

**Technologies (ir)responsables dans
l'orpaillage : quels risques pour
l'environnement et la santé ? Cas de
Kamituga et Misisi, RDC**

Bossissi Nkuba
Franck Zahinda Mugisho
Gabriel Muhanzi Aganze



The IOB Working Paper Series seeks to stimulate the timely exchange of ideas about development issues, by offering a forum to get findings out quickly, even in a less than fully polished form. The IOB Working Papers are vetted by the chair of the IOB Research Commission. The findings and views expressed in the IOB Working Papers are those of the authors. They do not necessarily represent the views of IOB.

Institute of Development Policy

Postal address:	Visiting address:
Prinsstraat 13	Lange Sint-Annastraat 7
B-2000 Antwerpen	B-2000 Antwerpen
Belgium	Belgium

Tel: +32 (0)3 265 57 70
Fax: +32 (0)3 265 57 71
e-mail: iob@uantwerp.be
<http://www.uantwerp.be/iob>

WORKING PAPER / 2021.06

ISSN 2294-8643

Technologies (ir)responsables dans l'orpillage : quels risques pour l'environnement et la santé ? Cas de Kamituga et Misisi, RDC

Décembre 2021

Bossissi Nkuba
Franck Zahinda Mugisho
Gabriel Muhanzi Aganze

PRÉFACE

Cette série de working papers est le produit de deux projets de recherche, et d'une équipe de chercheurs. Les recherches ont été conçues comme une recherche collaborative, avec une implication active des membres dans toutes les étapes de la recherche, de la conception jusqu'à l'écriture. Les personnes suivantes font partie de l'équipe: Divin-Luc Bikubanya, Philippe Dunia Kabunga, Sara Geenen, Olivier Igugu, Gracia Kabilambali, Patrick Katoto, Simon Marijsse, Daniel Mayeri, Gabriel Muhanzi Aganze, Serge Mukotanyi Mugisho, Ancert Mushagalusa Buhendwa, Thierry Munga Mwisha, Fiz Mussa Bashizi, Bossissi Nkuba, Ben Radley, Elisa Vanlerberghe, Franck Zahinda Mugisho. Nous remercions les bailleurs de fonds FWO et VLIR-UOS, le Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI) à l'Université Catholique de Bukavu, et tous ceux qui nous ont accueilli dans le cadre de ces recherches.

Le premier projet fait partie d'un projet intitulé *Winners and Losers from Globalization and Market Integration*, financé par la Fondation Scientifique Flamande (FWO) et la Fondation Nationale de Recherche Scientifique (FNRS) à travers son programme EOS (G056718N). Un sous-projet sous la coordination du prof. Sara Geenen se focalise sur les transformations technologiques dans les exploitations minières artisanales et à petite échelle (EMAPE).

Le deuxième est un projet sur la santé et l'environnement dans les mines, financé par le programme *Global Minds* du Conseil Interuniversitaire flamand (VLIR-UOS) par le biais de l'Université d'Anvers en Belgique et exécuté en collaboration avec le Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI) à l'Université Catholique de Bukavu (UCB) en RDC. Ce projet de recherche-action vise non seulement à comprendre la situation sanitaire et environnementale dans les mines, mais aussi à proposer de meilleures pratiques à travers une sensibilisation coproduite.

Ces working papers se focalisent sur différentes dimensions des technologies, de la santé et/ou de l'environnement. Chaque working paper a été écrit par quelques membres de l'équipe ayant un intérêt ou une expertise particulière dans un certain domaine:

1. Transformations technologiques et régimes de travail dans l'exploitation minière artisanale et à petite échelle au Sud-Kivu, RDC. Dunia Kabunga, Philippe & Geenen, Sara
2. Apprivoiser l'eau et l'air. La lutte contre les fuites des technologies dans l'exploitation minière artisanale et à petite échelle au Sud-Kivu, RDC. Marijsse, Simon & Munga Mwisha, Thierry
3. Technologies (ir)responsables dans l'orpaillage : quels risques pour l'environnement et la santé ? Cas de Kamituga et Misizi, RDC. Nkuba, Bossissi; Zahinda Mugisho, Franck & Muhanzi Aganze, Gabriel
4. Celles qui "vieillissent trop vite". La santé des femmes dans les mines de Kamituga, RDC. Geenen, Sara; Kabilambali, Gracia; Mussa Bashizi, Fiz & Vanlerberghe, Elisa
5. Productivité et profitabilité. Une analyse comparative basée sur l'impact de la mécanisation dans l'exploitation minière artisanale et à petite échelle de l'or en RDC. Bikubanya, Divin Luc & Radley, Ben
6. Taxation des technologies dans l'exploitation minière artisanale et à petite échelle. Contribution à l'économie locale et à la province du Sud-Kivu, RDC. Mushagalusa Buhendwa, Ancert; Igugu, Olivier & Munga Mwisha, Thierry
7. La fièvre de l'or. Santé et environnement dans les mines d'or de Kamituga, RDC. Geenen, Sara; Bikubanya, Divin-Luc; Dunia Kabunga, Philippe; Igugu, Olivier; Kabilambali, Gracia; Katoto, Patrick; Marijsse, Simon; Mayeri, Daniel; Muhanzi Aganze, Gabriel; Mukotanyi Mugisho, Serge ; Munga Mwisha, Thierry; Mushagalusa Buhendwa, Ancert; Mussa Bashizi, Fiz; Nkuba, Bossissi; Vanlerberghe, Elisa; Zahinda Mugisho, Franck

Bios

- Divin-Luc Bikubanya est chercheur au Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI) et à la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Université Catholique de Bukavu (UCB).
- Philippe Dunia Kabunga est enseignant à l'Institut Supérieur de Développement Rural (Goma) et chercheur au Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI), Université Catholique de Bukavu (UCB). Il est aussi point focal au Sud-Kivu sur la Sauvegarde environnementale et sociale en RDC dans différents projets financés par la Banque Mondiale en faveur de quelques organisations congolaises.
- Sara Geenen est professeur à l'Institut de Politique de Développement (IOB) à l'Université d'Anvers. Elle est codirectrice du Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI) à l'Université Catholique de Bukavu (UCB). Elle est coordinatrice du projet sur la santé et l'environnement dans les mines financé par Global Minds et du sous-projet sur les technologies financé par FWO-EOS.
- Olivier Igugu est chercheur au Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI), Université Catholique de Bukavu (UCB), avec une expérience de recherche pratique dans le domaine de l'exploitation des ressources minières et forestières. Il travaille également comme consultant pour l'évaluation de projets du domaine de la conservation (financés par l'USAID).
- Gracia Kabilambali est ingénieure agronome phytotechnicienne et chercheur au centre d'Expertise en Gestion minière (CEGEMI), Université Catholique de Bukavu. Son intérêt porte sur le travail des femmes et des enfants dans les mines et sur la restauration du couvert végétal des carrières miniers.
- Patrick Katoto est médecin et expert en épidémiologie, santé environnementale et santé mondiale. Il est chercheur au centre d'Expertise en Gestion minière (CEGEMI), Université Catholique de Bukavu, au Centre of Infectious Diseases and Centre for Global Health (Stellenbosch University and Pittsburgh University), au Centre for General Medicine and Global Health (University of Cape Town) et collaborateur sur le Global Burden of Disease de l'Institute for Health Metric (George Washington University) et l'African Research Collaboration on Sepsis (Liverpool School of Tropical Medicine and Hygiene).
- Simon Marijsse est doctorant à l'Institut de Politique de Développement (IOB), Université d'Anvers, et au Département d'anthropologie socio-culturelle, KU Leuven. Il est également chercheur au Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI), Université Catholique de Bukavu (UCB).
- Daniel Mayeri est médecin à l'Hôpital Général de Référence de Bukavu de l'Université Catholique de Bukavu.
- Gabriel Muhanzi Aganze est médecin et chercheur au Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI), Université Catholique de Bukavu (UCB). Son intérêt porte sur la santé dans les mines.
- Serge Mukotanyi Mugisho est ingénieur agronome, option eaux et forêts, chercheur au Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI), assistant à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Catholique de Bukavu (UCB) et apprenant à l'Ecole Régionale Postuniversitaire d'Aménagement et de Gestion intégrés des Forêts et Territoires tropicaux (ERAIFT). Il s'intéresse principalement à la foresterie et à l'écologie du paysage.
- Thierry Munga Mwishu est ingénieur géotechnicien de l'Université de Makerere à Kampala, chercheur indépendant et entrepreneur. Il est Directeur technique du Bureau de Recherches et d'Études pour la Commercialisation des Minerais (BRECOM-COOPÉRATIVE) et Directeur Gérant de Cacao Gorille Nature Sarl (CGN). Ses intérêts portent sur les technologies non pol-

luantes, les aires protégées, et l'environnement au sein de l'EMAPE en RDC.

- Ancert Mushagalusa Buhendwa est chercheur au Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI), Université Catholique de Bukavu (UCB). Son intérêt porte sur la fiscalité et la socio-économie au sein de l'EMAPE en RDC.
- Fiz Mussa Bashizi est médecin et chercheur indépendant au Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI), Université Catholique de Bukavu. Il est expert en prévention et contrôle des infections de la maladie à virus Ebola et autres maladies émergentes, et expert en suivi et évaluation des projets d'urgence en santé et catastrophe naturelle.
- Bossissi Nkuba est professeur à l'Université Catholique de Bukavu (UCB) où il est chercheur dans le Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI). Il est également chercheur au Systemic Physiological and Ecotoxicologic Research (SPHERE) de l'Université d'Anvers. Il est l'un des superviseurs du projet sur la santé et l'environnement dans les mines financé par Global Minds et du sous-projet sur les technologies financé par FWO-EOS.
- Ben Radley est professeur de développement international à l'Université de Bath au Royaume-Uni, et chercheur au sein du Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI), Université Catholique de Bukavu (UCB).
- Elisa Vanlerberghe est étudiante au programme de maîtrise avancée en sciences de la santé mondiale à l'Université de Gand.
- Franck Zahinda Mugisho est chercheur au Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI), au Département des Sciences de l'Environnement et à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Catholique de Bukavu (UCB). Il s'intéresse principalement à la cartographie et aux impacts environnementaux de l'EMAPE en RDC.

Technologies (ir)responsables dans l’orpaillage : quels risques pour l’environnement et la santé ? Cas de Kamituga et Misisi, RDC

Nkuba, Bossissi; Zahinda Mugisho, Franck & Muhanzi Aganze, Gabriel

Abstract

Comme beaucoup de sites miniers dans les pays en développement, Kamituga et Misisi ont connu un développement rapide de technologies d’extraction minière. Hélas, ce développement n’a pas été suivi de mesures de protection environnementale ou de prise en charge de la santé des creuseurs et des communautés exposées aux effets nocifs de ces technologies. Ce papier analyse premièrement les impacts de l’introduction de ces nouvelles technologies sur la santé et l’environnement, en se basant sur deux cas d’étude (Kamituga et Misisi) ainsi que sur des données collectées dans d’autres mines d’or de la République Démocratique du Congo (RDC). Deuxièmement, il analyse les connaissances et lacunes des creuseurs et des communautés minières sur ces risques, ainsi que la faiblesse du système de santé local à assurer la prise en charge des problèmes auxquels font face les creuseurs et d’autres résidents dus à l’utilisation de ces nouvelles technologies. Troisièmement, il analyse dans le contexte de ces sites miniers, la possibilité d’adopter des technologies plus responsables envers l’environnement et la santé des communautés.

Table des matières

Technologies (ir)responsables dans l’orpaillage : quels risques pour l’environnement et la santé ? Cas de Kamituga et Misisi, RDC	1
1. INTRODUCTION	2
1.1. Technologies : un mal nécessaire ?	2
1.2. Impacts connus des technologies-clés d’orpaillage.....	3
2. MILIEU ET MÉTHODES	4
2.1. Milieu	4
2.2. Méthodologie	4
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION	5
3.1. Pendant la phase de l’extraction de minerais	8
3.1.1. Déforestation et perte de la biodiversité.....	8
3.1.2. Dégradation des sols et érosion.....	8
3.1.3. Utilisation des explosifs.....	9
3.1.4. Évacuation d’eau et approvisionnement en oxygène compressé dans les puits.....	9
3.2. Pendant la phase de traitement des minerais.....	11
3.2.1. Pollution de l’air	11
3.2.2. Pollution des rivières.....	12
3.2.3. Utilisation du mercure	13
3.2.4. Utilisation du cyanure	15
3.3. Pendant la phase de la commercialisation	16
3.4. Prise en charge des victimes.....	16
3.4.1. Système de santé formel	16
3.4.2. Système de santé informel	18
3.4.3. Connaissances du personnel médical et matériel de prise en charge	19
3.4.4. Hygiène	20
3.5. Possibilité d’adoption de technologies propres	20
4. CONCLUSION	22

1. INTRODUCTION

1.1. Technologies : un mal nécessaire ?

Bien que plusieurs recherches aient établi que l'extraction minière artisanale et à petite échelle (EMAPE) d'or présente des risques pour l'environnement et pour la santé des exploitants et des communautés avoisinantes, la majorité des chercheurs et bailleurs de fonds se focalisent sur les problèmes sociaux, économiques et politiques affectant ce secteur (De Putter, 2011 ; De Brier & Southward, 2015 ; Kilosho et al., 2012). Également, malgré que le secteur artisanal de l'extraction minière soit perçu comme étant purement manuel, celui-ci bien que n'utilisant pas des matériels aussi développés que ceux de sa contrepartie industrielle, utilise néanmoins un ensemble de techniques et technologies permettant aux creuseurs d'augmenter leur productivité (Radley & Geenen, 2021). Hélas, ce gain de productivité s'accompagne souvent d'un plus grand prix payé par les écosystèmes environnants et la santé des communautés riveraines (Hinton et al., 2003b). Les creuseurs vivant dans des milieux ruraux ayant une faible couverture des infrastructures de santé et ayant un revenu assez faible et instable pour leur assurer un accès à ces infrastructures lorsqu'elles sont présentes, se retrouvent souvent plus vulnérables aux problèmes de santé que leur impose leur travail. Outre la pauvreté et le manque d'infrastructures de santé, le manque d'éducation et de formation maintiennent encore plus les exploitants miniers artisanaux prisonniers d'un cycle de pratiques rudimentaires d'exploitation minière, qui ont des répercussions sur leur environnement et leur santé (Stocklin-Weinberg et al., 2019).

Les technologies utilisées dans l'EMAPE de l'or, dans les mines de Kamituga et de Misisi, incluent notamment l'utilisation du mercure, du cyanure, de l'acide nitrique, des *concasseurs* et des pompes. Elles sont tous responsables de la pollution de l'air et des cours d'eau par le mercure, le cyanure, l'acide nitrique, la poussière et la fumée riche en monoxyde de carbone, cinq éléments toxiques pour la santé des humains et de plusieurs organismes aquatiques (Verbrugge et al., 2021 ; Nkuba et al., 2019 ; Hund et al., 2017 ; Seyler et al., 2010 ; Ogola et al., 2002). En plus de ces pratiques, l'orpaillage est également responsable d'un déboisement et d'une réduction de la biodiversité forestière à proximité des sites miniers (Hund et al., 2017 ; Seyler et al., 2010) ainsi que d'une multitude d'accidents liés à la manipulation de ces différentes technologies (*concasseurs*, broyage manuel, dynamites, etc.). Marijsse et Munga dans cette série ont aussi montré que les technologies utilisées dans l'EMAPE à Kamituga et Misisi ne sont pas des *health-promoting technologies* ou des technologies menant vers le « community-building ». Toutefois, ces technologies, bien que dangereuses pour le creuseur et son environnement, demeurent d'une très grande utilité pour la productivité du travail des creuseurs (Radley & Geenen, 2021) de manière qu'il y aurait lieu de se demander si elles ne seraient pas pour eux un mal nécessaire.

