatons plus de fréquence aux symptômes de la toux (22,87%) et les douleurs

thoraciques (16,67%). Ces signes peuvent être associés à la silicose et à la tuberculose. 12,02 % des orpailleurs ont également déclaré avoir développé la tuberculose.

Les symptômes attribuables à l'intoxication au mercure tels que l'éréthisme mercuriel (excitabilité), la somnolence, la diminution de la force physique, l'hallucination et irritations n'ont pas été signalés par nos interlocuteurs.

Nous nous sommes entretenus avec les prestataires de soins pour nous rendre compte de la situation actuelle du diagnostic de l'intoxication au mercure et aux autres traces métalliques associés à l'or, ils nous ont confirmé qu'ils n'ont pas des capacités suffisantes en toxicologie clinique pour établir un diagnostic différentiel car plusieurs pathologies ont des mêmes manifestations cliniques d'où il est important d'équiper les laboratoires cliniques en des matériels et équipements pour diagnostiquer ces genres d'intoxication.

Comparativement à la fréquence des pathologies dont souffraient les orpailleurs et/ou ils ont développé dans les 12 derniers mois, dans la population non orpailleur (55/154) il s'observe une prédominance des parasitoses (33,12%), des maladies diarrhéiques (28,57%) et du paludisme (20,78%) comme le montre la figure 23.

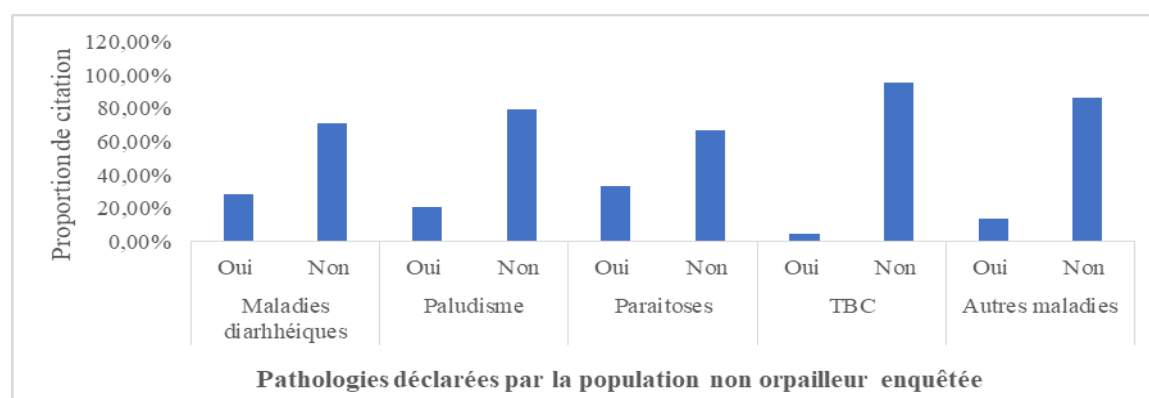


Figure 23: Pathologies déclarées par la population non orpailleur (source : sondage)

b) Accidents dus aux glissements de terrain

Les orpailleurs enquêtés nous ont révélé qu'ils ont assisté à des cas d'accidents mortels qui ont emporté des vies humaines dans les sites actuels et/ou anciens sites d'orpaillage. La figure 24 nous montre une estimation-faite par les orpailleurs-de la fréquence de survenue des éboulements par les orpailleurs.

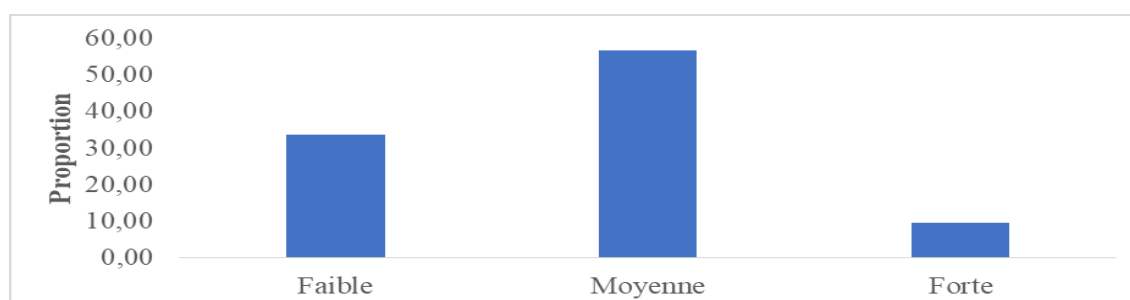


Figure 24: Estimation de la fréquence de survenue des éboulements par an

Sur 258 répondants, 83 ont admis qu'ils ont observé des cas d'éboulements dans les sites d'orpaillage au cours de leur vie professionnelle.

c) Mesure de l'influence de certains facteurs sur la survenue des pathologies et signes cliniques dans les sites d'orpaillage

Les analyses révèlent une association statistiquement significative entre la survenue des impacts sanitaires chez les orpailleurs au cours des 12 mois précédant l'enquête et les différents paramètres notamment le niveau d'instruction ($p=0,00002$), l'expérience ($p=0,00001$) et le poste occupé ($p=0,00008$) comme le tableau 13 le montre.

Tableau 13: Mesure de l'influence de certains facteurs sur la survenue des pathologies dans les sites d'orpaillage

Caractéristiques	Modalités de réponse	Impact sanitaire			Interprétation	
		Effectif	Oui	%	p-value	Signification
Genre	Masculin	242	92	38,02	0,82	Non significatif
	Féminin	16	6	37,04		
Tranche d'âge	[18-24]	42	23	54,76	0,07	Non significatif
	[25-34]	106	44	41,50		
	[35-49]	84	18	21,42		
	50 et plus	26	13	50,00		
Niveau d'instruction	Aucun	102	74	72,54	0,00002	Significatif
	ECOFO	141	21	14,89		
	Post-fondamentale	15	3	20,00		
Expérience	2 ans à 4 ans	61	11	18,03	0,00001	Significatif

	5 ans à 9 ans	89	34	38,20		
	10 ans et plus	108	57	52,77		
Poste occupé	Creuseur	139	68	48,92		
	Concasseur	36	12	33,33		
	Broyeur	27	8	29,62	0,00008	Significatif
	Laveur d'or	29	3	10,34		
	Surveillant	27	7	25,92		

III.5.2 Situation de la pneumoconiose à l'hôpital de MUYINGA

Des cas de silicose ; maladie causée par les poussières, ont été traités dans le service de réanimation pendant la période d'étude (janvier 2020 à décembre 2022). S'agissant d'une pathologie pulmonaire, la collecte des données a porté sur tous les cas d'affections respiratoires ayant été pris en charge dans ce service pendant cette période considérée et les malades hospitalisés au moment de l'enquête ont été inclus dans l'étude. Sur un total de 202 cas, 71 souffraient de la pneumoconiose soit une prévalence de 35.15% de tous les cas d'affection respiratoire (AR) traités (Tableau 14).

Tableau 14: Situation de la pneumoconiose à l'hôpital de MUYINGA

Caractéristiques	Modalités de réponse	de Pneumoconiose		Autres AR	
		Effectif	%	Effectif	%
Genre	Masculin	71	100,00	67	51,15
	Féminin	0	0,00	64	48,85
Tranche d'âge	<18 ans	0	0,00	89	67,94
	[18-24]	0	0,00	5	3,82
	[25-34]	34	47,89	5	3,82
	[35-49]	30	42,25	11	8,40
	50 ans et plus	7	9,86	21	16,03
Lieux de résidence	BUTIHINDA	66	92,96	24	18,32
	Autres communes	5	7,04	107	81,68

Source : Dossier médicaux du service de réanimation de l'hôpital de MUYINGA (2020-2022)

Du tableau 14, les résultats nous montrent que tous les cas de pneumoconiose étaient de sexe masculin (100%), la grande majorité se situe aux intervalles d'âge actifs (18-24 :47.89% et 25-34 : 42,25) et la grande partie provenait de la commune BUTIHINDA (92,96%).