Plusieurs efforts ont été conduits dans le monde pour réduire la consommation du mercure et l'évitement du risque d'utiliser le cyanure dans des rejets contenant du mercure (Nkuba et al., 2020 ; UNEP, 2013). En plus des efforts internationaux, à Kamituga, un des plus gros sites d'orpaillage de la RDC, des études précédentes (Nkuba et al., 2017 ; Nkuba et al., 2019), ont déjà montré une commune utilisation du mercure dans l'orpaillage, et comment les utilisateurs de mercure et d'autres acteurs-clés du secteur ignorent les risques qu'ils encourent et les risques auxquels l'environnement est exposé par cette utilisation. Au même titre que la lutte contre le mercure, plusieurs campagnes de prévention de la tuberculose, la silicose et autres maladies pouvant être favorisé par la poussière sont menées dans différentes parties de la RDC par l'OMS et le Ministère de la santé, mais il demeure encore inconnu si ces campagnes ont permis aux cas de maladies combattues de baisser dans des milieux ruraux et particulièrement dans le secteur minier.

Ce papier construit sur des recherches précédemment conduites afin de réaliser une analyse holistique des risques que les technologies utilisées (mercure et autres) représentent pour ses utilisateurs, les communautés avoisinantes et l'environnement. Il analyse la chaîne de production d'or à Kamituga et Misisi allant de l'extraction du minerai dans le sous-sol jusqu'à l'exportation de l'or hors du site, afin d'identifier les différents points de risque pour la santé et l'environnement, les acteurs causant et/ou exposés à ces risques. Il étudie également la connaissance de ces risques par ces acteurs et les mécanismes par lesquels ils s'en protègent. Enfin, l'article analyse le traitement médical et non médical des victimes de ces risques ainsi que l'analyse des possibilités de changement vers des technologies plus responsables pour la santé et l'environnement.

1.2. Impacts connus des technologies-clés d'orpaillage

Le mercure est utilisé pour faciliter la séparation de l'or du reste du minerai. Cependant après brûlage, il est relâché dans l'air et rechute soit directement sur les cours d'eau, soit sur le sol où il peut être transporté vers les cours d'eau par les phénomènes de ruissellement. Une fois dans le milieu aquatique, une partie de ce mercure se transforme en méthylmercure, une forme encore plus toxique du mercure et capable de facilement voyager dans différents organismes et causer différents troubles. Sa capacité à franchir la barrière hémato-encéphalique est l'élément qui le rend plus dangereux. Le méthylmercure peut atteindre le cerveau et causer des pertes de sensations, des problèmes de marche, des difficultés de locution, d'audition et de vision et dans certains cas sévères, il peut conduire à la perte de la vue, au coma et à la mort (Bakir et al., 1973). Chez les poissons et autres organismes aquatiques, il affecte les systèmes cardiovasculaires, le foie et les comportements de différentes espèces (Boening, 2000).

Le cyanure de sodium (NaCN) se retrouve de plus en plus utilisé dans l'orpaillage car il offre des niveaux de récupération d'or plus élevés (plus de 90%) que ceux de l'amalgamation au mercure (qui est souvent moins de 30%) (Verbrugge et al., 2021 ; Marshal et al., 2020). Bien qu'en traitement industriel le cyanure représente peu de danger suite aux précautions mises en place pour protéger la santé, dans l'EMAPE, les personnes utilisant le cyanure prennent peu ou pas de précautions pour s'en protéger. Ainsi, ils y sont exposés par deux canaux : premièrement à travers le contact cutané pendant le travail ; et deuxièmement par l'inhalation des gaz libérés par les échanges avec l'air ambiant. Une fois dans le corps, le cyanure bloque la respiration cellulaire en s'attachant au cytochrome C oxydase, une enzyme indispensable dans la respiration cellulaire. L'intoxication au cyanure se manifeste par des symptômes allant des plus légers (vertige, nausées, troubles mentaux) aux plus sévères (convulsions, crises d'épilepsie, œdèmes pulmonaires, collapsus cardiaque) et peut conduire à la mort (Lawson-Smith et al., 2011 ; Baud et al., 1996 ; Desai & Su, 2016 ; HHS & ATSDR, 2006). Le cyanure s'accumule dans les zones de traitement l'utilisant, d'où il est transporté progressivement par les eaux de ruissellement et par l'infiltration, polluant ainsi les rivières et autres eaux de surfaces, les eaux souterraines ainsi que les sols par lesquels passent ces mouvements d'eau. Son comportement et sa toxicité vont ensuite varier en fonction des processus chimiques (absorption, adsorption, volatilisation, complexation, réactions de dissolution-précipitation, etc.) et biologiques du substrat (activité microbienne, capture par les plantes, etc.) (Razanamahandry et al., 2018).

Pour ce qui est de la poussière, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) reconnaît la pollution de l'air comme étant la première cause non contagieuse de mortalité (Balakrishnan et al., 2014). Pourtant, il est considéré que pour produire une bague de mariage en or de 18 carats, on génère approximativement 20 tonnes de résidus miniers (Bloomfield & Maconachie, 2021). En effet, la silice dans les poussières de forage et d'extraction est un minéral que l'on trouve dans les roches aurifères. Selon la taille des particules de silice, la silice peut être retenue dans les poumons, causant le cancer du poumon, et peut augmenter la sensibilité à la tuberculose. L'absence de protection individuelle et de respirateurs contribue aux risques pour la santé. L'exposition à la poussière de silice est également associée au développement de la silicose, une maladie pulmonaire, qui entraîne une accumulation de liquide et des tissus cicatriciels dans les poumons, ce qui a un impact sur la respiration (USAID, 2017).

L'eau, l'absence d'oxygène et la fumée sont également des problèmes auxquels la santé des creuseurs est confrontée suite à leur travail dans les profondeurs des puits. En effet, le niveau d'oxygène baisse progressivement au fur et à mesure que la profondeur du puits augmente et cela peut causer différents maux aux creuseurs. Les effets de l'exposition à de faibles concentrations d'oxygène dans les puits peuvent inclure des vertiges, une confusion mentale, une perte de jugement, une perte de coordination, une faiblesse, des nausées, des évanouissements, une perte de conscience et la mort. Les effets immédiats des environnements pauvres en oxygène sont dus au système de transport d'oxygène du corps. Le danger est lié au fait que les symptômes ou les avertissements sont généralement absents, et même s'ils sont présents, la perte de compétence mentale, la faiblesse, la perte de coordination ou l'évanouissement empêchent les victimes de s'aider elles-mêmes ou même de demander de l'aide. La mort s'ensuit en seulement deux à quatre minutes (Air Products and Chemicals, 2009; voir aussi Marijse & Munga dans cette série).

A ce problème s'ajoute l'accumulation d'eau dans les puits, que les creuseurs essayent de résoudre en utilisant des motopompes qui hélas les exposent à d'autres gaz toxiques, notamment le monoxyde de carbone (voir Marijse & Munga dans cette série). L'empoisonnement au monoxyde de carbone se manifeste avec des symptômes tels que la fatigue, la léthargie, la somnolence ainsi que des malaises, nausées, vomissements et étourdissements (Rosen et al., 1999 ; Goldstein, 2008). L'action toxique la mieux établie et la plus importante du monoxyde de carbone est l'incapacité du mécanisme de la cellule à utiliser l'oxygène, ce qui entraîne une asphyxie chimique et une hypoxie (par exemple, une privation efficace d'oxygène) (Goldstein, 2008).

L'acide nitrique est utilisé par les négociants d'or pour nettoyer l'or et la débarrasser des impuretés ayant survécu à l'extraction et au traitement réalisé par les creuseurs. Pourtant, l'acide nitrique liquide ou ses vapeurs endommagent plusieurs organes à des degrés divers, selon la concentration de la solution. La peau est blessée en raison des processus de dénaturation des protéines si elle entre en contact avec l'acide nitrique. Le contact cutané avec une faible concentration de vapeurs d'acide nitrique provoque des brûlures, des rougeurs et une inflammation (Kolios et al., 2010). L'inhalation de l'acide nitrique peut également affecter les voies respiratoires en raison de l'exposition aux vapeurs (Health Protection Agency, 2007). L'ingestion d'acide nitrique entraîne des brûlures chimiques gastro-intestinales allant de l'irritation des muqueuses aux perforations, selon la concentration de l'acide et le temps de contact total. De plus, lorsqu'un contact oculaire avec l'acide nitrique ou ses vapeurs se produit, les dommages oculaires vont d'une ulcération et d'une nécrose sévères de la cornée et du cristallin, ce qui se manifeste par un larmolement accru (Shetty et al., 2008 ; Kolios et al., 2010).

2. MILIEU ET MÉTHODES

2.1. Milieu

Cette étude s'est réalisée dans deux villes minières, Kamituga et Misisi, aux mois d'avril, de mai et d'août 2021. Situé à 180 km au Sud-Ouest de Bukavu, Kamituga compte 100000 à 150000 habitants, dont approximativement 10000 à 15000 sont des creuseurs (Geenen, 2015). La région est un plateau de moyenne altitude (entre 970 et 1366 mètres d'altitude), caractérisée par un climat tropical humide et la forêt comme végétation principale ainsi qu'un sol principalement argileux et sablonneux, et un grand potentiel agricole (Sanganyi, 2003) et drainée par la rivière Zalya et ses affluents, et fait partie des affluents du fleuve Congo, deuxième plus importante rivière du monde après l'Amazone, de par son débit et l'étendue de son bassin hydrographique (Dupré et al., 1996). L'exploitation minière industrielle y commence vers les années 1920 et s'est faite par l'entreprise MGL (Minière des Grands Lacs, de 1923 jusqu'en 1976) et SOMINKI (Société Minière et Industrielle du Kivu, de 1976 jusqu'en 1997). Cependant depuis les années 1980, les activités minières artisanales se sont développées à grande vitesse dans la région jusqu'à devenir le pilier de l'économie locale (Geenen, 2015). Beaucoup plus récemment, depuis 2011, la multinationale Banro, détenteur des permis d'exploitation de la concession minière de Kamituga, y a commencé ses travaux d'exploration (Geenen, 2015). Banro (2014) estime que de 1920 à 1996 à Kamituga, on a extrait 46,65 tonnes d'or, et la société de consultance SRK (Steffen, Robertson and Kirsten Ltd.) estime qu'il resterait 9,8 tonnes d'or en surface et 18,66 tonnes dans le sous-sol, soit plus de 2,6 milliards USD extraits et 1,6 milliards USD restant dans le sol¹.

Misisi est également une ville minière au sud de la Province du Sud-Kivu, dans le territoire de Fizi, à 35 km du lac Tanganyika. Contrairement à Kamituga, Misisi est toujours une zone très conflictuelle avec plusieurs groupes armés qui y opèrent, pénalisant la population (Bafilemba et al., 2014 ; Max Impact, 2019). Cette insécurité n'est cependant pas étendue partout et à tout moment. En effet, 10 des sites de Misisi sont qualifiés et validés en octobre 2018 conjointement par le gouvernement, la société civile et des partenaires internationaux, comme n'impliquant pas de violences armées ou autres abus similaires (Voix du Congo, 2019). L'exploitation minière à Misisi n'a pas connu les compagnies minières au début du vingtième siècle comme d'autres sites miniers de la province, par exemple le site de Kamituga (Kamundala & Ndungu, 2017). La population locale y a découvert l'or après l'indépendance de la RDC en 1960. Misisi est un carrefour pour le commerce de l'or, grâce à sa position géographique. Il partage ses frontières avec la province du Tanganyika, le Maniema et le Burundi en passant par la cité d'Uvira, avec la Tanzanie en passant par la cité de Baraka et la presqu'île d'Ubwari. Ainsi, les personnes venues de toutes ces provinces frontalières ainsi que des pays limitrophes du territoire de Fizi sont également impliquées dans les activités aurifères à Misisi (Kamundala et Ndungu, 2017).

2.2. Méthodologie

La méthode utilisée pour cette étude est une enquête qualitative. Celle-ci est basée sur des entretiens individuels et des focus groups avec les personnes impliquées directement ou indirectement dans l'EMAPE de l'or. A Kamituga, on a réalisé 134 entretiens, 28 focus groups dont 12 avec des hommes et 16 avec des femmes et 106 entretiens individuels ; 55 entretiens individuels avec les hommes et 51 entretiens individuels avec les femmes. A Misisi, on a

¹ Les calculs ont été fait basés sur le prix de 50 USD/g, prix assez proche de celui de Kamituga au moment de l'enquête et du marché international (www.goldprice.org)

réalisé 127 entretiens, dont 28 en focus groupe et 99 en entretiens individuels. L'échantillon ciblé représente les creuseurs ainsi que les autres parties prenantes du secteur aurifère. Les creuseurs sont invités sur base des études précédentes conduites sur le même site. Pour les autres parties prenantes, on a organisé un focus groupe ou un entretien individuel en fonction du nombre de personnes présentes dans les bureaux de la structure ou autres lieux de travail au moment de l'enquête. Ces parties prenantes sont notamment les comités de creuseurs, les coopératives, les structures étatiques, les organisations de société civile, des sociétés commerciales et les maisons de négoce d'or. Les entretiens en groupes et ceux individuels durent en moyenne une heure.

Nous avons réalisé les entretiens pour (i) évaluer le niveau de compréhension et la perception des mineurs sur les impacts négatifs de l'EMAPE sur l'environnement et la santé humaine, (ii) lister les principaux problèmes de santé rencontrés par les mineurs artisanaux en lien avec leur activité et (iii) comprendre les raisons de la persistance des pratiques destructrices de l'environnement ainsi que les possibilités d'implication des communautés dans l'adoption des meilleures pratiques d'exploitation. Nous avons complété ces entretiens par des observations sur le terrain et une étude de la documentation. Sur le plan de l'environnement en particulier, l'étude s'est intéressée à la déforestation, la pollution des eaux et de l'air, la perte de la biodiversité, l'utilisation du mercure et de l'acide nitrique et la dégradation des sols.

En plus des acteurs de l'EMAPE d'or, nos recherches ont aussi porté sur l'hôpital général de référence de Kamituga (HGR), la plus grande institution sanitaire de la ville. Elle comprend 4 départements classiques, la médecine interne, la pédiatrie, la gynéco obstétrique, et la chirurgie. Cependant, elle n'a pour le moment aucun médecin spécialisé dans l'une de ces branches. Outre ces départements, un service de laboratoire, de radiologie et une pharmacie opèrent à l'hôpital. Le personnel médical (médecins et infirmiers) de l'HGR ont constitué la cible de cette étude, ainsi que les acteurs annexes au secteur médical, notamment les vendeurs de médicaments (dans les pharmacies et ceux ambulants) et les guérisseurs utilisant la médecine traditionnelle. Ils sont approchés individuellement dans les différents services en assurant le respect de la confidentialité des informations partagées.

Nous avons effectué les enregistrements audio de toutes les discussions en focus groups et en entretien individuel. Le logiciel Microsoft Word est utilisé pour la transcription mot à mot des audio et les fichiers Word sont ensuite exportés dans le logiciel NVivo 1.2 pour leur traitement et analyse.

Cette étude fait partie de deux projets: le premier portant sur la santé et l'environnement dans les mines, financé par le programme Global Minds du Conseil Interuniversitaire flamand (VLIR-UOS) en Belgique ; et le deuxième est un projet de recherche sur les technologies minières financées le Fond de Recherche Flamand (FWO), tous les deux exécuté par l'Institut de Développement (IOB) de l'Université d'Anvers et le Centre d'Expertise en Gestion Minière (CEGEMI) à l'Université Catholique de Bukavu (UCB) en RDC.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les effets identifiés de différentes technologies sur des composantes de l'environnement et sur la santé des creuseurs et populations de Kamituga et Misisi sont repris dans les sections ci-dessous. Ces sections se focalisent sur l'impact des technologies sur les forêts, leur pollution de l'air et des rivières par le mercure et le cyanure, la prise en charge des personnes affectées par ces technologies et les perspectives des résolutions de ces défis. Dans les chaînes de production, la santé et l'environnement sont affectés à des moments clés. Pour certains cas les effets peuvent être d'apparition aiguë, et pour d'autres les effets n'apparaissent que sur le long terme. Les différentes étapes de l'exploitation artisanale de l'or et les risques qui y sont associés sont représentés sur les figures 1 et 2.