III.5.3 Influence de l'exploitation de l'or sur la survenue de la tuberculose

Les résultats de l'enquête communautaire ont mis en évidence que le fait de pratiquer l'orpaillage pourrait être un facteur favorisant la survenue de la tuberculose. Sur un échantillon de 109 personnes ayant été traités pour la tuberculose pulmonaire à l'hôpital communal de Butihinda, 83 étaient des orpailleurs, soit une proportion de 76.14% et tous étaient de sexe masculin. Le tableau 15 montre que la grande majorité des enquêtés se situent aux intervalles d'âge de 25-34 : 81.25% et 35-49 : 81.03%.

Tableau 15: Notion d'exploitation de l'or chez les personnes traitées pour la tuberculose

Caractéristiques	Modalités de réponse	Total	Enquêtés ayant exploité l'or		Enquêtés n'ayant pas exploité l'or	
			Effectif	%	Effectif	%
Genre	Masculin	97	83	85,57%	14	14,43%
	Féminin	12	0	0,00%	12	100,00%
Tranche d'âge	<18 ans	2	0	0,00%	2	100,00%
	[18-24]	8	4	50,00%	4	50,00%
	[25-34]	32	26	81,25%	6	18,75%
	[35-49]	58	47	81,03%	11	18,97%
	50 ans et plus	9	6	66,67%	3	33,33%
Evolution de la maladie	Guérie et ou encore sous traitement	100	75	75,00%	25	25,00%
	Décédé	9	8	88,89%	1	11,11%

Source : Informations relatives à la tuberculose (hôpital communal de Butihinda) et résultats d'enquête communautaire à la recherche de la notion d'orpaillage (auteur).

Quant à l'évolution de la maladie, 9 personnes étaient trouvées décédées au moment de l'enquête dont 8 étaient des orpailleurs (selon les membres de leur famille) soit un pourcentage de mortalité de 9.6 % chez la population des tuberculeux orpailleurs. Pour ceux qui étaient encore vivants (n=100), les tuberculeux orpailleurs ont confirmé qu'ils avaient été extrêmement exposés aux poussières générées lors des activités d'orpaillage. Nous avons trouvé également qu'il y a parmi eux ceux qui avaient développé la tuberculose plus d'une fois et une probable pneumoconiose.

CHAPITRE IV. DISCUSSION DES RESULTATS

IV.1 Connaissances des enquêtés sur l'impact sanitaire de l'EAO

Les résultats de notre recherche ont révélé que tous les enquêtés affirment que l'EAO peut être source des problèmes sanitaires. Plus de la moitié des participants avaient un score supérieur ou égal à 3 (sur une échelle allant de 1 à 5), c'est-à-dire que 53,10 % des orpailleurs enquêtés et 22,10 % de la population non-orpailleur enquêtée avaient un niveau de connaissance suffisant sur l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'Or. Des analyses statistiques nous ont permis de mettre en évidence une association statistiquement significative entre le niveau de connaissance et le niveau d'instruction, l'expérience et le poste occupé.

Nos résultats sont comparables avec ceux de Sana et *ses collaborateurs.*, (2017) dans leur étude au Burkina-Faso où tous les participants ont été unanimes sur le fait que l'exploitation artisanale de l'or a des impacts sur la santé et 60% des répondants avaient un niveau de connaissance suffisant. Le niveau d'instruction et l'expérience se sont révélés statistiquement significatives comme il était le cas pour notre recherche. Selon ce même auteur, la proportion des répondants dans l'identification des symptômes liés à l'orpaillage est plus élevée chez les creuseurs (75%) que chez les non creuseurs (50%) et cela est similaire aux résultats trouvés dans notre travail (creuseur : 59,06% et surveillant : 44,44%).

Les mineurs ayant une plus longue expérience semblent plus conscients de l'importance des impacts sanitaires de l'orpaillage. Grâce à l'observation et à la pratique de longue date, ils accumulent une gamme de connaissances sur les perturbations de la santé induites par les activités de l'EAO. Ils deviennent ainsi plus conscients de ces impacts plus ils passent de temps à exécuter ce travail dangereux. Il nous semble que leur reconnaissance suffisante est due à la durée de l'activité qui donne l'occasion de vivre des cas de maladie en tant que travailleurs dans l'extraction du minerai.

Dans l'étude réalisée en Tanzanie, Charles *et ses collaborateurs.*, (2013) a démontré que la catégorie professionnelle d'un individu est associée au niveau de connaissance ($p < 0,001$). Les personnes travaillant dans le secteur minier ($n=63$, 73,2%) connaissaient mieux les effets négatifs du mercure sur la santé que les personnes exerçant d'autres professions. Parmi les quelques personnes ($n=17$, 10,6 %) qui connaissaient la toxicité de l'arsenic, la majorité ($n=10$, 58,8%) étaient des mineurs.

Bien que notre recherche n'ait pas trouvé une influence de sexe sur la connaissance des impacts sanitaires liés à l'EAO ; certaines études ont montré des différences significatives de reconnaissance des problèmes de santé selon le sexe et l'âge. C'est le cas notamment d'une recherche réalisée en Tanzanie par Charles *et ses collaborateurs.*, (2013) où ils ont trouvé que les hommes sont plus informés que les femmes (sexe ; $p=0,046$).

Wireko-Gyebi *et ses collaborateurs* (2020) dans leur étude au Ghana ont trouvé une absence de différences statistiquement significatives entre la prise de conscience aux risques sanitaires de l'orpaillage et les caractéristiques socio-économiques des mineurs à savoir le sexe, l'âge et la tâche principale. Par contre, ces chercheurs ont trouvé des différences statistiquement significatives entre le niveau d'éducation et le risque de blessure.

Globalement, le niveau de connaissance des enquêtés de l'impact sanitaire de l'EAO est suffisant mais la reconnaissance des effets toxiques spécifiques aux différentes pratiques comme l'utilisation des produits chimiques tels que le mercure et le cyanure n'a pas été satisfaisante dans notre recherche et cela est similaire aux résultats trouvés par Nkuba *et ses collaborateurs.*, (2019) où ils ont montré que les mineurs et les non-mineurs ont fait preuve d'un manque de connaissances sur les risques liés au mercure et beaucoup plus sur les risques liés au cyanure. Plusieurs études ont démontré des proportions élevées de travailleurs de l'EMA ignorant les dangers de la silice, du mercure et du cyanure (Charles *et al.*, 2013).

IV.2 Caractérisation de l'impact sanitaire de l'EAO

De nombreux types de dangers et impacts de l'orpaillage ont été recensés dans les sites d'orpaillage de Butihinda officiellement en activités au moment de notre enquête. Les participants à l'enquête nous ont aidé à identifier les dangers et impacts les plus prioritaires qui menacent leur santé. Selon l'ordre de priorité, les répondants évoquent que l'EAO peut occasionner la fatigue prolongée (94,96%) ; les accidents mortels dus à l'éboulement (77,71%) ; les blessures (70,16%) et la toxicité due aux poussières (57,57%), le VIH/SIDA (50,75%), le paludisme (37,98%), la tuberculose (33,72%), l'asphyxie (25,97%) et la toxicité due au mercure (17,83%). Ces Orpailleurs font face aux dangers tels que l'éboulement (86,82 %), les chutes (74,42 %), poussières (68, 6%), les fumées et gaz (64,73%) lors des activités d'extraction minières. Selon les orpailleurs enquêtés, la pratique la plus dangereuse est le forage des roches à l'aide du marteau piqueur communément appelé « GUCORORONGA » (56,59 %). Par contre, l'utilisation des produits chimiques tels que le mercure n'est pas beaucoup perçue par les répondants comme un danger imminent pour leur santé.