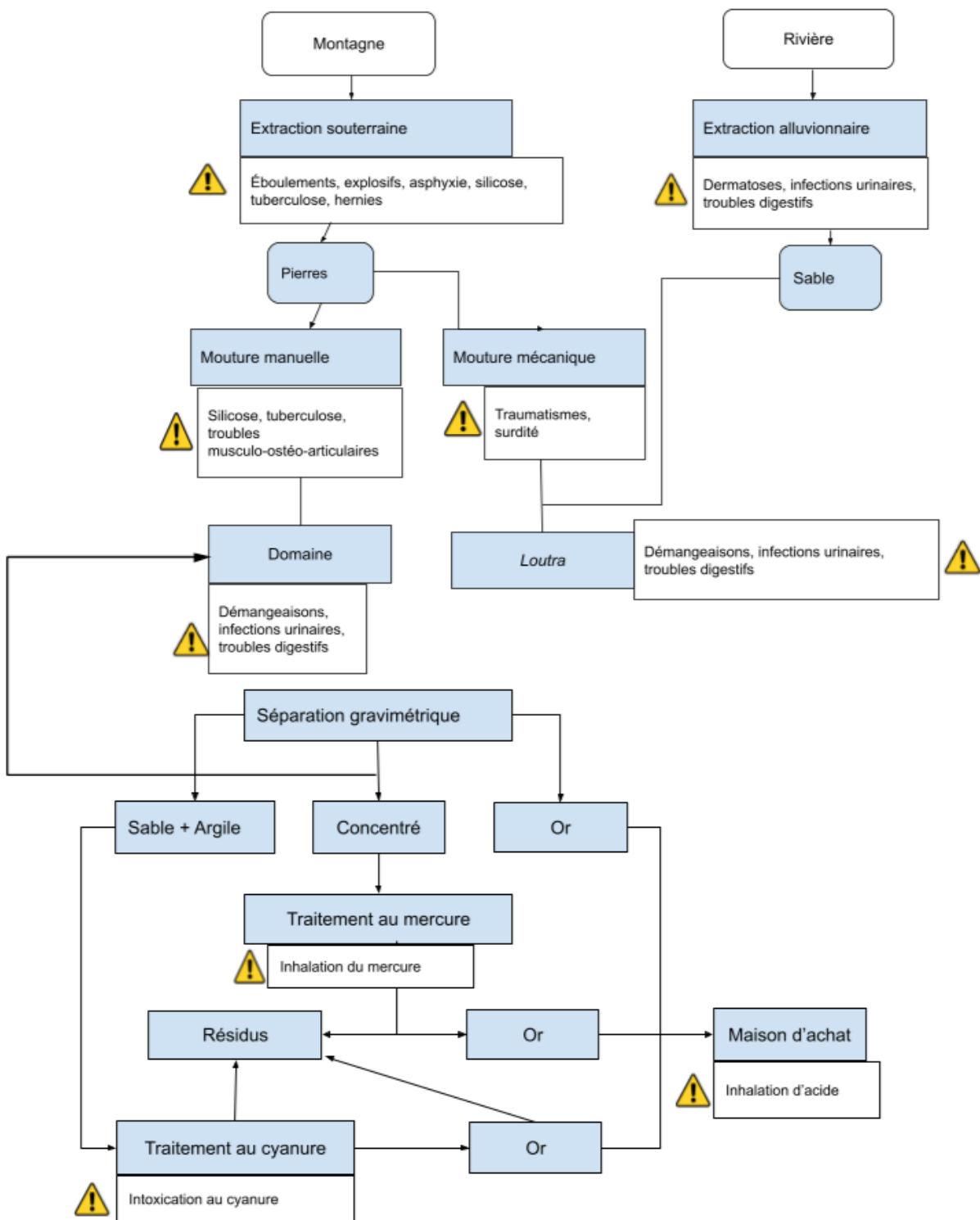


Figure 1 : Processus de production de l'EMAPE indiquant les points de risque pour la santé des creuseurs

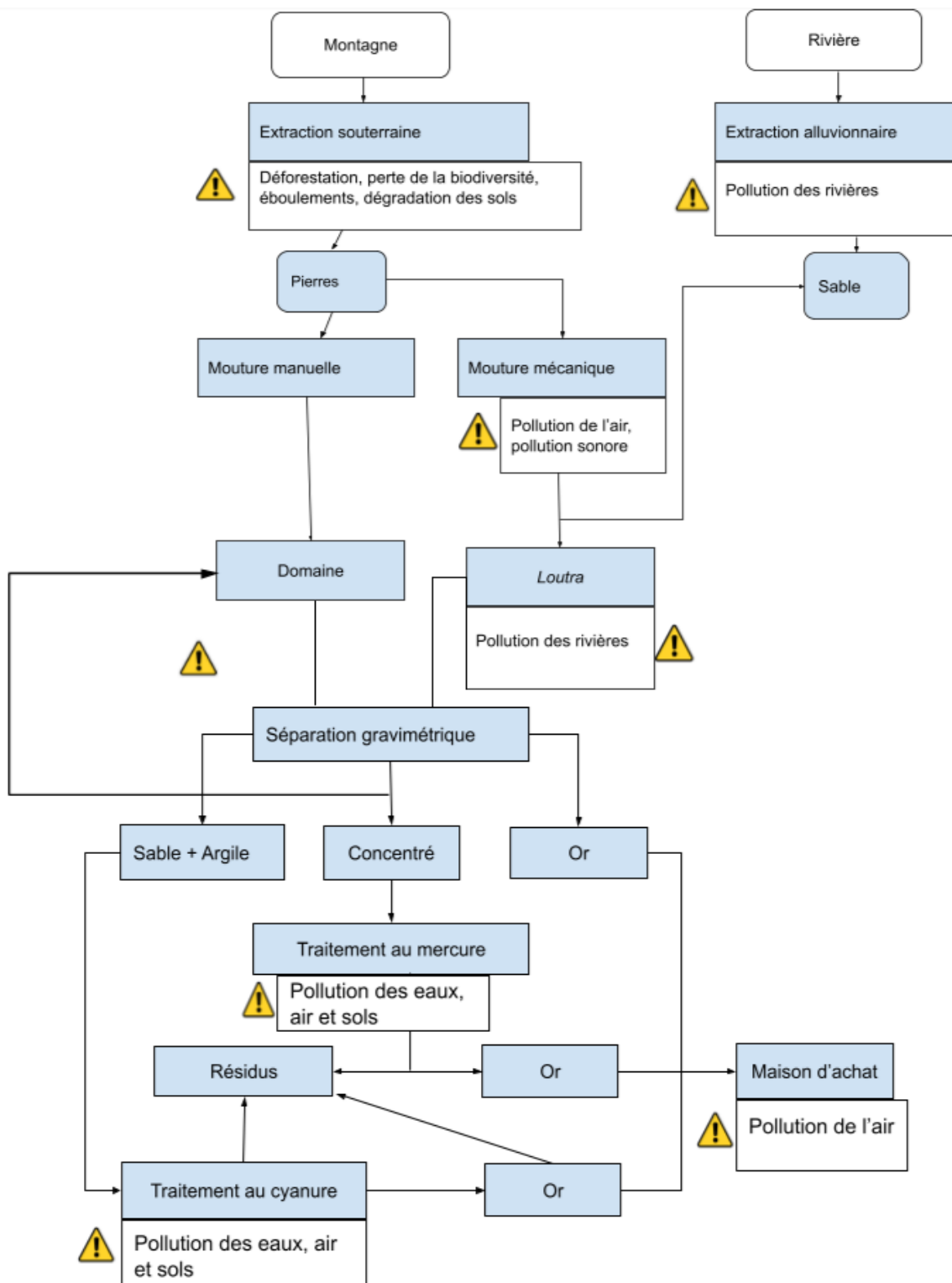


Figure 2 : Processus de production de l'EMAPE d'or indiquant les points de risque pour l'environnement (Source: figures basées sur Nkuba et al., 2017 et modifiées sur base des observations lors de la présente étude).

3.1. Pendant la phase de l'extraction de minerais

3.1.1. Déforestation et perte de la biodiversité

La déforestation ainsi que la régression de plus en plus abondante de la forêt sont deux phénomènes perçus par les creuseurs et la communauté de Kamituga et Misisi. Cette déforestation est principalement due à la fabrication du bois énergie, l'agriculture, l'augmentation de la population et l'exploitation de l'or ; beaucoup considérant que l'impact des mines sur la forêt est minime comparée aux autres secteurs. Un creuseur dit:

« C'est surtout la fabrication de la braise. C'est ça qui cause le plus de déforestation, parce que lorsqu'on fait l'exploitation de l'or on choisit une espèce spécifique, mais dans la fabrication du bois énergie, on coupe tout. Mais pour nous, l'exploitation de l'or ne coupe pas tout. On n'utilise que deux espèces d'arbre, ou peut-être le *Bizaza*² seulement » (FGTH-20210417-97).

En effet, de manière générale, le volume de déforestation induite directement par l'EMAPE est faible par rapport à l'impact d'autres activités illicites telles que l'abattage des arbres, l'agriculture de subsistance ou la production de charbon de bois qui ne sont qu'indirectement liées à l'EMAPE (Hund et al., 2013). L'étude de Tieguhong (2009) réalisée dans le bassin du Congo a aussi observé un faible impact forestier de l'EMAPE, et que les effets négatifs de l'exploitation minière se font principalement sentir sur les cours d'eau locaux (par exemple, l'érosion, l'envasement, le détournement des cours d'eau).

En effet, les impacts des activités minières sur les forêts sont souvent à la fois de natures directs, indirects, induits et cumulatifs. Les impacts directs sont liés à la coupe du bois à utiliser dans les puits et aux constructions au niveau de la mine. Les impacts indirects concernent la perte de la biodiversité forestière, de l'habitat et la dégradation des sols dénudés. Comme impacts induits, l'EMAPE s'accompagne généralement d'un afflux important de personnes à la recherche d'opportunités d'emploi, ce qui induit des activités socio-économiques supplémentaires telles que l'agriculture de subsistance et le braconnage, qui peuvent occasionner des dommages potentiellement importants aux forêts (Hund et al., 2013). Les impacts cumulatifs de plusieurs sites miniers sont eux liés aux effets des plusieurs sites miniers pris individuellement, ce qui accentue les impacts sur l'environnement de toute une région. A Kamituga et à Misisi, il convient donc de noter que la déforestation n'est pas forcément la conséquence directe des activités minières car bien que les creuseurs utilisent du bois pour fortifier leurs galeries souterraines, une plus grande quantité de bois est extraite pour assurer la cuisson de nourriture aux 100000 à 150000 habitants que compte la ville de Kamituga par exemple.

Beaucoup d'interlocuteurs reconnaissent que certaines espèces végétales et animales ont disparu dans le milieu et cela peut être attribué à de multiples raisons telles que la déforestation, l'augmentation de la population et l'exploitation de l'or. Un creuseur affirme: « À l'époque on voyait des singes ici mais aujourd'hui ils ont tous disparu » (CP-202104-11). Cependant, pour ce qui est de l'effet de cette réduction de la biodiversité, les opinions demeurent relativement partagées. Près de la moitié des creuseurs reconnaissent en être affectés alors que l'autre moitié considère qu'ils n'ont aucune interaction avec les espèces disparues et par conséquent, leur existence ou leur absence a peu d'effet sur leur vie.

3.1.2. Dégradation des sols et érosion

L'EMAPE conduit à des changements du paysage et des changements de l'occupation du sol, transformant de grandes étendues de terre en « paysage lunaire » avec une succession de trous et de tas de rejets, peu propices à la vie animale et où les plantes ont du mal à pousser (Miserendino et al., 2013 ; Sana et al., 2017). Spiegel et Veiga (2005) notent aussi que l'utilisation combinée du mercure et du cyanure dans la concentration de minéraux entraîne souvent une fuite de ces composés dans les sols environnants et influencent leur qualité pour d'autres utilisations comme l'agriculture.

Les creuseurs et autres membres de la communauté reconnaissent que l'exploitation minière dégrade les sols et les rend inappropriés pour l'agriculture. Les érosions et éboulements sont toutefois bien connus par les creuseurs à cause des dégâts qu'ils leur causent. En effet, à Kamituga, plusieurs acteurs de l'EMAPE mentionnent ne pas s'intéresser à

² Espèce d'arbre dont le bois est préféré dans le milieu, pour la consolidation structurelle des tunnels miniers.

l'agriculture car les sols sont déjà dégradés et ne sont pas fertiles. Ceux qui pratiquent l'agriculture dans les endroits éloignés de Kamituga font aussi face à d'autres problèmes comme les maladies des plantes, les pluies torrentielles qui détruisent souvent les cultures et le manque d'intrants nécessaires à la production agricole. Par exemple, un creuseur de Bigombe dit :

« Avant on avait des bonnes récoltes mais aujourd'hui, il nous faut beaucoup de temps pour réussir à avoir un panier de manioc. Avant, on produisait de très gros manioc. Aujourd'hui, on en produit des très petits et des fois nous récoltons du manioc malade. Quelques fois, nous jetons une très grande partie de notre production parce que des virus attaquent le manioc. Nous demandons qu'on puisse nous apporter d'autres boutures qui peuvent s'adapter à notre sol » (FGF-20210416-88).

3.1.3. Utilisation des explosifs

A Misisi, certains attribuent le danger de dégradation et de fragilisation des sols aux dynamites utilisées dans les puits:

« Les techniques de feu que nous utilisons sont dangereuses à l'environnement. D'ailleurs, le SAEMAPE (Service d'Assistance et d'Encadrement de l'exploitation Minière Artisanale et à petite Echelle) nous interdit d'utiliser des dynamites parce qu'on nous dit que ça rejette dans l'environnement des poisons. Aussi, on dit aussi que cette technique fragilise les sols. Ce qui peut conduire à des érosions » (TR-202105-PD-16).

Dans les puits, des fois, les creuseurs utilisent des explosifs pour fragiliser les roches difficiles à retirer manuellement de leurs parcours afin d'atteindre celles minéralisées. Les explosifs sont aussi réputés dangereux et susceptibles de causer des accidents en cas d'inattention et de mauvaise manipulation. Bien que le règlement minier de la RDC interdise strictement l'utilisation d'explosifs dans l'EMAPE (RDC, 2018), des arrangements se font donc entre les services étatiques (SAEMAPE, Agence National de Renseignement, Police des Mines, etc.) et les creuseurs pour leur permettre d'utiliser les explosifs. Un creuseur de Misisi nous dit :

« Nous utilisons le cordon et la mèche qui sont détonnés dans le puits. Cela comporte beaucoup de risques car parfois la mèche ne s'allume pas. Dans ce cas-là, il faut rentrer dans le puits pour réajuster et reprendre depuis le début. C'est vraiment risquant. Un autre risque concerne le manque d'équipements de travail. Ce que nous appelons *bikwanga*, nous les tenons entre nos mains sans porter aucun équipement. C'est du poison que nous touchons. L'autre risque concerne les cartouches que nous utilisons. Il y a des cartouches de très mauvaise qualité que nous appelons *pirates*. On utilise un stick mais, par malchance, ça fait exploser la cartouche. Il y a quelques gens qui ont fait ce travail et qui sont aujourd'hui des handicapés » (TR-202105-PD-16).

Les traumatismes liés aux explosifs sont fatals. Si la victime peut être évacuée, le centre le plus proche est choisi pour un parage chirurgical, les équipements ne permettent pas d'en faire plus. Le triage est ensuite fait pour décider du transfert. Un creuseur nous dit : « Les victimes d'une explosion sont généralement retrouvées en morceaux » (ITH-20210820-77).

A part les accidents, les explosifs sont aussi réputés produire beaucoup de poussières. Un creuseur de Misisi a signalé des cas de tuberculose causés par la poussière produite lors du dynamitage:

« Les bouts de feu sont exposés aux risques de poussière qui émanent quand on fait des explosions. Ils peuvent développer des maladies respiratoires...beaucoup de bouts de feu sont exposés aussi à la fumée. Il y en a beaucoup quand ils font des explosions ...Il y a beaucoup de tuberculeux sur ce site. Il y en a qui pensent que c'est de la sorcellerie. Parce que j'ai appris qu'il y a même des enfants en qui la tuberculose a été diagnostiquée. C'est à cause de toutes les poussières qu'il y a aussi dans ce site » (F.TR-202105-PD-18).