Les résultats de notre étude présentent des similitudes avec celles réalisées par d'autres chercheurs. Affessi *et ses collaborateurs.*, (2016) dans leur étude en Côte D'Ivoire ont indiqué que l'activité d'orpaillage ancrée dans les habitudes des populations, bien que génératrice de revenus et donc de développement rural, est source de nombreux impacts sur l'environnement et sur la santé des populations. L'infirmier du centre de santé privé installé sur le site de Lomidouo a relevé notamment le paludisme, les maladies diarrhéiques, les maladies respiratoires occasionnées par l'exposition aux poussières et l'intoxication aux vapeurs de mercure. Elenge *et ses collaborateurs.*, (2009) dans leur étude réalisée à la Ruashi en RDC a constaté qu'il y a des problèmes de santé spécifiques aux travailleurs de la mine, aggravés par le fait que ces travailleurs sont généralement en situation de précarité. Geen *et ses collaborateurs.*, (2021) à Kamitunga en RDC, leur étude a montré que la promiscuité sexuelle est très prévalente dans les sites miniers et ceci s'accompagne d'un taux élevé des VIH/SIDA et des autres maladies sexuellement transmissibles comme la blennorragie.

L'étude de Tape *et ses collaborateurs.*, (2019) réalisée à la mine d'or de Tongon en Côte d'Ivoire a mis en évidence que la présence chez les orpailleurs des pathologies et des signes cliniques tels que les irritations oculaires (8%), digestives (14%), respiratoires (11%) et auditives (4%), les céphalées fréquentes (24%) et les lésions caustiques (17%) observées chez les travailleurs de cette zone d'étude pourraient être liées à l'exposition et à la manipulation des intrants chimiques et à l'exposition des déchets miniers tels que les terres contaminées (1%) et le boues (17%) renfermant du cyanure, de l'acide chlorhydrique, de l'arsenic, du plomb, du fer, du nitrate, du peroxyde d'hydrogène qui sont très néfastes pour la santé.

Dans notre étude, l'évaluation des impacts de l'EAO sur la santé humaine a révélé que plus de la moitié des impacts négatifs sont d'importance majeure (65%) et qu'ils retrouvent dans toutes phases d'exploitation. Les résultats d'enquête ont montré que l'équipe des creuseurs est confronté à différents types d'impact majeur du fait qu'ils peuvent se retrouver dans les différentes phases de l'orpaillage. En effet, deux études réalisées au Niger et à Madagascar respectivement par Abdou (2019) et Ranaiva (2021) ont révélé des résultats comparables avec ceux trouvés dans notre étude car ils ont montré que les orpailleurs courent plus d'impacts majeurs et irréversibles tels que la silicose, le VIH/SIDA, les troubles neurologiques, le paludisme, les maladies hydriques, décès, etc. Ainsi, des mesures d'atténuation et de compensation des impacts négatifs peuvent être envisagées.

IV.3 Situation de l'hygiène-Assainissement-Eau dans les sites d'orpaillage

Les résultats de notre étude ont montré une insuffisance d'équipements de sécurité de base pour les orpailleurs. Cela aggraverait le risque de contracter les maladies pulmonaires telles que la silicose, tuberculose, l'intoxication au mercure, les affections cutanées, etc. Au moment de l'enquête, seulement 18.60 % des enquêtés portaient au moins un seul type d'EPI et c'était des bottes à la grande majorité des cas, pas de masque, de casques, de gilet.

Dans l'étude réalisée au Ghana, les résultats d'Aram *et ses collaborateurs.*, ont révélé que la grande proportion des travailleurs n'utilise pas des EPI. Il a précisé que les orpailleurs artisanaux du Ghana, qui travaillent dans de mauvaises conditions de santé et de sécurité, étant exposés à plusieurs reprises aux dangers de leur métier, la plupart d'entre eux ne perçoivent plus ces risques comme étant élevés. D'une façon générale, on s'attend à ce que les personnes qui travaillent dans de mauvaises conditions se protègent instinctivement, mais ce n'était pas le cas dans cette étude (Aram et al., 2021).

Notre étude a révélé également que les orpailleurs affirment qu'ils ont manipulé sans EPI au moins une fois dans leur vie professionnelle des produits chimiques utilisables dans l'orpaillage. Les résultats de l'enquête ont montré que 33.72% des enquêtés pourraient être exposés au mercure, 18.22 % au cyanure, 17.83 % à l'acide nitrique, 14.73% aux explosifs, et 12.40 % aux fumées des machines et presque 100% des répondants pourraient être exposés à la poussière car personne ne portait du masque bucconasal au moment de l'étude.

L'exposition chronique au mercure élémentaire est très fréquente dans l'exploitation minière de l'or (Richard *et al.*, 2015). Dans l'étude réalisée au Burkina Faso, Tomicic *et ses collaborateurs.*, (2011) ont confirmé que les travailleurs qui brûlent le mercure ont en moyenne une concentration de mercure dans l'urine de 170 µg/g-créatinine, ce qui est considérablement supérieur à la limite de l'OMS qui considère l'apparition de troubles neurologiques et rénales fortement probable.

Le manque d'infrastructure d'hygiène et d'assainissement (1 à 2 latrines par site visité) ainsi que l'accès difficile à l'eau potable sur les sites d'orpaillage sont susceptibles d'augmenter le risque de contamination microbiologique.

Selon une étude réalisée en RDC, il a été constaté que les conditions sanitaires comme celle d'hygiène sont assez précaires dans les sites miniers artisanaux. Le manque d'eau potable est à la base des maladies comme la diarrhée (dysenteries bacillaire et amibienne, épidémie de choléra) et autres pathologies d'origine hydrique (comme la fièvre typhoïde, la schistosomiase et la malaria qui sont endémiques en région tropicale). La promiscuité sexuelle est très

prévalente dans les sites miniers. Ceci s'accompagne d'un taux élevé des VIH/SIDA et des autres maladies sexuellement transmissibles comme la blennorragie (Geenen *et al.*, 2021).

IV.4 Informations des orpailleurs sur les problèmes de la santé et sécurité

L'accessibilité aux soins de santé dépend de plusieurs facteurs tels que la distance à parcourir pour arriver aux structures de soins, la géographie, l'assurance santé, la disponibilité des services et des médicaments, etc. Dans le cadre de notre étude, nous avons analysé l'accès aux soins de santé par la couverture en carte d'assurance santé (CAM). Les résultats de notre étude ont montré que les taux de couverture en assurance santé (37.98%) et sécurité sociale (18.60%) des orpailleurs sont trop bas.