3.1.4. Évacuation d'eau et approvisionnement en oxygène compressé dans les puits

L'une des principales causes des décès dans les mines de Kamituga est l'utilisation des pompes motorisées dans la mine (I.AE-202104-BN-02). Elle seule cause parfois autant (si pas plus) de décès que toutes les autres causes réunies (effondrement de tunnels inclus). La nécessité de l'utilisation des pompes est le fait qu'à cause de l'infiltration de l'eau de pluie dans le sol, les puits se retrouvent assez souvent inondés et la capacité des creuseurs à y travailler s'en trouve

significativement réduite, voire impossible. C'est ainsi que l'utilisation régulière des pompes permet d'évacuer l'eau de manière régulière et offre aux creuseurs un espace de travail relativement sec.

Cependant, le système d'approvisionnement en énergie de ces pompes peut poser plusieurs problèmes. Trois pistes sont testées avec différents degrés de réussite dans les puits de Kamituga. Tout d'abord, l'énergie électrique produite par la centrale de Mungombe, qui alimente la ville de Kamituga. Cette centrale a une production relativement faible pour faire face aux besoins de la population de Kamituga qui a connu une croissance extrêmement rapide au cours du siècle écoulé. Le barrage de Mungombe, construit en 1937 par la MGL ne produit que 1,8 Mégawatts pour plus de 8000 ménages enregistrés. Le Comité de Gestion de la Microcentrale Hydroélectrique de Mungombe (CGMHM) qui gère l'approvisionnement en électricité à Kamituga fait face à plusieurs défis dont la vétusté des équipements et le manque de financement³. Également, cette source d'énergie était freinée dans le passé afin de ralentir le développement de l'EMAPE d'or dans un site sous propriété d'une structure industrielle.

La deuxième piste est l'utilisation de motopompes en diesel. Celle-ci bien que pratique et plus disponible à tout moment où on en a besoin et du moment qu'on peut s'en servir, est source d'une production d'une grande quantité de monoxyde de carbone (CO). Deux solutions sont mises en place pour éviter de libérer du CO dans le puits. Le premier, c'est un système de tuyauterie permettant d'évacuer la fumée produite par les motopompes vers l'extérieur. Ces canalisations sont appelées par les creuseurs de Kamituga *balobola*⁴ (voir Marijsse & Munga dans cette série). Ce nom émanant d'une histoire où tous les membres d'un clan (le clan des Balobola) se sont fait mordre par le même serpent parce que personne n'a eu à craindre assez le serpent pour dominer sa curiosité à aller voir la cause de la mort des autres, dénote de la compréhension qu'on les creuseurs du risque représenté par cette tuyauterie. Et effectivement, il arrive souvent que celle-ci puisse occasionner des décès, de manière similaire au clan des Balobola. En effet, dû au fait que les tuyaux traversent des milieux pierreux, où les passages répétitifs des creuseurs et des pierres qu'ils extraient causent des frictions, ils se retrouvent souvent percés à différents endroits, et aussitôt qu'il y a un blocage à un certain niveau de la canalisation, la fumée riche en monoxyde de carbone est réinjectée dans le puits et cause le décès souvent sans que les victimes n'en soient alertées.

La troisième piste est une mise en place d'un arrêté interdisant les pompes diesel de marque Changfa et seulement autorisant celles à essence de marque Koshin (I.AE-202104-BN-02). Cependant, cet arrêté n'a pas permis d'éradiquer le problème, car les propriétaires de puits (PDG) ayant des contacts dans la sphère politique ou militaire utilisent ceux-ci pour maintenir les agents de contrôle hors de leurs puits ou pour annuler les sanctions lorsque ces agents constatent l'utilisation des mauvaises pompes.

En plus de la rareté générale d'oxygène dans les puits à profondeur élevée, c'est également pour éviter cette asphyxie que dans beaucoup les puits que sont utilisés les compresseurs d'air. Le rôle joué par ceux-ci est d'envoyer l'air dans les puits à travers des canalisations parallèles (mais dans le sens opposé) à celles utilisées pour évacuer l'oxygène. Cependant, ceux-ci sont beaucoup moins nombreux et peuvent aussi subir les mêmes contraintes que les motopompes. En effet, si les tuyaux d'alimentation en oxygène sont percés par endroit et qu'un blocage empêche la conduite principale de l'oxygène, celle-ci peut re-circuler vers l'entrée du puits et laisser la profondeur du puits en être privée.

Une pratique à l'hygiène douteuse, mais réputée efficace découle des accidents liés aux gaz. En effet, en cas d'asphyxie dans les puits, les victimes sont secourues. Une fois à l'extérieur, des entailles sont faites à l'aide d'une lame sur les victimes qui perdent connaissance. S'ils sont nombreux à être secouru, il y a de fortes chances pour que la même lame soit utilisée pour tout le monde, suite à l'absence d'équipements de premier soin. Un creuseur nous dit :

« Lorsque quelqu'un est victime d'asphyxie, nous patientons que le gaz se disperse, et nous y entrons pour porter secours, ceux qui reprennent conscience ont de la chance. Sinon, nous cherchons une lame en urgence pour saigner ceux qui sont inconscient dans le but d'évacuer le sang noir. Après il se réveille, et nous lui donnons du lait concentré » (FGHT-20210415-72).

Si l'évacuation est possible, les victimes sont transférées au centre le plus proche. La suite du traitement dépend de la présence ou non d'un concentrateur d'oxygène. S'il est manquant, c'est un transfert vers un centre qui en dispose.

³ Entretien informel avec le service technique du CGMHM, Kamituga août 2021.

⁴ Entretien informel avec les creuseurs dans un puits, Kamituga avril 2021.

Un médecin nous dit : « Oui, nous recevons des victimes d'asphyxie, nous leur donnons de l'oxygène. La thérapie est à base d'oxygène si les victimes sont reçues à temps » (IPM-16082021-6). Un creuseur a ajouté : « Ceux qui arrivent à aller à l'hôpital ont des troubles mentaux après » (FGHT-20210415-72). En général, un cerveau privé d'oxygène pour une longue période subit des lésions non réversibles (Gall, 2016). Les victimes peuvent garder des séquelles, tout dépend du temps de prise en charge.

Les creuseurs craignent l'asphyxie dans les puits car selon eux, il est impossible de prédire les accidents et il n'y a aucun signe qui leur indique qu'il y a un manque d'oxygène dans les puits. La plupart de creuseurs se rendent compte tardivement qu'il y a une insuffisance d'oxygène à la suite de la difficulté de respirer et à cause de la distance à parcourir pour sortir du puits, ils s'évanouissent et la mort peut s'en suivre si aucune intervention n'est faite dans les toutes premières minutes (FGHT-20210415-72).

3.2. Pendant la phase de traitement des minerais

3.2.1. Pollution de l'air

La présence de plusieurs dizaines de *concasseurs* dans différents sites de Kamituga⁵ facilite le broyage d'une plus grande quantité de minerais. A Misisi, les *concasseurs* ont été introduits en 2009 et à Kamituga en 2011 (Mulonda et al., 2019). Bien que les *concasseurs* aient l'avantage d'augmenter la productivité des creuseurs, ils présentent des dangers physiques et augmentent aussi la capacité des creuseurs à polluer. En effet, chaque concasseur peut broyer, selon la disponibilité des minerais, jusqu'à 300 kg de pierres en 30 minutes selon la disponibilité des minerais (Mulonda et al., 2019). Une partie de cette quantité se disperse comme poussière et est susceptible d'occasionner des maladies aux personnes travaillant sur les sites et aux personnes vivant à proximité. La plus grosse quantité cependant est traitée dans les *domaines*⁶ par concentration gravimétrique afin d'en récupérer un concentré qui est plus tard traité pour la récupération de l'or. Cette activité perd plus de 90% de la masse du minerai dans les rivières, causant une hausse de la turbidité ainsi qu'un changement de la composition chimique des eaux et des sédiments, les deux pouvant être nocifs aux poissons et aux autres organismes aquatiques.

Les utilisateurs des *concasseurs* considèrent le risque d'accidents qu'eux et leurs clients encourent comme étant le principal problème causé par ces *concasseurs* (FGFT-20210414-49, FGFT-20210416-83). En effet, plusieurs cas de blessures dont certaines graves sont signalés. Le danger au niveau du *concasseur* se localise sur sa courroie. Elle n'est pas protégée parce que les *machinistes* la manipulent sans arrêt. Généralement, par manque d'attention, alors que la machine tourne, il suffit qu'un habit trop long et à proximité s'accroche à la courroie pour qu'il y ait une catastrophe. A Kamituga, Les cas de traumatisme sont transférés au centre de santé le plus proche, là est fait un parage chirurgical, et un triage est réalisé. Les accidents causés par les *concasseurs* sont rapidement transférés à l'hôpital général de référence de Kamituga pour leur caractère grave. Elles se concluent le plus souvent par une amputation ou un décès (IPM-16082021-6).

Tous les *machinistes* contactés ont confirmé ne jamais consommer de l'alcool avant d'utiliser leurs *concasseurs* afin de s'assurer que leurs réflexes restent assez aigus et que cela ne les mette en danger. En ce qui concerne le risque de poussière produite par les *concasseurs*, la perception locale de ce problème n'est pas celle de l'ignorance, mais plutôt d'une acceptation fataliste. Un *machiniste* dit : « Je sais qu'il est conseillé de porter le masque, mais je préfère rester sans et juste m'éloigner quand il y a trop de poussière et reprendre quand elle baisse un peu » (I.TR-202104-BN-03).

⁵ Pour limiter la présence et l'accroissement de l'extraction artisanale, la société BANRO qui détient les droits d'exploitation des mines de Kamituga, a restreint l'utilisation des *concasseurs* au site de Calvaire. Au cours des études précédentes (Nkuba et al., 2019 ; Nkuba et al., 2017) les auteurs ont dénombré plus de 50 *concasseurs* dans ce seul site. Cependant, depuis 2021, la société BANRO, à la suite des difficultés financières qu'elle traverse, a renoncé à son droit d'exploitation exclusive et a autorisé les coopératives minières à installer des *concasseurs* à proximité de leurs puits. Le nombre de *concasseurs* installé à différents sites varie de moins de dix dans les petits sites à plusieurs dizaines dans les sites à activité importante.

⁶ Le *domaine* est l'endroit, souvent près des *concasseurs* et d'un cours d'eau, où les creuseurs réalisent la séparation gravimétrique de la poudre de minerais issus des *concasseurs*. Les *domaines* se distinguent des *loutra* par la présence d'une source continue d'eau, pendant que les *loutra* sont des systèmes fermés souvent près des résidences ou des points d'extraction.

Un autre effet des *concasseurs* qui n'est pas analysé à juste titre concerne les creuseurs qui les manipulent au quotidien et s'exposent à des problèmes d'audition sur le long terme. Ceci est particulièrement dangereux pour les *machinistes*. En effet, ceux-ci ont la responsabilité de rester à proximité des machines afin d'intervenir rapidement en cas de problème technique ou en cas d'action pouvant entraîner un accident (ITH-20210415-71). Des exploitants de Misisi confirme ce problème :

« Vous savez, il y a beaucoup de bruits dans lesquels on travaille. Ce qui cause des surdités passagères. Beaucoup de *machinistes* en souffrent. » « Par moments, je n'entends pas bien. Et quand on m'appelle au téléphone, je n'entends pas bien. Il faut que celui qui m'appelle puisse crier beaucoup pour que je l'entende. Mais ça ne me gêne pas beaucoup » (I.TR-202104-pd22).

La solution serait le port d'une protection auditive, mais cela n'est pas fait hélas, et entre-temps ils subissent l'impact de leur exposition.

A part la poussière et le bruit, les *machinistes* s'exposent aussi aux nuisances liées aux gaz d'échappement produits par les moteurs diesel des *concasseurs*. A Misisi, dans la plupart des sites, beaucoup d'exploitants évoquent les maladies respiratoires mais certaines catégories d'exploitants y sont plus exposées à l'image de cet aveu d'un *machiniste* : « Il y a surtout les maladies respiratoires. Nous sommes exposés aux poussières. A part cela, il y a aussi beaucoup de fatigue. Les *foreurs* sont surtout ceux qui souffrent de ce problème de fatigue » (F.TR-202105-PD-18). Outre les *machinistes*, les *doyens* et les *gérants* sont aussi parmi les catégories de travailleurs de la mine les plus exposées aux risques de maladies causées par les poussières. Un *machiniste* de Misisi témoigne : « Les concasseurs dégagent beaucoup de poussières. Nous y sommes exposés. Je connais des *machinistes* qui souffrent déjà beaucoup ; il y en a qui toussent du sang » (I.TR-202104-pd-5). « J'ai vraiment peur de développer certaines maladies que les poussières peuvent causer. J'ai peur de la tuberculose. Je travaille dans un environnement poussiéreux » (I.TE-202105-PD-6).

Basé sur le nombre de *concasseurs* et la quantité moyenne de sacs de minerais broyés par jour, il est évident l'énormité de la quantité de poudre de minerais produite par ces sites. Cette poussière provenant des *concasseurs* est plus dangereuse pour la santé des *machinistes* en particulier car les particules de poussière sont plus fines après le concassage mécanisé comparé à celle du concassage manuel. Selon Entwistle et al. (2019), de nombreux facteurs supplémentaires influencent les effets sur la santé des poussières minières métallifères. Pour estimer le niveau de risque, il est essentiel de comprendre les voies d'exposition (inhalation, ingestion ou absorption cutanée/topique), tout comme la source, la voie de transport et la nature de l'exposition (par exemple, la durée, l'activité). Pour le cas des *machinistes*, par exemple, le temps d'exposition est élevé les exposant davantage. Un infirmier dans une structure sanitaire proche du site Miba 3, à Misisi, le confirme en ces termes : « Si on inhale ces poussières, on peut vraiment développer des maladies. J'ai déjà soigné ici 2 malades qui faisaient une végétation anéroïde, l'un se plaignait de la toux. Une telle toux peut être due à la poussière qu'on inhale » (I.TR-202105-PD-32).

3.2.2. Pollution des rivières

A Kamituga, plusieurs rivières sont polluées par l'EMAPE. Il s'agit entre autres des rivières Kobokobo, Nyasumu, Mobale, Lubyala et Zalya. A cause des activités minières, les rivières polluées ne sont pas utilisées pour les besoins domestiques à part certains travailleurs qui s'y lavent. Toutefois, plusieurs personnes exposées à l'eau sale témoignent des problèmes de peau, diarrhées et des infections urinaires pour les femmes (ITF-20210413-23).

Pour plusieurs creuseurs et riverains des rivières, l'EMAPE pollue les rivières en termes de changement de turbidité (l'eau devient « sale »). Cependant, ils indiquent qu'ils ne peuvent rien y faire car l'exploitation de l'or se fait depuis plusieurs décennies et il est impossible de demander aux creuseurs d'arrêter sans que ceux-ci ne se révoltent contre la décision (IRP-20210415-65). D'autres creuseurs minimisent leur responsabilité en disant que les pratiques de la SOMINKI polluent plus les rivières qu'eux ne le font (D-20210416-80).

En effet, une forte turbidité dans une rivière peut entraîner une baisse de la vue des poissons mais également une obstruction de leurs branchies et ainsi bloquer leur respiration. Les matières en suspension dans l'eau peuvent également, lorsqu'elles se déposent au fond, colmater le lit des rivières et priver ainsi d'apport en oxygène les œufs des poissons (Herbert & Légaré, 2000). De la même manière, le changement de la composition chimique des rivières peut affecter les poissons soit directement à travers leurs branchies par une capture des différents éléments

chimiques lors de la respiration, également à travers la chaîne trophique si ces métaux sont accumulés par des organismes inférieurs (tels les planctons, les algues, la mousse, etc.) dont ces poissons se nourrissent.