L'affiliation dans une société d'assurance de santé serait très bénéfique aux travailleurs des coopératives du fait que ça réduirait le risque de dépenser beaucoup d'argent en cas d'un accident ou maladie survenue sur le site car les dépenses pèsent sur les fonds des coopératives-dit le responsable du site interviewé. Nos résultats sont comparables avec ceux trouvés par Geenen *et ses collaborateurs* dans leur étude réalisée à Kamitunga où ils ont montré que la plupart des orpailleurs n'avaient pas des cartes de santé et même il y a des interlocuteurs qui ont dit qu'ils ne savent pas même ce qu'une mutuelle de santé. Les représentants des coopératives ont dit qu'ils n'ont pas des moyens pour faire affilier tous leurs travailleurs (Geenen *et al.*, 2021). Par ailleurs, une fois sensibilisé, chaque orpailleur devrait se procurer d'une carte CAM pour alléger les dépenses des coopératives.

IV.5 Situation des accidents et/ou pathologies chez les orpailleurs

a) Déclaration des pathologies et accidents survenus sur le lieu de travail

Dans notre travail, quelques orpailleurs nous ont révélé certaines pathologies qu'ils souffraient ou dont ils ont développé au cours de 12 derniers mois précédant l'enquête. Les résultats de l'enquête ont montré que 30,62% de tous les orpailleurs enquêtés ont développé une pathologie ou un signe clinique. Il s'agit notamment des troubles susceptibles d'être la toux, les douleurs thoraciques, la dyspnée, la tuberculose, le paludisme, les troubles nerveux. Quant aux accidents mortels, quelques orpailleurs enquêtés ont révélé qu'ils ont observé des cas d'accidents mortels ayant emporté des vies humaines. Ce qui est alarmant, est que les coopératives ne disposent pas un système de surveillance des maladies et accidents survenus sur leurs sites. Les prestataires de soins interviewés nous ont également informés qu'ils ne

s'intéressent pas à la documentation des informations relatives aux antécédents professionnels pour établir la relation de cause-à-effet.

Si les entreprises communiquent généralement des données de base sur tous les décès survenus dans leurs exploitations minières, nombre d'entre elles ne fournissent que peu ou pas de détails sur les accidents mortels, tels que le nom des sites miniers où ces incidents se sont produits, les causes des accidents, les leçons tirées ou les mesures prises pour éviter qu'ils ne se reproduisent. Bien qu'il n'existe pas d'estimation précise du nombre de travailleurs tués chaque année dans des incidents de sécurité, il est probable qu'il se chiffre en milliers, si l'on inclut les décès accidentels dans les mines artisanales (RMF, 2021).

b) Exposition aux poussières produites lors des activités l'orpaillage

Dans les sites d'orpaillage visité où la roche dure est exploitée et extraite pour capturer l'or, plusieurs types de poussière pourraient être fréquemment présents notamment la poussière de silice, de plomb, etc.

La présence d'autres minéraux associés aux gisements d'or, comme l'arsénio-sulfure de fer (FeAsS) ou le sulfure de plomb (PbS) peut également être dangereuse. La génération de poussière au cours du processus d'exploitation minière peut rendre ces minéraux biodisponibles pour les mineurs et les personnes à proximité.

Tous les orpailleurs trouvés sur site ne portaient pas de cache-nez. Cela aggraverait le risque de contracter des affections respiratoires. Cette poussière pourrait être aussi entraînée par le vent et atteindre la communauté environnante.

Les personnes exposées aux poussières de silice développent une maladie appelée la silicose suite à l'inhalation de silice cristalline, connue comme maladie professionnelle la plus mortelle de l'histoire (Rosental, 2007).

Dooyema *et ses collaborateurs* ; dans leur étude au Nigeria, ont rapporté une épidémie d'empoisonnement au plomb liée à la poussière créée par l'orpaillage en 2010. On croit que cela a causé la mort de 118 enfants et des troubles neurologiques extrêmes chez les survivants. Dans ce cas, les enfants ont été principalement contaminés en inhalant et en ingérant les particules de poussières de plomb qui étaient déposées en grandes quantités sur le sol de leurs villages (Dooyema *et.*, 2007).

Dans notre étude, les résultats de la revue des dossiers médicaux des malades traités dans le service de réanimation de l'hôpital de Muyinga ont révélé que 35.15% des cas d'infections respiratoires traités souffraient de la pneumoconiose, 100% étaient de sexe masculin et presque la majorité était originaire de la commune Butihinda.

Nos résultats sont comparables avec d'autres recherches comme celle réalisée à Thamaga au Botswana, sur un échantillon de 234 mineurs, il a été constaté que 31% d'entre eux souffraient de pneumoconiose. Le moteur d'aération de contrôle de l'air dans la mine, l'utilisation à grande échelle de dynamite bon marché et l'application généralisée du forage mécanique sont des technologies redoutables aux risques de santé des orpailleurs. La combinaison de ces nouvelles technologies a rendu possible l'exploitation de niveaux de minerai jusqu'alors inaccessibles et a augmenté de façon spectaculaire la quantité de poussière dans les mines, créant ainsi les concentrations denses de fines particules de silice dans les espaces confinés qui ont eu un effet si néfaste sur les poumons des travailleurs (Shula Marks, 2006).

c) Tuberculose pulmonaire associée à la silice

Dans le contexte des individus exposés à la silice, il est important de toujours considérer la possibilité de la Tuberculose, de la tester régulièrement et de la traiter en conséquence.

Plusieurs études ont démontré que les taux de tuberculose pulmonaire (TB) sont élevés chez les populations exposées à la poussière de silice-même en l'absence de silicose- (Richard *et al.*, (2015).

Les résultats de notre étude ont révélé que 76.14% des enquêtés ayant développé la tuberculose et traités à l'hôpital de Butihinda étaient des orpailleurs et étaient tous des hommes. Nos résultats sont comparables à d'autres chercheurs, à titre d'exemple Te-waternaude *et ses Collaborateurs.*, (2006) dans leur étude ont démontré que le taux d'incidence de tuberculose pulmonaire (TBP) peut atteindre jusqu'à 3000 cas pour 100 000, une augmentation d'environ 100 fois par rapport à la population sud-africaine générale. De plus, un taux de prévalence de tuberculose pulmonaire dans cette même population a été rapporté à 35 %, un taux extrêmement élevé.

Ces taux peuvent être 3 fois supérieurs aux taux observés dans la population générale (Te-waternaude *et al.*, 2006 ; Rees & Murray, 2007).

La tuberculose (TB) est plus courante si les infections de VIH sont aussi endémiques dans cette même population. Certains auteurs ont qualifié de « tempête parfaite » la combinaison de la présence endémique de la tuberculose et du VIH dans une population exposée à la poussière de silice. En effet, ces conditions ont donné lieu aux taux les plus élevés de TB au monde (Murray *et al.*, 2011).

En Tanzanie, dans une étude réalisée par Clift *et ses collaborateurs* ; il a été trouvé qu'environ 15% des hommes et 23% des femmes étaient infectées par le virus. Dans deux communautés minières industrielles, 42% des femmes travaillant dans les restaurants et des

bistrots étaient infectées par le virus. Les mineurs masculins affichaient, quant à eux, un taux de 6 %, alors que les membres masculins et féminins des communautés avoisinantes présentaient respectivement des taux de 16 % et 18 % (Clift *et al.*, 2003).

d) Exposition au cyanure

Dans notre étude, nous avons constaté que le cyanure est utilisé dans le site de traitement des boues collectées dans les sites d'orpaillage et malheureusement nous avons observé des travailleurs qui manipulaient sans EPI ce produit chimique.

Lorsque le cyanure est utilisé correctement dans un milieu industriel rigoureusement contrôlé par des ingénieurs chimistes, le risque pour la santé des humains et des écosystèmes est considéré comme faible. Le cyanure est rapidement décomposé par le soleil et l'air en un produit chimique moins toxique. Il n'est donc pas persistant dans l'environnement contrairement au mercure (Richard *et al.*, 2015).

Cependant, lorsque les concentrations sont élevées, le cyanure est très toxique pour les écosystèmes aquatiques, les poissons, les oiseaux, les mammifères et il est un danger grave pour l'humain s'il atteint les sources d'eau potable (Veiga *et al.*, 2006).

e) Malaria

Les résultats de notre étude ont montré que la prévalence du paludisme dans la communauté des orpailleurs n'est pas moindre (10.8%). Les produits de traitement de l'or notamment le mercure sont suspectés d'avoir le potentiel d'affecter le système immunitaire humain, ce qui peut réduire la défense immunitaire de la personne face au paludisme (Richard *et al.*, 2015).

Plusieurs auteurs ont démontré qu'il y a un lien cohérent entre l'augmentation des taux de prévalence du paludisme et les activités d'exploitation de l'or. De plus une multitude de facteurs n'impliquant pas l'exposition au mercure explique ce phénomène c'est notamment l'absence d'habitations convenablement construites ; l'absence de mesures préventives, la perturbation de l'environnement naturel, a faible portée des actions de santé publique dans ces zones souvent éloignées et inaccessibles. Ces facteurs soulignent la nécessité, pour les acteurs de santé, d'être conscients des risques du paludisme et de prévoir des services en conséquence dans les communautés d'EMA (Crompton, 2002 ; Silva *et al.*, 2004 ; Silbergeld *et al.*, 2005 Berger *et al.*, 2012).

IV.6 Forces et limites de notre étude

Notre étude a le mérite d'avoir utilisé une méthode d'évaluation de l'impact sanitaire de l'orpaillage en combinant trois méthodes, une transversale par enquête, une autre rétrospective par la collecte des données cliniques et aussi une autre par l'utilisation de la matrice de Fecteau. Ces méthodes nous ont permis de garantir la fiabilité des résultats de notre travail de recherche, les déclarations des participants ont été complétées par les données tirées dans les dossiers médicaux.

Toutefois, notre étude a certaines limites. La liste des problèmes de santé liés à l'orpaillage établie dans le cadre de notre travail n'est pas exhaustive. La méthodologie utilisée ne nous a pas permis de bien montrer des pathologies nécessitant des techniques sophistiquées de diagnostic. De plus, nous avons voulu étendre notre étude rétrospective pendant au moins 10 ans pour bien comprendre la situation sanitaire des orpailleurs, mais on s'est heurté à l'inaccessibilité des données car les dossiers médicaux n'étaient pas bien archivés. Nous avons trouvé uniquement ceux de 3 années (2020-2022). Nous n'avons pas également fait des tests de laboratoire pour mesurer le degré de contamination de l'eau et du sol par les polluants chimiques faute de temps et de moyens.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à comprendre l'existence des pratiques minières nuisibles sur la santé des orpailleurs et les autres facteurs de risque d'accidents et de maladies dans les sites miniers de la commune Butihinda en province de Muyinga. Pour ce faire, nous avons mis en place une recherche participative fondée sur la déclaration des participants, l'enquête épidémiologique et la matrice de Fecteau.

258 orpailleurs ont été incluses dans l'étude menée du 14 février au 14 mars 2023 dans les sites miniers de la commune Butihinda. 154 personnes environnantes non orpailleurs nous ont servis de témoins. Pour compléter les données d'enquête, 202 cas d'affections pulmonaires traitées à l'hôpital de Muyinga pour la période de 3 ans (janvier 2020 à décembre 2022) et celles collectées auprès de 109 personnes ayant été traitées pour la tuberculose pulmonaire à l'hôpital de Butihinda ont été incluses dans notre travail.

Les résultats ressortis de notre travail montrent que plus de la moitié des orpailleurs avaient un niveau de connaissance suffisant sur les impacts liés à l'orpaillage. Des impacts recensés se sont révélés d'importance majeure (64%). Les conditions d'hygiène et d'assainissement sont précaires et la majorité des travailleurs n'ont pas accès aux soins de santé et à la sécurité sociale. Les pratiques dangereuses (Gucororonga, manipulation des produits chimiques et explosifs) sont encore observables dans les sites. Ce qui est alarmant est que les mesures d'atténuation de ces risques sont peu ou pas applicables dans tous les sites faisant objet de notre étude.

Des stratégies visant la réduction des risques sanitaires liés à l'orpaillage doivent être élaborés et mise en œuvre par les programmes impliqués dans la promotion de la santé et sécurité au travail. Une implication de toutes les parties prenantes est urgente.

Ainsi, sans prétendre avoir été exhaustif dans notre analyse, les résultats obtenus nous permettent d'atteindre les objectifs visés. Cela nous amène à formuler les suggestions suivantes à l'endroit de différents acteurs de l'exploitation artisanale de l'or au Burundi :

Au gouvernement :

- ✓ Elaborer et mettre en œuvre les stratégies visant à l'amélioration de la santé publique telles que les campagnes de sensibilisation sur la prévention des effets nuisibles liés à l'orpaillage, les campagnes de décontamination des sites pollués par le mercure, les

campagnes de détection des traces de mercure dans le sang et de dépistage systématique de la tuberculose ;

- ✓ Décentraliser les systèmes de surveillance et d'inspection des sites miniers ;
- ✓ Elaborer des stratégies d'information et de communication pour le changement positif de comportement afin d'améliorer les connaissances et les pratiques qui exposent les mineurs orpailleurs et leurs familles ;
- ✓ Instaurer et faire obliger les coopératives les mécanismes de sécurité sociale et de couverture en assurance santé de leurs employés ;
- ✓ Faire la reconnaissance et la réparation des maladies professionnelles ;
- ✓ Mettre en place un mécanisme de concertation centré sur la santé et la sécurité au travail d'orpaillage afin que tous les acteurs clés de ce secteur puissent y contribuer.

Aux coopératives :

- ✓ Elaborer et mettre en œuvre les plans de gestion des risques sanitaires incluant l'affiliation des orpailleurs dans les sociétés d'assurance santé et de sécurité sociale ;
- ✓ Adopter les bonnes pratiques en matière d'exploitation de l'or ;
- ✓ Créer des caisses de solidarité en vue de subvenir aux victimes de l'activité minière ;
- ✓ Renforcer les mesures de prévention en rendant disponible les équipements de protection individuelles dans les sites miniers et le port obligatoire de ceux-ci doit être respecté ;
- ✓ Rendre disponible les infrastructures d'assainissement adéquats dans les sites miniers ;
- ✓ Implanter les postes de soins dans les sites miniers pour un bon système de prévention et de suivi des accidents de travail et autres problèmes de santé.