En plus, en ce qui concerne le danger sur la santé des populations riveraines, de nombreux cas documentés de valeurs de turbidité élevées dans l'eau associées à des maladies gastro-intestinales (De Roos et al., 2017 ; Hsieh et al., 2015) à travers divers symptômes comme la diarrhée, les vomissements, les nausées et crampes (Muio et al., 2019). Les exploitants miniers banalisent les symptômes digestifs et font de l'automédication à base de plantes. Le traitement de choix est fait de feuille de goyave. Un creuseur dit : « On a souvent mal au ventre, et des diarrhées, mais il nous suffit de mâcher une feuille de goyave, et on se sent mieux » (ITH-202108020-77). C'est lorsque ces symptômes sont subaigus ou chroniques qu'ils vont chez le vendeur de médicament pour un conseil. Les antiparasitaires sont les produits les plus utilisés dans ce sens.

3.2.3. Utilisation du mercure

Outre l'impact des mines sur l'envasement de l'eau, l'EMAPE d'or pollue les rivières par le cyanure et/ou le mercure utilisés au cours du traitement de l'or ainsi que par les autres métaux associés à l'or (Garcia et al., 2015), comme observé dans les milieux d'étude. La contamination des eaux est aussi causée par la mauvaise gestion des rejets/résidus du minerai. Ainsi, certaines rivières où jadis les populations locales pêchaient, n'hébergent plus que les espèces de poissons les plus résistants aux niveaux élevés de pollution dans ces rivières.

Les *cyaneurs* sont des acteurs de la chaîne de production d'or qui se spécialisent dans l'achat des résidus miniers et les traitent au mercure (et non au cyanure comme le nom pourrait laisser à penser). Leur travail est simple de manière générale (I.ME-202104-BN-04). En effet, une fois que les creuseurs ont extrait les pierres des mines souterraines qui représentent le gros de la production (Nkuba et al., 2017), ils font broyer ceux-ci. Les pierres broyées sont ensuite traitées par gravimétrie dans les *loutra*⁷ ou les *domaines*. L'utilisation de ces espaces de traitement est faite en contrepartie des résidus que le creuseur laisse dans le *loutra/domaine* et qui peuvent être revendus aux *cyaneurs*. Ceci est tellement valorisé que le bénéfice obtenu de la vente des domaines constitue souvent un bénéfice plus important pour les propriétaires des machines à concasser (ou plus spécifiquement le bénéfice qu'ils obtiennent après une longue période de travail en se servant des frais de concassage pour gérer les dépenses quotidiennes de l'entreprise) (I.TR-202104-BN-05). Une fois le contenu de ces *domaines* acheté, ils le font transporter vers un lieu de séchage et parfois d'un deuxième broyage. Ces quantités sont ensuite concentrées par gravité et subissent un traitement au mercure.

A Kamituga, deux groupes de *cyaneurs* se distinguent, à la fois par leur origine et leurs techniques de traitement (Kabunga et al., 2021). Le premier groupe est originaire de la mine de Twangiza et est constitué des *cyaneurs* principalement de la tribu Shi, considérés par eux-mêmes et par les autochtones comme étrangers (I.ME-202104-BN-04). Le deuxième groupe est constitué de natifs de Kamituga, principalement de la tribu Lega et ces *cyaneurs* n'ont aucune expérience sur l'extraction en dehors de Kamituga (I.ME-202104-BN-06). Pour ce qui est du matériel qu'ils utilisent pour la concentration du minerai, en effet, pendant que les natifs utilisent des tables de concentration ayant uniquement des gaines de bananiers, les non-autochtones remplacent le dernier mètre des gaines de bananiers par des morceaux de couvertures pour augmenter la capture des particules si fines que les gaines n'arrivent pas à les retenir. Ceci, d'après ces derniers, augmente sensiblement la productivité (I.ME-202104-BN-04).

Plusieurs non-autochtones affirment aussi que leur groupe est responsable de l'introduction de l'utilisation de mercure à Kamituga (I.ME-202104-BN_04). Également, plusieurs creuseurs natifs renseignent que lors des conflits armés de 1998, la société SOMINKI - en faillite depuis 1997 - avait été victime de pillage. Durant ce pillage, les assaillants ont trouvé des fûts remplis de mercure, mais ignorant ce qu'est ce liquide, ils ont vidé les fûts pour ramener

⁷ Les *loutra*, sont des maisons dont les murs et les toitures sont en bâches et ayant à leur centre un fossé de 4m² et 1m de profondeur contenant de l'eau (protégée par une bâche au fond du fossé) où l'on procède à la séparation gravimétrique. A ce niveau cette séparation se fait en plaçant les minerais moulus dans un grand poêle sans manche (*karahi*) et à le secouer en déversant petit à petit l'eau et les particules légères, pendant que l'or et les particules lourdes (concentrés) restent dans le *karahi*. Les particules légères tombant avec l'eau du *karahi* représentent la partie sablo-argileuse du minerai. Celles-ci retombent dans le fossé (couramment aussi appelé *loutra*) et deviennent la propriété du propriétaire de la maison *loutra*, qui les traitera après pour en récupérer l'or qui a échappé à la séparation gravimétrique (Nkuba et al., 2017).

chez eux des fûts vides à utiliser pour différentes tâches domestiques (I.ME-202104-BN-06). C'est probablement après cela qu'au début des années 2000, avec l'arrivée des creuseurs en provenance de Twangiza que l'utilisation du mercure se serait répandue. Jusqu'à présent, les creuseurs à la fois autochtones à Kamituga et en provenance de Twangiza (un site minier localisé dans le territoire de Mwenga), qui ont une bonne expérience avec l'utilisation du mercure gagnent beaucoup plus d'argent soit en formant des plus jeunes non expérimentés, ou soit en employant ces jeunes pour l'assister à *cyaner* et partagent le revenu avec eux.

Les *cyaneurs* semblent ignorer totalement le risque posé par le mercure pour eux et pour leur environnement (IRP-20210415-65). C'est seulement dans quelques rares cas, que certains interviewés reconnaissent avoir entendu parler du fait que le mercure serait un poison (Nkuba et al., 2019). A Misisi par exemple, un creuseur témoigne du danger d'une longue exposition au mercure chez les négociants (dits COPAO):

« Il y a beaucoup de conséquences du mercure. Je connais un COPAO qui est tombé malade. Il a utilisé une petite pièce comme bureau, et en même temps c'est là-bas qu'il dormait. Il y brûlait de l'amalgame d'or, parfois même pendant la nuit. Quand il est tombé malade, il a été emmené à Kigali pour les soins. Et c'est là qu'on lui a dit qu'il y a du mercure dans son corps. Je crois qu'il y en a aussi nombreux parmi les plus anciens *mercuriens* qui doivent avoir de graves problèmes de santé mais les gens ne sont pas informés des dangers du mercure » (I.TR-202105-PD-31).

Cependant, leur manière de travailler permet déjà de réduire sensiblement ce risque grâce à l'utilisation du mercure uniquement sur des concentrés et grâce à la réalisation du traitement dans des trous qui capture celui-ci. Un *cyaneur* peut traiter un concentré provenant d'à peu près 5 sacs de 25 kg de minerais broyé, avec un ratio moyen de 1,8 ; i.e. 1 à 2 grammes de mercure par gramme d'or produit (Nkuba et al., 2018). Généralement, ils préfèrent travailler en équipe et ainsi mettre ensemble le capital nécessaire pour acquérir des *loutra* ou des *domaines* à traiter. Une fois le travail fait, le revenu est réparti proportionnellement au capital investi et au travail réalisé dans le traitement de ce minerai. Au-delà de ces équipes de travail, les *cyaneurs* ont une organisation plus large représentant leurs intérêts face à la pression fiscale ou d'autres formes de pressions extérieures (I.ME-202104-BN-04).

Le traitement au mercure se fait à différents points. A Kamituga, le point principal se trouve à *Calvaire* où opèrent plusieurs dizaines de *cyaneurs*, alors que la majorité d'autres points ont à peine une dizaine et souvent moins de *cyaneurs*. Chacun y creuse un trou pour ainsi pouvoir traiter ses concentrés et retenir dans le trou les résidus qui seraient perdus. L'utilisation du mercure dans un trou ne permet pas de réduire la quantité de mercure utilisée, mais réduit plutôt la quantité rejetée dans l'environnement. Les résidus retombent dans le trou et sont plus tard recyclés pour un autre traitement qui cette fois nécessite beaucoup moins de mercure. Il convient quand même de préciser qu'une partie du mercure récupéré dans le trou de *cyanage* retourne dans les rivières lors du recyclage de l'or qui tombe dans le trou. Cette pratique s'observe aussi dans certains sites miniers au nord-est de la RDC (Nkuba et al., 2018).

En plus de l'utilisation du mercure dans un trou, la couverture de l'amalgame par une feuille lors du brûlage permet de récupérer une partie du mercure utilisé lorsque l'amalgame est brûlé (Nkuba et al., 2018). La majorité de *cyaneurs* utilisent cette technique et pensent qu'ils bénéficient suffisamment du mercure (de l'ordre de 25%) que ceux qui placent cette feuille dans le concentré (I.ME-202104-BN-02). Il convient de préciser que certains *cyaneurs* n'utilisent pas les feuilles de récupération parce que n'en voyant pas le point. Malheureusement, il s'observe une ignorance quasi-totale des technologies de recyclage de mercure, tel le retors (I.ME-202104-BN-01). Cette technologie permet d'utiliser le mercure mais de l'emprisonner lorsqu'on brûle l'amalgame or-mercure. Ceci empêche le mercure de s'évaporer vers l'atmosphère, protégeant ainsi le creuseur mais aussi les populations et écosystèmes avoisinants.

Cependant, bien que la concentration des résidus d'or soit consommatrice de temps et de d'énergie, la totalité de *cyaneurs* s'adonnent à l'utilisation du mercure uniquement sur le concentré. Ceci permet de réduire sensiblement (plus de 80%) la quantité de matière à traiter et par conséquent la quantité de mercure à utiliser. Leur objectif en faisant ainsi n'est pas la protection de l'environnement, mais plutôt de réduire leur coût de production en réduisant la quantité de mercure utilisée. En effet, bien que les creuseurs continuent à utiliser du mercure dans leurs activités, il est très fréquent qu'ils se plaignent du coût élevé du mercure (Nkuba et al., 2018).

En effet, la plupart des creuseurs reconnaissent le mercure et son utilisation mais ne savent pas grand-chose en ce qui concerne les dangers du mercure pour la santé et l'environnement. Certains comparent le mercure à l'acide nitrique et disent que c'est plutôt ce dernier qui est dangereux pour la santé et l'environnement (Nkuba et al., 2019). Les cas d'intoxication au mercure et au cyanure ont des grandes chances de passer inaperçu, parce que grand nombre

du personnel médical ne prend pas connaissance du schéma de production de l'or : « Je ne sais pas ce qui se passe dans les mines, ni les étapes par lesquels il faut passer pour avoir de l'or » (IPM-16082021-6) dit un médecin de la place. Suite à cela, les signes d'intoxication au cyanure et au mercure peuvent être mal interprétés, et ces pathologies passent ainsi inaperçues. Un médecin nous dit : « Sans lire, je ne saurais pas vous dire quels sont les signes d'intoxication au mercure, ni ceux de l'intoxication au cyanure » (IPM-16082021-6). Cette réalité prend en compte les hôpitaux comme les postes de santé. Une sensibilisation auprès du personnel médical sur les technologies et leur danger peut agrandir les pistes diagnostics des médecins de la zone (IPM-20210819-70).

3.2.4. Utilisation du cyanure

Grâce à sa proximité avec la Tanzanie, les usines de traitement des déchets au cyanure se sont installées à Misisi depuis plusieurs années. Le gérant d'une unité de traitement de déchets fonctionnant depuis 2014 et employant à peu près 40 personnes nous dit :

« Nous utilisons beaucoup de choses. Mais les plus importantes sont le cyanure, le carbone, l'acide nitrique, l'acide sulfurique, la chaux, etc. Mais, nous avons beaucoup de difficultés à accéder au cyanure. Nous payons 10% des taxes mais il n'y a aucune contrepartie. Pourtant, en Tanzanie et au Burundi, l'Etat soutient les unités de traitement en leur donnant les intrants tels que le cyanure ».... « Nous travaillons avec des produits chimiques dangereux. Nous y sommes exposés. Le cyanure, c'est dangereux. Nous le savons. C'est pourquoi nous nous efforçons de respecter les conditions de sécurité quand on travaille » (I.TR-202105-PD-23).

Jusqu'à là une seule usine est opérationnelle à Kamituga, installée en 2021, et une deuxième est encore en construction. Cette technologie est la précipitation à base de cyanure de sodium. Contrairement au *cyanage*, celle-ci est exécutée à moyenne échelle. En effet, il s'agit de concessions à investissement important contenant un espace clôturé et gardé par un personnel de sécurité, un bâtiment de traitement et une série de tanks de précipitation de résidus d'or. Le mode opératoire est relativement simple : les citernes sont remplies de résidus de minerais extrait de la rivière auxquels on ajoute de la chaux vive. Ensuite, une solution de peroxyde d'hydrogène, de chaux et de cyanure de sodium est mise en circulation entre les citernes provoquant une précipitation des particules d'or attachée à ces résidus. Le liquide précipité est ensuite conduit vers une série de citernes où il entre en contact avec du carbone chargé et celui-ci retient les particules d'or, pendant que la solution reprend le même cycle pour précipiter encore plus de minerai. Au bout de quelques mois (3 à 4 généralement), le carbone est repris et conduit vers un haut fourneau près de Bukavu, où il est chauffé jusqu'à ne retenir que l'or (I.CY-202104-02).



Figure 3 et 4: Unité de traitement au cyanure, dans un espace clôturé et mieux contrôlé.

Cette unité de traitement emploie plusieurs dizaines d'agents payés soit mensuellement (personnel permanent), soit quotidiennement (personnel journalier). Une des contraintes rencontrées par cette technologie, c'est le fait que le cyanure représente un risque d'abord en elle-même mais aussi, si elle se recombine au mercure. En effet, plusieurs études ont montré que la consommation d'une dose même faible du cyanure peut causer des problèmes incluant des crises d'épilepsie, œdèmes pulmonaires, collapsus cardiaque et même la mort (Desai & Su, 2016 ; HHS and ATSDR, 2006 ; Lawson-Smith et al., 2011).

De par les entretiens et observations réalisés, le personnel de manutention de ce site n'utilise pas toujours d'équipement de protection individuelle et est par conséquent exposé au cyanure à la fois par contact cutané et par inhalation. Cependant, une des précautions prises par l'unité de traitement est de limiter l'accès au laboratoire et à la salle des mélanges au seul personnel formé pour cet effet. Cela réduit les risques des agents d'entrer en contact avec du cyanure à des doses concentrées. Aussi, l'unité donne une ration riche en lait au personnel ayant accès au laboratoire et à la salle des mélanges des produits. Un service ou un équipement d'urgence est à envisager, un paquet contenant un kit minimum fait des antidotes du cyanure (entre autres la nitrite d'amyle, de sodium, du thiosulfate ou de l'hydroxocobalamine (vitamine B12) (Madsen, 2021), un personnel médical doit être formé au préalable dans ce sens. Un autre problème rencontré dans l'utilisation de cette technologie est que les autorités en charge du suivi (SAEMAPE, coordination de l'environnement, etc.) ont des connaissances très limitées sur cette technologie, les rendant incapables d'encadrer ses utilisateurs (I.CY-202104-BN-03).

La convention de Minamata (UNEP, 2013) inclut entre autres principales recommandations, le fait de ne jamais combiner le cyanure au mercure, car cela présente le risque de créer des nouvelles substances aux propriétés bien encore plus dangereuses que le mercure et le cyanure pris séparément. Malheureusement, au niveau de Kamituga, aucun système de contrôle n'est en place pour s'assurer que cela ne se produise pas. Les utilisateurs de mercure opèrent en amont de la rivière où les utilisateurs de cyanure obtiennent leurs matières premières et aucune collaboration n'est mise en place par ces deux parties pour éviter ce genre d'incidents.