Aux chercheurs :

- ✓ Etendre cette étude pour évaluer les facteurs favorisant la persistance des problèmes de santé dans les sites miniers aurifères ;
- ✓ Initier des recherches de biosurveillance humaine dans le cadre de l'EAO visant à évaluer les biomarqueurs des traces métalliques dans le sang, les urines et les cheveux humains ;
- ✓ Faire des analyses de rejet des eaux issues de traitement de l'or et des eaux souterraines pour évaluer une éventuelle pollution de l'eau par les éléments traces métalliques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdou Amadou, S (2020). Evaluation des impacts de l'exploitation artisanale de l'or sur le site d'orpaillage de Komabangou (Liptako, Niger). 68p
- Aram., S. A., Saalidong, B. M., Appiah, A, & Utip, I. B (2021). Occupational health and safety in mining: Predictive probabilities of Personal Protective Equipment (PPE) use among artisanal goldminers in Ghana. *Plos one*, 16(9), e0257772.
- Assemblée Mondiale de la Santé 67 (2014). Conséquences pour la santé publique de l'exposition au mercure et aux composés du mercure : le rôle de l'OMS et des ministères de la santé publique dans la mise en œuvre de la Convention de Minamata. WHA67. 2014; 11.
- Basu. N., Clarke. E., Green. A., Calys-Tagoe. B., Chan. L., Dzodzomenyo. M & Wilson, ML (2015). Évaluation intégrée de l'exploitation minière artisanale et à petite échelle de l'or au Ghana—Partie 1 : Examen de la santé humaine. *Revue internationale de recherche environnementale et de santé publique*, 12 (5), 5143-5176.
- Bose-O'Reilly, S, Lettmeier, B., Gothe, R. M, Beinhoff, C, Siebert, U., & Drasch, G (2008). Mercury as a serious health hazard for children in gold mining areas. *Environmental research*, 107(1), 89-97.
- Broussard, L. A., Hammett-Stabler, C. A., Winecker, R. E., & Roper-Miller, J. D. (2002). The toxicology of mercury. *Laboratory medicine*, 33(8), 614-625.
- Burundi Mining Company (2000). Etude de faisabilité des gisements aurifères de Butihinda. Rapport définitif-d'avant-projet. République du Burundi. p230
- Charles, E., Thomas, D. S. K., Dewey, D., Davey, M., Ngallaba, S. E., & Konje, E (2013). A cross-sectional survey on knowledge and perceptions of health risks

- associated with arsenic and mercury contamination from artisanal gold mining in Tanzania. *BMC Public Health* 2013 13 :74. Doi :10.1186/1471-2458-13-74
- Clarkson, T. W (1997). The toxicology of mercury. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 34(4), 369–403.
- Clift, S; Anemona, A.; Watson-Jones, D.; Zanga, Z.; Ndeki, L.; Changalucha, J.; Gavyole, A.; Ross, D.A. (2003). Variations of HIV and STI prevalences within communities neighbouring new goldmines in Tanzania : importance for intervention design. *Sexually Transmitted Infections*, 79, 307-313.
- Conseil National de Lutte contre le Sida et les IST (2010). Cadre stratégique de lutte contre le VIH, le Sida et les infections Sexuellement transmissibles (CSLS).
- Dakkak, B., Chater, Y., & Talbi, A (2012). Proposition d'une matrice de criticité intégrant les systèmes Qualité, Sécurité et Environnement pour la fonction maintenance. *Journal of Decision Systems*, 21(4), 291-305.
- Dooyema, C. A., Neri, A., Lo, Y. C., Durant, J., Dargan, P. I., Swarthout, T., ... & Brown, M. J (2012). Outbreak of fatal childhood lead poisoning related to artisanal gold mining in northwestern Nigeria, 2010. *Environmental health perspectives*, 120(4), 601-607.
- Eisler., R (2003). Health Risks of Gold Miners. A Synoptic Review. *Environmental Geochemistry and Health* 25, 325–345.
- Elenge Molayi, M., Aubry, J. C., & De Brouwer, C. (2009). Impact des conditions de travail sur la santé des artisans miniers de la Ruashi (République démocratique du Congo). *Médecine tropicale*, 35(5), 488.

Gan, W. Q., Sanderson, W. T., Browning, S. R., & Mannino, D. M (2017). Different types of housing and respiratory health outcomes. *Preventive medicine reports*, 7, 124-129.

Geenen, S., Bikubanya, D. L., Dunia Kabunga, P., Igugu, O., Kabilambali, G., Katoto, P., ... & Zahinda Mugisho, F. (2021). La fièvre de l'or : santé et environnement dans les mines d'or de Kamituga, RDC. *Working papers/University of Antwerp. Institute of Development Policy and Management* ; Université d'Anvers. Institut de politique et de gestion du développement. -Antwerp.

Gibb, H., & O'Leary, K. G. (2014). Mercury exposure and health impacts among individuals in the artisanal and small-scale gold mining community : a comprehensive review. *Environmental health perspectives*, 122(7), 667-672.
<http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1307864>

ICMM (2014). Health and safety performance indicators. International Council on Mining and Metals. https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/health-and-safety/2014/guidance_performance-indicators.pdf

International Organization for Standardization (2017). ISO 19434 :2017(en) Mining — Classification of mine accidents.
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19434:ed-1:v1:en>

Josimović, B., Petrić, J., & Milijić, S (2014). The use of the Leopold matrix in carrying out the EIA for wind farms in Serbia. *Energy and Environment Research*, 4(1), 43-54.

- Marks, S (2006). The silent scourge ? Silicosis, respiratory disease and gold-mining in South Africa. *Journal of Ethnic and Migration Studies*, 32(04), 569-589.
DOI : 10.1080/13691830600609975
- Midende, G (2009). Les exploitations minières artisanales du Burundi. *L'Afrique des grands lacs-Annuaire*, 45-66.
- Ministère de l'environnement, de l'agriculture et de l'élevage (2019). Plan d'Action National pour réduire et/ou éliminer l'utilisation du mercure dans l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or au Burundi, 111p.
- Ministère de l'Hydraulique, de l'Energie et des Mines (2020). Annuaire statistique des secteurs « énergie, eau potable, assainissement de base et mine » édition 2020. République du Burundi. p111
- Ministère de l'intérieur, du développement communal et de la sécurité publique (2020). Plan communal de développement communautaire 2020-2025. IIIème génération. Butihinda. 162p
- Murray, J., Davies, T., & Rees, D. (2011). Occupational lung disease in the South African mining industry: research and policy implementation. *Journal of Public Health Policy*, 32 Suppl 1(S1), S65–79. doi :10.1057/jphp.2011.25
- Mutemeri, N., Walker, J. Z., Coulson, N., & Watson, I (2016). Capacity building for self-regulation of the Artisanal and Small-Scale Mining (ASM) sector : A policy paradigm shift aligned with development outcomes and a pro-poor approach. *The Extractive Industries and Society*, 3(3), 653-658.
- Nkouathio, D. G., Djeunou, É. D. N., Mohamed, R., Nguimatsia, S. T., & Vohnyui, M. L. C (2021). Characteristics and Environmental Impact of Pozzolan in the

- Tombel Graben Quarry. *European Journal of Environment and Earth Sciences*, 2(4), 44-53.
- Nkuba, B., Bervoets, L., & Geenen, S (2019). Invisible and ignored ? Local perspectives on mercury in Congolese gold mining. *Journal of Cleaner Production*, 221, 795-804. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.174>.
- Nkuba, B., Zahinda Mugisho, F., & Muhanzi Aganze, G (2021). Technologies (ir) responsables dans l'orpaillage : quels risques pour l'environnement et la santé ? Cas de Kamituga et Misisi, RDC. *Working papers/University of Antwerp. Institute of Development Policy and Management ; Université d'Anvers. Institut de politique et de gestion du développement. -Antwerp.*
- Ntiharirizwa, S (2013). Le potentiel en ressources minérales du Burundi, nord-est de la ceinture orogénique Kibarienne, Afrique centre-orientale (Doctoral dissertation, Université Laval).
- O'Neill, J. D. et 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.
- Organisation International du Travail (2009) : Sécurité et optimisation des techniques d'exploitation et de traitement sur les sites d'orpaillage de Komabangou et M'Banga, BIT/IPEC Mines (Afrique de l'Ouest) RAF/05/54/USA.
- Organisation Mondiale de la Santé (2009). Prise en compte de la santé dans l'élaboration de plans d'action nationaux concernant l'extraction minière et à petite échelle d'or en vertu de la Convention de Minamata sur le mercure. Genève. (WHO/CED/PHE/EPE/19.9). Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Organisation Mondiale de la Santé (2017). Risques pour la santé au travail et l'environnement associés à l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or [Environmental and occupational health hazards associated with artisanal and small-scale gold mining]. Genève : Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Organisation Mondiale de la Santé (2003). Méthodologie de la recherche dans le domaine de la Santé, Guide de formation aux méthodes de la recherche scientifique.

http://www.wpro.who.int/health_research/documents/dhs_hr_health_research_methodology_a_guide_for_training_in_research_methods_second_edition_fr

Perks, R., et Karen., H (2016). Transparence des revenus de l'exploitation minière artisanale et à petite échelle liée à la production d'étain, de tantale, de tungstène et d'or au Burundi. Washington, DC : Banque mondiale. Review. *Environmental Health Perspectives*.

PNUE et ONUDI (2012). Guide pratique : réduire l'utilisation du mercure dans l'orpaillage. www.artisanalgoldcouncil.org

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2014). Convention de Minamata sur le mercure (<http://www.mercuryconvention.org/Convention/tabid/3426/Default.aspx>)

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2015), Developing a National Action Plan to reduce, and where feasible, eliminate mercury use in artisanal and small-scale gold mining: working draft. Genève : Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Ramazzini, B (2001). De morbis artificum diatriba [diseases of workers]. 1713. Am. J. Public Health, 91, 1380–1382.

Ranaivo, M (2021). Travail de fin d'études : Analyse et étude des impacts environnementaux de l'orpaillage et de leur évolution dans la commune rurale de Betsiaka, région Diana, Madagascar.

Rees, D., & Murray, J (2007). Silica, silicosis and tuberculosis. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 11(5), 474–484.

Responsible Mining Foundation (RMF), (2021). Impacts nocifs de l'exploitation minière : quand l'extraction nuit aux personnes, aux environnements et aux économies. 53p : www.responsibleminingfoundation.or

Richard M., Moher P., et Hamza, D (2015). La santé dans l'orpaillage et l'exploitation minière artisanale : Un manuel pour instructeurs, Artisanal Gold Council, Victoria, BC. ISBN : 978-0-9939459-3-9.

Rosental P.-A., Devinck J.-C. (2007). Statistique et mort industrielle : la fabrication du nombre de victimes de la silicose dans les houillères en France de 1946 à nos jours, *Vingtième siècle*, 95, 3, 75-91.

Sana, A., De Brouwer, C, & Hien, H (2017). Knowledge and perceptions of health and environmental risks related to artisanal gold mining by the artisanal miners in Burkina Faso: a cross-sectional survey. *The Pan African Medical Journal*, 27.

Simon, A.A., Jean-Claude, K.K.G. and Moussa, S.A.N.G.A.R.E (2016). Impacts Sociaux Et Environnementaux De L'orpaillage Sur Les Populations De La Region Du Bounkani (Cote D'ivoire). *European Scientific Journal*, 12(26).

Singh, A. S., & Masuku, M. B. (2014). Sampling techniques & determination of sample size in applied statistics research: An overview. *International Journal of economics, commerce and management*, 2(11), 1-22

Tape., A. S. B., Coulibaly., A, Anoh, P. K., & Aloko., J. N. G (2019). Production des déchets et santé des travailleurs : Cas de la Mine d'or de Tongon (Côte d'Ivoire). *Eur Sci J*, 15, 104-18.

Telmer, K. H., & Veiga, M. M. (2009). World emissions of mercury from artisanal and small-scale gold mining. In *Mercury fate and transport in the global atmosphere: emissions, measurements and models* (pp. 131-172). Boston, MA: Springer US.

TeWaterNaude, JM., Ehrlich, R. I., Churchyard, G. J., Pemba, L., Dekker, K., Vermeis, M., White, N. W., & Myers, J. E (2006). Tuberculosis and silica exposure in South African gold miners. *Occupational and environmental medicine*, 63(3), 187-192. doi :10.1136/oem.2004.018614

The Wall Street Journal, 2020. Many Miners Die, and It Never Shows Up in Safety Data. <https://www.wsj.com/articles/many-miners-die-and-it-never-shows-up-in-safety-data-11582815186>

Tomicic, C., Vernez, D., Belem, T., & Berode, M (2011). Human mercury exposure associated with small-scale gold mining in Burkina Faso. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 84(5), 539–46. doi :10.1007/ s00420-011-0615-x

Veiga, M., Mercalf. S.M., Baker, R.F., Klein, B., Davis, G., Bamber, A., Siegel, S., Singo, P (2006). *Manual for Training Artisanal and Small-Scale Gold Miners*. Manual for Training Artisanal and SmallScale Gold Miners. p146

Wandan, E., Koffi, G., Kouadio, K., & Gomba, D. (2015). Environmental evaluation of small-scale gold mining in the Bounkani region in the upper east area of

- Côte d'Ivoire. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 3(5), 265-274.
- WHO (2016). Environmental and Occupational Health Hazards Associated with Artisanal and Small-Scale Gold Mining; World Health Organization: Geneva, Switzerland, Volume 1, p. 26, ISBN 9789241510271.
- Wireko-Gyebi, R. S., King, R. S., Braimah, I., & Lykke, A. M. (2022). Local knowledge of risks associated with artisanal small-scale mining in Ghana. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(1), 528-535. DOI : 10.1080/10803548.2020.1795374
- World Gold Council (2019) : principes permettant une exploitation minière aurifère responsable ; Royaume-Uni, 16p.
- Yentchare, M. P. Y (2015). Regard éthique sur des outils d'analyse des impacts environnementaux : Contribution à des nouvelles méthodes pour Jat Consulting. Sciences de l'Homme et société. (Doctoral dissertation, École des Sciences Morales et Politiques d'Afrique de l'Ouest/Centre de Recherche et d'Action pour la Paix). (hal-01212032)
- Zvarivadza, T (2018). Artisanal and Small-Scale Mining as a challenge and possible contributor to Sustainable Development. *Resources Policy*, 56, 49-58.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Fiche d'enquete destinée aux orpailleurs

ENQUETE SUR LE SITE D'ORPAILLAGE		
Questionnaire destiné aux orpailleurs		
N° fiche : _____ Date : ___/___/___	Nom du site : _____ Type d'or exploité : _____ i) Filonien ii) Alluvionnaire	Coordonnées géographiques Altitude : __ Latitude : __ Longitude : __
1. IDENTIFICATION DE LA PERSONNE ENQUETEE		
1.1 N° Code car anonyme :	1.2 Sexe : F M	1.3 Age :
1.4 Niveau d'instruction : a) Ecole fondamentale (cycle ,1,2,3) b) Ecole fondamentale (cycle 4) c) Ecole post fondamentale d) Université e) Aucun		
1.5 Statut matrimonial : a) marié b) célibataire c) divorcé d) veuve/veuf d) union libre		
2. ACTIVITE D'ORPAILLAGE		
2.1 Depuis combien de temps pratiquez-vous l'orpaillage ?.....		
2.2 Quel est le principal poste occupez-vous ?.....		
2.3 Utilisez-vous une machine ou un engin dans l'exploitation ou le traitement ?		
-Si Oui, pendant combien de temps ?		
2.4 Utilisez-vous des produits chimiques dans le traitement de l'or ici sur votre site ?		
Si oui quel type de produit ?.....		
2.5 Sur votre site ou ancien site, avez-vous au moins manipulé sans EPI le mercure lors du traitement de l'or ?		
2.6 Utilisez-vous des explosifs sur votre site ?		
3. SANTE		
3.1 Dans votre communauté, quels sont les principaux problèmes de santé fréquemment observés ?.....		
3.2 Connaissez-vous les problèmes de santé liés à l'extraction aurifère ? Citez-les.....		
3.3 Pourriez-vous énumérez les dangers et/ou menaces que l'orpaillage peut occasionner ?.....		
3.4 Selon vous, quel est le plus grand risque auquel le travailleur de ce site est confronté ?.....		
3.5 Savez-vous que les produits de traitement de l'or comme le mercure sont dangereux pour la santé ?.....		
3.6 Avez-vous observé des cas d'éboulement et/ou glissement de terrain sur votre site ou votre ancien site ?		
3.7 Avez-vous connaissance des personnes qui sont tombées malades à force d'utiliser des produits chimiques ?.....		
3.8 Au cours de ces 12 derniers mois, êtes-vous tombé malade ? Si Oui, Quel est la maladie ou symptôme aviez-vous ?		
3.9 Pourriez-vous énumérez les autres impacts liés à l'orpaillage ?.....		
3.10 Lorsque vous sentez-vous malades, aimeriez-vous vous faire soigner à la structure de santé ?.....		