3.3. Pendant la phase de la commercialisation

Au niveau des maisons d'achat d'or, il se réalise un processus de nettoyage de l'or apporté par les artisans avant l'achat. Ceci permet en effet aux acheteurs (*négociants*) de ne pas payer pour un poids d'une matière autre que l'or. Cependant, le produit utilisé (acide nitrique à 68% importé de la République de Corée selon les indications imprimées sur le contenant) pour réaliser ce nettoyage est dangereux pour la santé de l'utilisateur. Contrairement aux produits dont l'odeur et la couleur de la fumée sont difficilement perceptibles tel le mercure et le cyanure, les creuseurs et autres voisins des maisons de négoce reconnaissent que l'acide nitrique est un produit dangereux et que c'est un polluant à cause de sa fumée et son odeur (Nkuba et al., 2019). Certains disent que la fumée de l'acide peut causer la tuberculose (ITF-20210413-25). Car l'ingestion ou l'inhalation des vapeurs d'acide nitrique entraînent plutôt des brûlures chimiques gastro-intestinales, des brûlures et inflammations lorsqu'en contact avec la peau et des dommages oculaires lorsqu'en contact avec les yeux (Kolios et al., 2010), les réponses obtenues de la part des creuseurs soulèvent non seulement le manque d'éducation adéquate mais aussi le manque d'intérêt que les creuseurs et autres personnes ont en rapport avec les questions d'environnement et de santé, sauf quand les effets sont facilement perceptibles.

3.4. Prise en charge des victimes

Les pathologies liées aux nouvelles technologies sont nombreuses, les unes y sont directement liées et les autres le sont indirectement. Le système de santé est conçu pour pallier aux demandes de la population mais ses limites viennent des aspects organisationnels du système et du niveau socio-économique de la population cible. Cependant, au-delà de ce système, des pratiques de médecine traditionnelle ont émergé et d'autres moyens de traitement se sont mis en place car la faiblesse du système de santé leur a offert une aubaine, comme le montre les analyses réalisées à Kamituga.

3.4.1. Système de santé formel

Le système de santé de Kamituga comme dans le reste du pays respecte un schéma précis, celui des soins de santé primaires en commençant en bas par les dispensaires offrant un service minimum. Pour faciliter l'accès des populations aux soins, le système part des centres de santé qui à leur tour ont pour référence les hôpitaux de référence (OMS, 2006). Les centres de santé sont partout dans la ville et tous réfèrent les cas graves à l'hôpital général de référence de Kamituga localement encore appelé hôpital de la SOMINKI, vu que dans le passé celui-ci était tenu par la SOMINKI lorsqu'elle exploitait le site de Kamituga. Le bureau central de la zone de santé a enregistré une moyenne trimestrielle de 21503 patients pour les six premiers mois de l'année 2021 et une moyenne trimestrielle de 21654 sur les deux dernières années pour une population entre 100000 et 150000 habitants. La majorité des admissions des creuseurs à l'HGR de Kamituga est constituée d'hommes car ce sont eux qui ont le plus souvent accès aux puits ainsi qu'aux dangers qui s'y rapportent. Les hommes sont aussi plus nombreux que les femmes dans les sites

miniers d'exploitation alluvionnaire et cela augmente la probabilité d'avoir plus de cas en besoin d'accompagnement médical.

Le système de santé officiel de Kamituga est mis en place pour faciliter l'accès aux soins à tout le monde, creuseurs y compris. Toutefois, la principale contrainte aux yeux des bénéficiaires est l'aspect financier (IPM-202104-77). Un creuseur nous dit :

« C'est vraiment difficile. C'est très difficile pour moi de me faire soigner. Si tu n'as pas de moyens, tu vas mourir. Beaucoup de gens sont morts ici parce qu'ils ont manqué de moyens pour se faire soigner. Lorsque vous avez les moyens pour vous faire soigner, vous allez sûrement vous rétablir. Mais lorsque vous n'avez pas d'argent, vous allez mourir comme ça » (FGTH-20210417-97).

Cependant, aucune initiative n'est mise en place pour réduire les coûts des soins. Certains ont voulu créer des mutuelles de santé mais sont restés à l'état de projet non réalisé et aucune forme de service social n'existe. Un membre de coopérative nous dit : « Nous avons eu plusieurs idées pour des mutuelles de santé, cela pourrait même être une spécialité de notre coopérative, mais ce projet n'a jamais débuté, actuellement dans la ville nous n'avons aucune mutuelle de santé » (D-20210416-80).

Les dossiers consultés à l'hôpital général de référence de Kamituga montrent qu'en cas de traumatisme, les signes de fractures sont souvent rapportés. Les plaies (solution de continuité cutanée) ainsi que les contusions sont également rapportées. Les symptômes les plus récurrents sont de nature post traumatique, avec une notion de gravité à types d'impotence fonctionnel ou de douleur intense. Aussi, il est remarqué que les exploitants miniers ne viennent consulter à l'hôpital que quand ils (ou leur entourage) estiment que la lésion est grave. Cette observation est aussi faite en cas de troubles respiratoires pour lesquels les signes rapportés sont la fièvre, la toux, les douleurs thoraciques, les difficultés à respirer (dyspnées) ainsi que les hémorragies des voies respiratoires (hémoptysie). La notion de chronicité et/ou de gravité est généralement nécessaire pour pousser les gens à aller consulter.

A Kamituga, les pathologies parasitaires et bactériennes sont surtout celles qui sont liées à l'hygiène et celles qui sont pandémiques. La tuberculose est l'une des maladies les plus courantes. Un creuseur nous dit :

« Le plus grand problème est la tuberculose. Nous avons beaucoup de cas de tuberculose. On développe des troubles respiratoires, on va à l'hôpital pour apprendre que l'on a la tuberculose. On ne peut pas se moquer de ceux qui l'ont, parce qu'elle peut tous nous toucher n'importe quand » (FGTH-202104-31).

La tuberculose est prise en charge gratuitement à l'hôpital général de référence. Le diagnostic ainsi que les tests para-cliniques et le traitement sont faits suivant le protocole national PATI 5. La promiscuité et l'exposition à la poussière de silice sont les deux facteurs majeurs responsables des toux chroniques chez les orpailleurs, en causant la silicose ainsi que ses complications et en facilitant l'apparition de la tuberculose. Un creuseur nous dit :

« Le problème de silice, nous n'en parlons plus, nous savons que nous sommes exposés à la poussière de silice. La silicose n'est plus une maladie, c'est notre nature. A cause d'elle, nous sommes amortis étant encore jeunes » (IA-20210417-95).

En cas de silicose, le risque de faire la tuberculose est multiplié par 30 (Chávez-Galán et al., 2013 ; Abigail, 2020). L'association entre l'exposition à la silice, la silicose et la tuberculose est par exemple rapportée dans une étude menée à Cape Town en Afrique du sud (Ehrlich et al., 2011). Les activités qui exposent le plus à la poussière de silice sont le forage, le broyage, le dynamitage (Richard et al., 2015) et le concassage. Quelques études comme celle de Katoto et al. (2018) montrent que dans plusieurs sites du Sud-Kivu, l'exposition à la pollution de l'air est significativement associée à la toux chronique chez les survivants de la tuberculose pulmonaire.

En plus dans les mines, le paludisme est une maladie omniprésente car le cadre d'EMAPE est riche en eau stagnante propice à la reproduction des moustiques (OMS, 2021). Un des creuseurs dit : « La maladie la plus courante est le paludisme. Quand j'ai la salive amère, et des troubles articulaires, je vais me fournir en antipaludéens à la pharmacie » (ITH-20210413-39). Comme dans une étude menée en Côte d'Ivoire (Wandan, 2015), la présence d'eau stagnante sur les sites est directement associée aux cas de paludisme chez les creuseurs. Dans la ville de Kamituga se trouvent plusieurs dispensaires animés par des infirmiers et spécialisés dans la prise en charge du paludisme simple et depuis août 2012, certains le traitent gratuitement. Toutefois, dès que les signes de gravité apparaissent, un transfert vers

l'hôpital se réalise, mais cela arrive assez rarement, vu que beaucoup de patients se limitent à consulter les vendeurs de médicaments comme cela est expliqué dans la section suivante.

Outre les maladies développées précédemment, les médecins notent aussi la hausse des cas de *Helicobacterium pylori* (bien qu'il ne soit dépisté qu'en un seul hôpital) et la présence de la fièvre typhoïde. Un médecin de la place dit : « Il y a une augmentation remarquable des cas dépistés positifs au *H. pylori* ici chez nous, et nous avons beaucoup des cas des maladies des mains sales, la fièvre typhoïde » (IPM-16082021-6). L'hygiène n'est pas une priorité dans les sites miniers, le risque étant que ces maladies contaminent plusieurs creuseurs par voies féco-orale ou salivaire (Wandan, 2015). Le dépistage est la prise en charge de ces maladies se fait dans les hôpitaux, où des traitements antibiotiques sont généralement prescrit.

Une étude menée en Tanzanie qui analyse les types de relations et de comportement sexuel dans les régions minières (Bryceson et al., 2013) montre comme à Kamituga, qu'il y a plusieurs catégories de cohabitations. Parmi ceux-ci on note des foyers éphémères et une forte prostitution contrairement à d'autres milieux ruraux où la cohabitation est quasi-exclusivement basée sur le mariage et où la prostitution est très faible. Cela est en grande partie dû au fait que les zones minières attirent beaucoup de personnes non-autochtones, particulièrement des jeunes hommes célibataires. Une des conséquences de cet état des choses est la multiplicité des partenaires sexuelles ainsi que la propagation de différentes maladies sexuellement transmissibles (blennorragie, syphilis et VIH en particulier). Une femme qui travaille dans les mines dit : « Nous avons des nombreux cas de blennorragie et de VIH ici. L'autre jour j'étais à l'hôpital et à côté de moi, une fille de 15 ans avait la blennorragie » (FGF-20210416-84).

Une grande résistance de la population à l'usage des préservatifs accentue cette contagion ainsi que les cas des grossesses précoces chez les adolescentes. Un femme creuseur nous dit :

« Je suis mariée. Mais moi, comme mon mari a de besoin; si quelqu'un me donne 5000 FC (2,5 USD) pour coucher avec moi, je les prends. Mais ici les hommes comme les femmes nous n'aimons pas les préservatifs, donc nous faisons les coïts sans » (FGFT-14092021).

Les femmes prostituées venant d'ailleurs, entre autre du Burundi, de Bukavu et Goma insistent sur l'usage de préservatifs, mais les natives de Kamituga offrent une forme de prostitution discrète et cela passe souvent sous forme de partenariat sexuel. Une situation similaire est remarquée au Burkina-Faso sur le site de Forfora (Sawadogo, 2011). Outre les MST, les travaux durs chez l'homme comme chez la femme entraînent à court terme des douleurs ostéo-articulaires et musculaires. Une femme travaillant dans le site dit : « Je ne sais plus me tenir debout tellement ma hanche fait mal après le travail » (FGFT-20210414-49).

3.4.2. Système de santé informel

Par habitude, coutume ou par manque de moyens, plusieurs habitants de Kamituga ne suivent pas la voie des soins de santé primaires. Les vendeurs de médicaments, les sorciers et tradipraticiens sont souvent préférés à la place du système médical moderne. A Kamituga, les pharmacies font office de postes de santé en offrant des consultations gratuites. Cependant, il convient de noter que dans la plupart des cas, ces vendeurs de médicaments n'ont aucune formation pharmaceutique, médicale ou paramédicale, mais apprennent progressivement au fil du travail ou de leur prédécesseur. Comme le dit un des résidents de la ville : « Je vais chez le pharmacien, j'explique comment je me sens et lui me dit quel médicament je dois prendre » (ITF-20210413-24). Un des vendeurs dit : « Je n'ai pas fait d'études médicales, mon oncle a ouvert une pharmacie, je suis venu l'observer pendant quelque temps avant qu'il ne me cède la gestion de sa pharmacie » (IPM-08092021-11).

Le problème qui se crée avec les vendeurs de médicaments est qu'en plus des consultations gratuites, les patients n'ont pas besoin d'aller jusqu'au bout de leur traitement. Il leur suffit de voir les symptômes disparaître pour arrêter les traitements. Un vendeur de médicaments a dit :

« On prescrit le traitement, si le patient n'a pas assez d'argent, on lui donne le nombre de comprimés correspondant à son argent, et on lui demande de venir acheter le reste quand il aura plus d'argent. Mais en général, ils ne reviennent pas. Il leur suffit de se sentir mieux pour arrêter le traitement » (IPM-08092021-12).

A Kamituga, la population a souvent recours au système de santé informel en offrant des conseils sur des traitements traditionnels pour des plaintes courantes mais parfois aussi pour des maladies assez complexes. Un creuseur de 20 ans dit :

« La jaunisse est une maladie causée par la rate, mais c'est une maladie chez l'enfant. Aux environs de deux ans, trois ans, une année, quatre ans et cinq ans. C'est une maladie que j'ai apprise à soigner par ma mère. Le traitement est à base de plantes, je n'en connais pas les noms mais je sais les identifier par l'apparence et l'odeur. Je soigne les enfants de tout âge » (FGHT-20210821-97).

En plus, après que certains patients/clients aient pris un traitement, ils ne l'oublient pas pour que quand ils auront de nouveau les mêmes symptômes ils peuvent l'utiliser, ou pour prodiguer des conseils à leur tour aux personnes de leur entourage qui présentent les mêmes symptômes. Un creuseur dit: « Quand un médicament qui a été prescrit t'a aidé, tu t'en sers comme médicament pour te soigner chaque fois que tu as le même problème » (ITH-20210415-73).

Au groupe des vendeurs de médicaments en pharmacie s'ajoute celui des vendeurs ambulants qui sont aussi des tradipraticiens, prétendant soigner plusieurs pathologies grâce à des traitements spéciaux. C'est un métier qui se transmet de père en fils et sans une formation connue et/ou supervisée par l'Etat. Les vendeurs de médicaments ambulants ne soignent que des pathologies mineures. Un d'eux nous dit : « Je suis depuis longtemps dans ce métier, je l'ai appris en écoutant et en observant mon père » (IPM-20210819-72). Pour certaines maladies associées à des phénomènes mystiques ou incompris ainsi que pour les plaies mineures, les patients s'orientent souvent chez les tradipraticiens, et parfois chez des sorciers. Toutefois, lorsque ceux-ci reçoivent des cas graves, certains transfèrent les patients à l'hôpital quand ils pensent ne pas être capable de soigner la maladie. Un vendeur ambulant/tradipraticien dit: « Ici nous ne traitons pas les cas compliqués. Nous ne traitons que les problèmes bénins. Nous ne touchons pas aux cas graves » (IPM-20210819-72). Certains autres, par contre, qui sont tradipraticiens occultes agissant par des incantations et des pratiques mystiques, pensent être meilleurs que les hôpitaux et les tradipraticiens et ne trouvent donc aucune utilité à transférer un patient chez le médecin. Un pratiquant de magie occulte nous dit :

« Si nous échouons, nous ne pouvons transférer que chez le pasteur. Avant de nous voir, les patients sont généralement passés voir des médecins et des tradipraticiens. Nous sommes alors leur dernière option. Au-delà de nous il n'y a que les pasteurs. Si nous échouons nous ne pouvons qu'envoyer nos patients à l'église » (IPM-20210818-43).

En conclusion, deux catégories de patients ressortent des voies informelles. Premièrement, ceux qui vont d'emblée voir le tradipraticien et en cas de non guérison vont soit chez les médecins ou chez les sorciers, mais aussi ceux qui ont vu le médecin mais vont par la suite recourir aux sorciers en cas de non guérison. Deuxièmement, l'autre catégorie de patients est constituée de personnes qui ont consulté auprès d'un médecin et en cas de non guérison font recours aux tradipraticiens ou aux sorciers qui, à leur tour, envoient les patients chez les pasteurs en cas d'échec.

3.4.3. Connaissances du personnel médical et matériel de prise en charge

Les postes de santé dans la région de Kamituga ne prennent en charge que les cas de paludisme simple. Leur personnel est uniquement composé d'infirmiers, 2 à 3 maximum par poste. Les centres de santé ont généralement un à deux médecins qui en sont responsables, secondés par des infirmiers. Les laboratoires sont équipés du kit minimum pour les examens, l'hémogramme étant l'examen que tous peuvent facilement réaliser. En outre, les services d'imagerie ne comprennent qu'un échographe fonctionnel pour chaque centre et la prise en charge des grands blessés y est généralement impossible. Le médecin d'un des centres de la place dit : « Il nous est impossible de prendre en charge une fracture déplacée sans radiographie, nous sommes obligés de transférer les blessés à l'hôpital général de référence » (IPM-20210819-70). Aussi, la grande majorité des centres ne sont pas équipés de respirateurs, ce qui les rend incapable de prendre en charge les cas d'asphyxie. Les centres de santé qui ont des respirateurs n'en possèdent qu'un et ne peuvent donc s'occuper que d'un seul patient à la fois. C'est à l'HGR que l'on retrouve au minimum un médecin généraliste traitant par département et des outils de diagnostic un peu plus avancés. Toutefois, les soucis logistiques dans le réapprovisionnement des réactifs retardent souvent la prise en charge des malades. Un infirmier de l'HGR Kamituga dit : « Nous sommes souvent en carence de réactifs au laboratoire, à la pharmacie et à la radiographie, nous manquons souvent de gants. L'hôpital n'a pas d'appui, ce qui rend la gestion un peu compliquée » (IPM-20210817-26).

Le diagnostic et la prise en charge des pathologies comme la tuberculose sont possibles et le traitement est fourni gratuitement. En ce qui concerne la silicose, seule la radio permet d'en faire le diagnostic mais la prise en charge reste hors des moyens disponibles à l'hôpital. Un des médecins dit :

« Parfois nous arrivons à identifier la silicose, généralement c'est à des stades avancés, par la radiographie, mais le plus souvent il est à confondre avec la tuberculose. Nous ne savons pas prendre en charge les cas de silicose, et donc s'ils sont critiques, nous les transférons à Bukavu » (IPM-20210816-6).

Les victimes des mines sont difficilement prises en charge à cause des carences en équipements censés être fournis par la pharmacie de l'HGR. L'imagerie est parfois non fonctionnelle et inadéquate pour repérer les lésions. Des pathologies comme la silicose ne peuvent pas être soignées et sont diagnostiquées après des longs traitements antituberculeux. Les cas des douleurs ostéo-articulaires sont généralement pris en charge par les pharmaciens, avec les anti-inflammatoires non stéroïdiens comme le diclofénac et l'ibuprofène. Un pharmacien dit : « Les anti-inflammatoires non stéroïdiens sont les médicaments les plus achetés chez moi, suivis par le cotrimoxazole pour les différentes infections uro-génitales » (IPM-20210818-42).

3.4.4. Hygiène

Dans les sites miniers, l'hygiène n'est pas une priorité. Ceci s'observe au niveau des puits, aux lieux d'aisance, aux lieux où les creuseurs se baignent et dans les restaurants. Les creuseurs une fois dans les puits, fument, mangent, urinent et défèquent sans se soucier de l'hygiène. Un creuseur nous dit :

« ... à l'intérieur du puits il y a un peu de tout. Il y a ceux qui fument, boivent, et y dorment. Les toilettes, n'en parlons même pas, il suffit que l'on soit seul pendant une minute pour se soulager, pour les grands comme les petits besoins » (FGHT-20210821-97).

Quelques toilettes sont dispersées dans les sites miniers mais il n'y en a pas assez pour tout le monde. L'eau des rivières est aussi souillée par les selles, les urines et par les rejets extraits de l'exploitation minière. Une femme nous dit : «... Nous ne connaissons pas l'hygiène ici, nous faisons nos besoins dans les eaux de surface ou dans les bois, et nous faisons nos bains intimes dans ces mêmes eaux » (FGFT-20210416-83). En conséquence, certains creuseurs se plaignent de démangeaisons après les journées de travail dans l'eau (IPM-920210821-97), et les vendeurs de médicaments sont ceux qui sont les plus consultés dans ce cas. Comme traitement, l'ivermectine, un médicament utilisé en cas de parasitose comme la gale (Christiaens et al., 2020), est le médicament que toutes les pharmacies recommandent (IPM-08092021-13). Il est prescrit pour tout type de démangeaison et l'étiologie importe peu dans la prise en charge car seul le symptôme est considéré.

Outre les questions d'insalubrité du milieu, il se pose aussi le problème de la qualité de l'eau consommée par les creuseurs sur leur site de travail. L'eau de boisson utilisée dans les restaurants provient soit des sources souterraines situées dans les montagnes un peu éloignées des mines, sans traitement spécial, soit de la ville. Il est aussi remarqué que la nourriture est souvent conservée à l'air libre, exposée à la poussière et aux fumées produites par les *concasseurs*. Pour pallier aux problèmes d'hygiène dans les mines, l'éducation et la sensibilisation se présentent donc comme les meilleurs moyens afin d'éviter les conséquences liées à l'insalubrité des sites miniers.

3.5. Possibilité d'adoption de technologies propres

Une technologie propre est une méthode de fabrication permettant, d'une part, l'utilisation la plus rationnelle possible des matières premières et de l'énergie et, d'autre part, la réduction de la quantité d'effluents polluants l'environnement et ce à un coût économiquement acceptable (Laforest & Berthéas, 2005). Or, les technologies utilisées dans l'EMAPE d'or en RDC ne peuvent pas être considérées comme étant « propres ». Une des raisons est le fait que l'EMAPE en RDC comme dans les autres pays en développement est considérée comme une activité largement motivée par la pauvreté, laissant ainsi peu de marge aux acteurs d'investir dans leur sécurité (Sinding, 2005 ; Tschakert & Singha 2007). Toutefois, depuis plus ou moins une décennie, on observe de plus en plus de concentration de capital financier et une introduction de nouvelles technologies dans des sites d'EMAPE (Verbrugge & Geenen, 2019). Bien que la plupart des travailleurs soient toujours poussés vers le secteur par la pauvreté et le manque d'alternatives, une classe de financiers a fait de sorte que beaucoup d'opérations d'EMAPE soient élevées au-dessus du niveau de subsistance. Des nouvelles technologies comme les *concasseurs* mécanisés, les dragues, le traitement par le cyanure ont ainsi été introduites (Verbrugge & Geenen, 2019) et ceci a accentué les impacts sur l'environnement en présentant des nouveaux risques.

Dans de nombreuses régions du monde, les problèmes liés aux coûts découragent les mineurs d'adopter des technologies alternatives plus responsables. Comme Hinton et al. (2003a, p. 102) expliquent : « ... un mineur artisanal ne paiera pas un dollar pour un équipement ou une technique qui ne rapporte pas 2 USD », car le secteur est généralement composé d'individus qui luttent pour gagner un salaire journalier (Hilson, 2006). En outre, l'implication active des mineurs est primordiale car les mesures de réduction de la pollution causée par les mines sont plus efficaces si les membres de la communauté EMAPE sont directement impliqués dans le développement de toute initiative (Hinton et al., 2003a). La dimension économique est donc étroitement liée aux dimensions environnementales et sociales car la principale raison de l'augmentation continue du nombre de personnes qui s'impliquent dans l'EMAPE de l'or est la motivation économique et l'inégalité sociale.

Une exploitation minière durable doit pouvoir avoir un impact positif sur les 5 piliers de développement durable : économique, écologie/environnement, efficacité, sécurité et santé au travail et la communauté sociale (Kumar, 2014). Les impacts négatifs de l'EMAPE ne sont pas conformes aux 5 piliers (Laurence, 2011 ; Prabawa et al., 2019). Les interventions technologiques efficaces ont un impact significatif sur l'environnement et les objectifs économiques (Prabawa et al., 2019).

Dans le but d'adopter des technologies propres dans l'EMAPE d'or, plusieurs auteurs se sont surtout intéressés à la possibilité de réduire ou abandonner l'utilisation du mercure (Hilson, 2006 ; Cordy et al., 2015 ; Zolnikov & Ortiz, 2018). Veiga et Fadina (2020) ont regroupé les efforts visant à réduire/éliminer le mercure lors de l'exploitation artisanale de l'or en trois grandes catégories à savoir: (1) les approches environnementales et sanitaires à travers l'adoption des technologies alternatives ; (2) les approches éducatives ; (3) la formalisation ou approches juridiques. En ce qui concerne les technologies alternatives, pour réduire l'utilisation du mercure, il y a plus de trente ans déjà, Veiga (1997) a proposé : (1) d'arrêter la fusion de l'amalgame ; (2) l'utilisation de plaques spéciales à base de Hg pour amalgamer l'or à partir de concentrés gravitaires ; (3) l'utilisation de cornues pour séparer le mercure de l'or ; (4) l'utilisation de filtres dans les ateliers de fusion de l'or. De nombreux auteurs montrent une réussite dans leur tentative d'utilisation de techniques alternatives au mercure. Cordy et al. (2015) par exemple, en utilisant les changements dans l'infrastructure de traitement de l'or comme indicateur, ont augmenté la production d'or à Ségovie de 30% et leurs efforts ont réduit les concentrations de mercure dans l'air urbain jusqu'à 80%.

Des interventions éducatives sont aussi proposées et mises en œuvre dans quelques régions du monde pour lutter contre la pollution au mercure. Zolnikov et Ortiz (2018) ont révisé les méthodes d'éducation utilisées dans plusieurs pays dont le Mozambique, l'Indonésie, le Soudan, la Tanzanie, le Brésil, le Zimbabwe, l'Équateur, le Pérou et la Colombie. La plupart d'interventions éducatives dans plusieurs pays ont visé à sensibiliser les mineurs à l'exposition au mercure et à faire la démonstration de technologies plus propres. Dans le cadre du développement des programmes de mise en place de technologies responsables et d'assistance technique aux communautés locales, la prise en compte de la diversité des origines (culturelles, religieuses, économiques, etc.), du niveau de connaissances et des perceptions variées des individus dans les communautés EMAPE est fondamentale.

Veiga et al. (2015) par exemple, ont adopté une approche visant à dispenser des cours théoriques sur des sujets tels que les technologies plus propres, la minéralogie, la santé et la sécurité dans les mines, les politiques et réglementations, et la formation sur des techniques plus efficaces dans une usine de démonstration pour former les mineurs au Pérou. Les mineurs ont eu l'occasion d'apprendre de nouvelles opérations minières et se sont rendus compte que leurs processus rudimentaires étaient très inefficaces pour extraire et récupérer l'or à partir de minerais sulfurés complexes. Grâce aux formations combinées à la vente du concentré avant l'amalgamation (car les acheteurs de minerai de la région de Piura donnaient une meilleure offre aux mineurs qui vendaient leurs concentrés pour 50% de la teneur en or analysée par les laboratoires locaux), les niveaux de mercure dans la région ont été réduits d'au moins 50% par rapport aux niveaux précédents (Veiga et al., 2015).

En plus de technologies alternatives et de l'éducation environnementale, d'autres approches comme la formalisation ou les approches juridiques se concentrent sur la mise en place de réglementations pour les mineurs artisanaux afin de les formaliser, c'est-à-dire de légaliser leurs activités et de travailler avec des techniques adéquates pour améliorer la récupération de l'or et réduire les impacts environnementaux et sanitaires (Marshall & Veiga, 2017 ; Veiga & Fadina, 2020). Cependant, car la plupart des efforts visant à introduire des pratiques meilleures et plus durables nécessitent la formalisation des activités, il semble se créer une contradiction avec les caractéristiques fondamentales du secteur, qui est largement informel.

Ainsi, le contexte dans lequel l'EMAPE de l'or se déroule est important à apprécier avant de concevoir des interventions pour améliorer la durabilité sociale et environnementale de l'exploitation minière artisanale (Karkare, 2020). Veiga et Fadina (2020) montrent aussi que l'obsession des gouvernements à rendre l'EMAPE de l'or légal et de payer des impôts crée plus d'illégalité. Le mercure par exemple passe en contrebande d'un pays à un autre, le prix augmente et les intermédiaires, qui vendent du mercure à des prix élevés et achètent de l'or à des tarifs moins chers, sont les principaux bénéficiaires de cette solution. Ainsi, sans une structure adéquate et l'éducation requise, la formalisation est inefficace et n'élimine pas le problème. A Kamituga et Misisi, l'adoption de technologies responsables devrait donc commencer par l'éducation et la formation de toutes les parties prenantes, ensuite par la formalisation de l'EMAPE d'or. L'adoption de technologies alternatives plus propres rencontrerait plus de contraintes liées non seulement aux coûts mais aussi aux habitudes des creuseurs qui pour la plupart ne s'intéressent pas aux questions environnementales.

4. CONCLUSION

Cet article a commencé par présenter la littérature sur les technologies utilisées à Kamituga (section 1), entre autres les *concasseurs*, le mercure, le cyanure et l'acide nitrique, ainsi que leurs impacts sur l'économie, la santé et l'environnement. Il a ensuite présenté les deux milieux d'étude, Kamituga et Misisi, et la méthodologie utilisée pour comprendre les effets de ces technologies et la perception de la population locale (section 2). En dernier lieu (section 3), il a présenté les résultats obtenus à travers ces deux études.

En effet, malgré que la production responsable et durable de l'or est un idéal qui échappe continuellement aux scientifiques, activistes et organisations de développement (Bloomfield & Maconachie, 2021), un grand nombre de communautés rurales, particulièrement dans les pays en développement, dépendent de cette ressource pour leur survie. Dans le but d'augmenter leur rendement, les creuseurs recourent à différentes technologies, bien que celles-ci présentent souvent des risques. Cette étude contribue à apporter la confirmation, qu'excepté pour les risques difficilement perceptibles, tels l'intoxication au mercure et au cyanure, les creuseurs et autres acteurs du secteur sont bien informés des risques que ces technologies présentent pour eux, pour leurs communautés et pour leur environnement. Elle montre aussi, que ceux-ci mettent en place différents mécanismes pour se protéger de ces risques et s'en soigner les cas échéant. En effet, ayant un accès limité au système sanitaire, ils utilisent différents mécanismes de soins et prise en charge rapide pour différentes maladies et accidents. Cependant, malgré ces mécanismes de soins, une très faible connaissance en rapport avec l'adoption des technologies responsables est observée dans le déroulement des activités. L'étude recommande ainsi pour une meilleure protection de la santé et l'environnement des creuseurs, d'augmenter l'accès à l'information sur les technologies responsables et une collaboration des parties prenantes impliquées dans l'implémentation de ces technologies.

Bibliographie

Abigail, R.L. (2020). *Silicose - Troubles pulmonaires - Édition professionnelle du Manuel MSD*. Récupéré de <https://www.msmanuals.com/fr/professional/troubles-pulmonaires/maladies-pulmonaires-liées-à-environnement/silicose>

Air Products and Chemicals, Inc. (2009). Safetygram #17. *Dangers of Oxygen-Deficient Atmospheres*. USA. Récupéré de <http://safe.engineering.asu.edu/wp-content/uploads/2011/12/Dangers-of-Oxygen-Deficient-Atmospheres.pdf>

Bafilemba, F., Mueller, T., & Lezhnev, S. (2014). *The Impact of Dodd-Frank and Conflict Minerals Reforms on Eastern Congo's Conflict*. The enough project.

Bakir, F., Damluji, S., Amin-Zaki, L., Murtadha, M., Khalidi, A., Al-Rawi, N., Tikriti, S., & Dhahir, H. (1973). Methylmercury poisoning in Iraq. *Science, New series*, 181, 230-241

Balakrishnan, K., Cohen, A., & Smith, K. R. (2014). Addressing the burden of disease attributable to air pollution in India: the need to integrate across household and ambient air pollution exposures. *Environmental Health Perspective*, 122(1). A6-A7.

Baud, F. J., Borron, S. W., Bavoux, E., Astier, A., & Hoffman, J. R. (1996). Relation between plasma lactate and blood cyanide concentrations in acute cyanide poisoning. *Bmj*, 312(7022), 26-27.