3.10 Etes-vous affilié à une assurance santé (a) et à une maison de sécurité sociale (b) ?.....

3.11 Sur site, avez-vous un prestataire de soins (a) et une pharmacie mobile (b)?.....

3.12 Si l'accident est survenu sur le lieu de travail, faites-vous une déclaration de cet accident et/ou maladie ?.....

4. HYGIENE, EAU, ET ASSAINISSEMENT

4.1 Où vous restaurez-vous lorsque vous êtes au travail ? Que pensez-vous de l'hygiène de vos restaurants ?.....

4.2 Vous lavez-vous les mains avant de manger ?.....

4.3 Après le travail, rentrez-vous à la maison après vous avoir lavé ?.....

4.4 Après le travail, rentrez-vous à la maison avec vos vêtements de travail ?

4.5 Que pensez-vous de l'hygiène de vos restaurants ?.....

4.6 D'où provient l'eau utilisé lors du traitement de l'or ? et de boisson ?.....

4.7 Vous arrive-t-il de verser les eaux de lavage de l'or ou les produits utilisés au sol ou dans un cours d'eau ?.....

4.8 Comment traitez-vous les eaux usées issues des activités de traitement de l'or ?

4.8 Avez des toilettes adéquates et urinoirs sur votre site ?.....

4.9 Comment appréciez-vous de l'hygiène de vos toilettes ?.....

5. INFORMATION, EDUCATION ET COMMUNICATION

5.1 Avez-vous déjà eu accès à une action de promotion de santé et de l'environnement dans cette communauté ?.....

5.2 Recevez-vous sur site des visites de promotion de santé et environnement ?.....

5.3 Avez-vous bénéficié des formations de la part du ministère chargé des mines, de la santé ou d'autres organismes ?.....

- Si oui, quels sont ces organismes qui donnent des formations ?.....

N'avez-vous pas une question, un ajout, une suggestion à nous faire ?.....

ANNEXE 2 : Fiche d'enquête destinée à la communauté non orpailleur

ENQUETE SUR LE SITE D'ORPAILLAGE		
Questionnaire destiné à la communauté non-orpailleur		
N° fiche : _____	Colline de résidence : _____	Date : ____/____/____
1. IDENTIFICATION DE LA PERSONNE ENQUETEE		
1.1 N° Code car anonyme :	1.2 Sexe : F M	1.3 Age :
1.4 Niveau d'instruction : a) Ecole fondamentale (cycle ,1,2,3) b) Ecole fondamentale (cycle 4) c) Ecole post fondamentale d) Université e) Aucun		
1.5 Statut matrimonial : a) marié b) célibataire c) divorcé d) veuve/veuf d) union libre		
1.6 Occupation :		
a. Cultivateur <input type="radio"/> b. Fonctionnaire <input checked="" type="radio"/> c. FDN <input type="radio"/> d. PNB <input type="radio"/> e. Agent de santé <input type="radio"/> f. Agent de santé communautaire <input type="radio"/> Autre		
2. SANTE		
2.1 Vous considérez-vous en bonne santé ?		
2.2 Dans votre communauté, quels sont les principaux problèmes de santé fréquemment observés ?		
2.3 Si vous avez des problèmes de santé, cherchez-vous à obtenir des soins médicaux ou un traitement médical ?.....		
2.4 Les mineurs font-ils un travail dangereux ?		
2.5 Les orpailleurs rentrent-ils à la maison après s'être lavés ?		
2.6 Pensez-vous que l'orpaillage peut être à l'origine de certaines maladies ?.....		
2.7 Dans votre communauté, des accidents et blessures sont fréquents ?		
3. QUALITE DES EAUX ET PROPRETE DES SITES		
3.1 Pensez-vous que l'activité d'orpaillage sur le site a eu un impact sur la qualité de l'eau que vous buvez ?		
3.2 Connaissez-vous les produits chimiques utilisés dans le traitement de l'or qui sont nocifs pour la santé ?		
3.3 Les orpailleurs des comportements inadéquats dans la communauté suite à l'activité de l'orpaillage ?		

ANNEXE 3 : Formulaire du consentement éclairé

Vous êtes invité à participer à une étude concernant l'étude relative à l'évaluation de l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or, un travail de recherche en cours de réalisation en commune Butihinda. Votre contribution dans la réalisation de cette étude est primordiale, vu qu'au terme de ladite étude, nous pourrions évaluer l'appréciation de différents types de facteurs de risques de maladies et autres accidents qui peuvent survenir lors du travail d'exploitation aurifère, pour en formuler des perspectives adéquates de remédiation.

Nous ferons tout pour respecter votre vie privée. Nous vous assurons que vos réponses resteront confidentielles de la collecte jusqu'à la publication, personne ne pourra relier les réponses aux répondants de façon individuelle. L'entretien devrait prendre environ 30 minutes. Vous avez le droit d'arrêter votre participation à chaque instant, même après avoir signé/et ou mis mon accord verbal sur cette fiche de consentement éclairé.

J'ai été informé de l'objectif de l'étude intitulée « l'évaluation de l'impact sanitaire de l'exploitation artisanale de l'or en commune Butihinda ». Je comprends les objectifs de l'étude. Je suis conscient que je suis libre d'accepter de participer à l'étude et que je peux arrêter l'entrevue à tout moment. Je suis d'accord pour participer volontairement à l'étude.

ANNEXE 4 : Coordonnées géographiques des zones visitées

Site	Latitude	Longitude	Altitude
Nyarubuye kw'Ishonga	-2.6978086	30.3109822	1772
Gahararo II	-2.7602102	30.2808149	1755
Gahararo III	-2.7613416	30.2806754	1751
Ndera I	-2.76112	30.279905	1765
Rurembo	-2,70489	30.32401	1759
Kukirandagozi	-2,71611	30.32343	1784
Bukurira I	-2,71405	30.31757	1841
Gahararo	-2,75281	30.28323	1752
Tangara	-2.6802945	30.3678433	1649
Centre de santé Gahararo	-2.7547249	30.2713026	1769
Hôpital de BUTIHINDA	-2.7101717	30.3244217	1812
Hopital de MUYINGA	-2.8424316	30.3442871	1758
Ruyora I	-2.7184986	30.3062997	1795
Ruyora I	-2.7193272	30.3054344	1795