- Bloomfield, M. J., & Maconachie, R. (2021). *Gold*. Cambridge, UK; Medford, MA: Polity Press, 2020. Series: Resources.
- Boening, D.W. (2000). Ecological effect, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere*, 40(12), 1335-1351.
- Bryceson, D. F., Jønsson, J. B., & Verbrugge, H. (2013). Prostitution or partnership? Wife styles in Tanzanian artisanal gold-mining settlements. *Journal of Modern African Studies*, 51(1), 33-56.
- Chávez-Galán, L., Ramon-Luing, L. A., Torre-Bouscoulet, L., Pérez-Padilla, R., & Sada-Ovalle, I. (2013). Pre-exposure of Mycobacterium tuberculosis-infected macrophages to crystalline silica impairs control of bacterial growth by deregulating the balance between apoptosis and necrosis. *PLoS ONE*, 8(11).
- Christiaens, T, Loof, G. et Maloteaux, J.M. (2020). *Répertoire commenté des médicaments*. centre belge d'information pharmacothérapeutique. Récupéré de <https://apps.who.int/medicinedocs/fr/d/Js2291f/>
- Cordy, P., Veiga, M., Bernaudat, L., & Garcia, O. (2015). Successful airborne mercury reductions in Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 108, 992-1001.
- De Brier, G., & Southward, F. (2015). La chaîne d'approvisionnement des minerais et ses liens avec le conflit dans l'est de la RDC : bilan des 5 dernières années. *Conjonctures Congolaises, 2014-2015*, 87-112.
- De Putter, T. (2011). Considérations et perspectives sur la question de l'exploitation illégale des ressources minérales dans la région des Grands Lacs et sur le Dodd Frank Act américain. *Conjonctures Congolaises, 2010-2011*, 61-74.
- De Roos, A.J., Gurian, P.L., Robinson, L.F., Rai, A., Zakeri, I., & Kondo, M.C. (2017). Review of epidemiological studies of drinking-water turbidity in relation to acute gastrointestinal illness. *Environmental Health Perspectives*, 125(8).
- Desai, S., & Su, M. (2012). *Cyanide poisoning*. UpToDate. Waltham, MA.
- Dupré, B., Gaillardet, J., Rousseau, D., & Allègre, G. (1996). Major and trace-elements of rivers borne material: the Congo Basin. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66, 1301-1321.
- Ehrlich, R., Akugizibwe, P., Siegfried, N., & Rees, D. (2021). The association between silica exposure, silicosis and tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. *BMC public health*, 21(1), 1-18.
- Entwistle, A., Hursthouse, P., Reis, M., & Stewart, G. (2019). Metalliferous Mine Dust: Human Health Impacts and the Potential Determinants of Disease in Mining Communities. *Jane A. Current Pollution Reports*, 5, 67–83.
- Gall, F. J. (2016). *Anatomie et physiologie du système nerveux en général et du cerveau en particulier*. Récupéré de <https://livre.fnac.com/a11924004/Franz-Josef-Gall-Anatomie-et-physiologie-du-systeme-nerveux-en-general-et-du-cerveau-en-particulier>
- Garcia, O., Veiga, M., Cordy, P. Suescun, O., Molina, J., & Roeser, M. (2015). Artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: a successful case of mercury reduction. *Journal of Clean Production*, 90, 244-252.
- Geenen, S. (2015). African artisanal mining from the inside out. *Access, norms and power in Congo's gold sector*, Routledge, Abingdon.
- Goldstein, M. (2008). Carbon monoxide poisoning. *Journal of Emergency Nursing*, 34, 538-542. doi: 10.1016/j.jen.2007.11.014
- Health Protection Agency (HPA). (2007). *Nitric acid*. Toxicological overview. USA.
- Hérbert, S., & Légaré, S. (2000). *Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement*. Envirodoq no ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, 24 p. et 3 annexes.

HHS & ATSDR. (2006). *Cyanide*. U.S. Department of Health & Human Services (HHS), Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Récupéré de <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts8.pdf>

Hilson, G. (2006). Abatement of mercury pollution in the small-scale gold mining industry: Restructuring the policy and research agendas. *Science of the Total Environment*, 362, 1-14. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2005.09.065

Hinton, J.J., Veiga, M.M., & Beinhoff, C. (2003a). Women, mercury and artisanal gold mining: risk communication and mitigation. *Journal de Physique IV* 107 , 617-620

Hinton, J.J., Veiga, M.M., & Veiga, T.C. (2003b). Clean artisanal gold mining: a utopian approach? *Journal of Cleaner Production*, 11, 99-115.

Hsieh, J.L., Nguyen, T.Q., Matte, T., & Ito, K. (2015). Drinking water turbidity and emergency department visits for gastrointestinal illness in New York City, 2002-2009. *PLoS One*, 10(4), e0125071.

Hund, K., Megevand, C., Gomes, M., Miranda, M., & Reed, E. (2013). *Dynamiques de déforestation dans le bassin du Congo: Réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt. Document de travail n°4 EXPLOITATION MINIÈRE*. Récupéré de https://www.profor.info/sites/profor.info/files/Mines_Sectoral%20Report_FR_FINAL_may13_0.pdf

Hund, K., Schure, J. M., & Van der Goes, A. (2017). Extractive industries in forest landscapes: Options for synergy with REDD+ and development of standards in the Democratic Republic of Congo. *Resources Policy*, 54, 97-108.

Kabunga Dunia, P. & Geenen, S. (2021). « Ça ne finit jamais ». Transformations technologiques et régimes de travail dans les mines au Sud-Kivu, RDC. *institute of development policy and management. Global Mind*. CEGEMI.

Kamundala, B.G., & Ndungu, M.A. (2017). *Etude de base sur la situation socio-économique des ménages vivant dans et autour des sites miniers du Sud-Kivu*. BGSM-GIZ & CEGEMI-UCB.

Karkare, P. (2020). *Understanding the use and trade of toxic chemicals in artisanal gold mining: The case of Burkina Faso*. The European Centre for Development Policy Management, Briefing note No. 125.

Katoto, P.D., Murhula, A., Kayembe-Kitenge, T., Lawin, H., Bisimwa, B.C., Cirhambiza, J.P., Musafiri, E., Birembano, F., Kashongwe, Z., Kirenga, B. and Mfinanga, S. (2018). Household Air Pollution Is Associated with Chronic Cough but Not Hemoptysis after Completion of Pulmonary Tuberculosis Treatment in Adults, Rural Eastern Democratic Republic of Congo. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 2563.

Kilosho, J., Kamundala, G., & Ndungu, A. (2012). Traçabilité des produits miniers dans les zones de conflit au Sud-Kivu. *Conjonctures congolaises*, 2012, 115-142.

Kolios, L., Striepling, E., Kolios, G., Rudolf, K.D., Dresing, K., Dorges, J., Sturmer, K.M., & Sturmer, E.K. (2010). The Nitric acid burn trauma of the skin. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 63, 358-363.

Kumar, N.P. (2014). Review on sustainable mining practices. *International Research Journal of Earth Sciences* 2(10), 26-29.

Laforest, V., & Berthéas, R. (2005). Ambiguïté entre technologies propres et meilleures techniques disponibles. *Vertigo*, Volume 6 Numéro 2,

Laurence, D.C. (2011). Establishing a sustainable mining operation: an overview. *Journal of Cleaner Production* 19(2-3), 278-284.

Lawson-Smith, P., Jansen, E. C., & Hyldegaard, O. (2011). Cyanide intoxication as part of smoke inhalation-a review on diagnosis and treatment from the emergency perspective. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*, 19(1), 1-5.

Madsen, J.M. (2021). *Agents de guerre chimique asphyxiants systémiques - Blessures; empoisonnement*. Édition professionnelle du Manuel MSD. Récupéré <https://www.msmanuals.com/fr/professional/blessures-empoisonnement/armes-de-destruction-massive/agents-de-guerre-chimique-asphyxiants-systémiques?>

Marshall, B. G., Veiga, M. M., da Silva, H. A., & Guimarães, J. R. D. (2020). Cyanide contamination of the puyango-tumbes river caused by artisanal gold mining in portovelo-zaruma, ecuador. *Current Environmental Health Reports*, 7, 303-310.

Marshall, B.G., & Veiga, M.M. (2017). Formalization of artisanal miners: stop the train, we need to get off. *The Extractive Industries and Society*, 4, 300-303.

Max Impact. (2019). *Project Community engagement on mining related tension and human rights abuses, including SGBV, in the Misisi gold mining area. Rapport d'activités*. Récupéré de http://congominas.org/system/attachments/assets/000/001/694/original/RAPPORT_MISISI_volet_Genre_et_Mines_version_publique.pdf?1574247711

Miserendino, R.A., Bergquist, B.A, Adler, Sar, E.G., Guimaraes, J.R.D., Lees, P.S.J, Niquen, W., Velasquez-Lopez, P.C. & Veiga, M.M. (2013). Challenges to measuring, monitoring, and addressing the cumulative impacts of artisanal and small-scale gold mining in Ecuador. *Resources Policy*, 38(4), 713-22.

Mulonda, S. B., Radley, B., & Geenen, S. (2019). Arrêtez les concasseurs ! Transformation, quasi-dépossession et répression autour de la production d'or à Kamituga. Dans Geenen, S. ; Nyenyezi, A. et Ansoms, A. *Conjonctures de l'Afrique centrale 2019*. Cahiers africains 93. Paris, L'Harmattan, 158-186.

Muoio, R., Carettia, C., Rossib, L., Santiannib, D., & Lubelloa, C. (2019). Water safety plans and risk assessment: A novel procedure applied to treated water turbidity and gastrointestinal diseases. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 1438-4639.

Nkuba, B., Bagaya, J., Kamundala, G., & de Haan, J. (2020). *Plan d'Action National pour la Réduction du mercure et le Développement de l'EMAPE d'or*. CEGEMI-UCB, ACE & UNITAR.

Nkuba, B., Bervoets, L., & Geenen, S. (2019). Invisible and ignored? Local perspectives on mercury in Congolese gold mining. *Journal of Cleaner Production*, 221, 796-804.

Nkuba, B., Bervoets, L., & Geenen, S. (2017). Le mercure dans l'exploitation de l'or. Dans Nyenyezi Bisoka, A., Geenen, S., Ansoms, A. et Omasombo, J. (eds.) *Conjonctures congolaises 2016*. Cahiers africains. Paris, L'Harmattan 191-213.

Nkuba, B., Zahinda, M., Chakirwa, P., Murhi, I., de Haan, J., & Bashwira, M.R (2018). *L'or artisanal congolais : analyse socio-économique et de l'utilisation du mercure*. CEGEMI-UCB, ACE & UNITAR.

Ogola, J. S., Mitullah, W. V., & Omulo, M. A. (2002). Impact of gold mining on the environment and human health: a case study in the Migori gold belt, Kenya. *Environmental geochemistry and health*, 24(2), 141-157.

OMS. (2006). *Recueil des normes de la zone de santé*. Récupéré de https://www.who.int/hac/techguidance/training/analysing_health_systems/5_normes_de_la_zone_de_sante_06.pdf.

OMS. (2021). Paludisme. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/malaria>

Prabawa, F.Y., Zagloel, Y.T., Koestoer, R.H., & Abdini, C. (2019). *Improving the economy of community's gold mining sector in Indonesia with the usage of efficient and clean technology in gold extracting process*. AES Bioflux, Volume 11, Issue 3.

Radley, B., & Geenen, S. (2021). Struggles over value: corporate–state suppression of locally led mining mechanisation in the Democratic Republic of the Congo. *Review of African Political Economy*, 48, 161-177

Razanamahandry, L. C., Andrianisa, H. A., Karoui, H., Podgorski, J., & Yacouba, H. (2018). Prediction model for cyanide soil pollution in artisanal gold mining area by using logistic regression. *Catena*, 162, 40-50.

RDC (République Démocratique du Congo). (2018). Décret N° 038/2003 du 26 mars 2003 portant Règlement Minier tel que modifié et complété par le décret N° 18/024 du 08 juin 2018.

Richard, M., Moher, P., & Hamza, D. (2015). *La santé dans l'orpaillage et l'exploitation minière artisanale*. Récupéré de www.artisanalgold.org

Rosen, P., Barkin, R., Hayden, S., Schaidler, J., & Wolfe, R. (1999). *The 5-minute emergency medicine consult*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. pp 168.

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, 280.

Sanganyi, Y. (2003). *Exploitation artisanale de l'or et son incidence sur le revenu paysan (cas de la cité minière de Kamituga)*. Mémoire UCB, inédit, 67.

Sawadogo, E. (2011). L'impact de l'exploitation artisanale de l'or : cas du site de Fofora dans la province du Poni. Mémoire de maîtrise, Université de Ouagadougou.

Seyler, J. R., Thomas, D., Mwanza, N. & Mpoyi, A. (2010). *Democratic Republic of Congo: biodiversity and tropical forestry assessment (118/119)*. Final Report. USAID/Democratic Republic of Congo.

Shetty, B.S., Shetty, M., Raj Kumar, K., & Ullal, H. (2008). An unusual case of internal chemical burn injury - a case report. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 15, 450-453.

Sinding, K. (2005). The dynamics of artisanal and small-scale mining reform. *Natural Resources Forum*, 29(3), 243-252.

Spiegel, S.J., & Veiga, M.M. (2005). Building capacity in small-scale Mining communities: Health, ecosystem sustainability, and the global mercury project. *EcoHealth*, 2, 361-369.

Stocklin-Weinberg, R., Veiga, M.M., & Marshall B.G. (2019). Training artisanal miners: A proposed framework with performance evaluation indicators. *Science of the Total Environment*, 660, 1533-1541.

Tieguhong, J.C. (2009). *Impacts of Artisanal Gold and Diamond Mining on Livelihoods and the Environment in the Sangha Tri-National Park Landscape*. Yaoundé, Cameroun : Centre pour la recherche forestière internationale.

Tschakert, P., & Singha, K. (2007). Contaminated identities: Mercury and marginalization in Ghana's artisanal mining sector. *Geoforum*, 38, 1304-1321.

UNEP. (2013). *Minamata Convention on Mercury*. Récupéré de www.mercuryconvention.org

USAID. (2017). Directive environnementale sectorielle : exploitation minière artisanale et à petite échelle. Appui de l'USAID à la gestion de l'environnement mondial (GEMS). Récupéré de https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1860/French_SectorEnvironmentalGuidelines_Mining_2017.pdf

Veiga, M. (1997). *Mercury in artisanal gold mining in Latin America: Facts, fantasies and solutions*. UNIDO - Expert Group Meeting - Introducing new technologies for abatement of global mercury pollution deriving from artisanal gold mining, Vienna, July 1 - 3, 1997.

Veiga, M., & Fadina, O. (2020). A review of the failed attempts to curb mercury use at artisanal gold mines and a proposed solution. *The Extractive Industries and Society*, 7, 1135-1146.

Veiga, M.M., Angeloci, G., Ñiquen, W. & Seccatore, J. (2015). Reducing mercury pollution by training Peruvian artisanal gold miners. *Journal of Cleaner Production*, 94, 268-277.

Verbrugge, B., & Geenen, S. (2019). The gold commodity frontier: A fresh perspective on change and diversity in the global gold mining economy. *The Extractive Industries and Society*, 6(2), 413-423.

Verbrugge, B., Lanzano, C., & Libassi, M. (2021). The cyanide revolution. Efficiency gains and exclusion in artisanal and small-scale gold mining. *Geoforum*, 126, 267-276.

Voix du Congo. (2019). *Misisi, pourquoi tant d'incidents dans la chaîne d'approvisionnement de l'or*. Récupéré de https://ipisresearch.be/wp-content/uploads/2019/10/1910-Voix-du-Congo-ICSP_final.p

Wandan, E. (2015). Environmental Evaluation of Small Scale Gold Mining in the Bonkani Region in the Upper East Area of Côte d'Ivoire. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 3(5), 265.

Zolnikov, T.R., & Ortiz, D.R. (2018). A systematic review on the management and treatment of mercury in artisanal gold mining. *Science of the Total Environment*, 633, 816-824.



University of Antwerp
IOB | Institute of
Development Policy