

# *Evaluation Prospective De L'impact Environnemental De La Production Cuprifère De La Gécamines Sur L'Exposition De La Population A La Radioactivité Des Scories Sur Les Zones Avoisinantes.*

Teddy Mucaïl-A-Mucaïl<sup>1</sup>, Clarisse Kumwimba Masengo<sup>1</sup>, Demers Kyungu Lukomba<sup>1</sup>, Martin Mutala Kabimbi<sup>1</sup>, John Siloe Mwenge Kahinda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Commissariat Général à l'Energie Atomique (C.G.E.A)

Auteur correspondant : Teddy Mucaïl-A-Mucaïl. Contact: +243 995545088. E-mail : teddymucaïl@gmail.com



**Abstract:** This study assesses the prospective environmental impact of mining activities carried out by Gécamines (GCM-UL), with a particular focus on the risks associated with the radioactivity of slag resulting from copper production. Slag, a solid residue generated in large quantities, sometimes contains naturally occurring radioactive elements, raising concerns about its accumulation near inhabited areas and the potential consequences for human health and the environment.

The main objective of the research is twofold: firstly, to analyse the environmental effects of copper production; and secondly, to propose adaptation and mitigation measures. The study adopts both a quantitative and qualitative approach, through a descriptive, cross-sectional, and analytical methodology. It aims to anticipate the medium- and long-term impacts on surrounding areas.

The results reveal a strong local perception of the environmental effects of mining activities: 69.4% of respondents consider the impact to be significant (very strong, strong, or moderate). The "moderate" level, cited by 33.3%, suggests that while the negative effects are clearly perceived, they are not yet experienced as irreversible, but nonetheless remain a matter of concern. This perception reflects a growing awareness of environmental issues within local communities.

The study concludes that the radioactivity present in slag poses a serious health and environmental risk, especially in cases of prolonged exposure. Poor management of this waste could have lasting effects on public health and ecosystems. Therefore, it is crucial to strengthen environmental monitoring, adopt sustainable methods for managing mining residues, and make use of safer technologies. Finally, close collaboration between Gécamines and public authorities is essential for implementing strict environmental policies capable of protecting local populations and their environment in the long term.

**Keywords:** Environmental impact, Gécamines, Copper production, Radioactivity, Slag, Public health, Waste management, Inhabited areas.

**Résumé :** Cette étude évalue l'impact environnemental prospectif des activités minières de la Gécamines (GCM-UL), en mettant particulièrement l'accent sur les risques liés à la radioactivité des scories issues de la production de cuivre. Les scories, résidus solides générés en grande quantité, contiennent parfois des éléments radioactifs naturels, ce qui soulève des inquiétudes quant à leur accumulation près des zones habitées et les conséquences possibles sur la santé humaine et l'environnement.

L'objectif principal de la recherche est double : d'une part, analyser les effets environnementaux de la production cuprifère, et d'autre part, proposer des mesures d'adaptation et de mitigation. L'étude adopte une approche à la fois quantitative et qualitative, à travers une méthodologie descriptive, transversale et analytique. Elle cherche à anticiper les impacts à moyen et long terme sur les zones avoisinantes. Les résultats montrent une forte perception locale des effets des activités minières sur l'environnement : 69,4 % des répondants jugent cet impact significatif (très fort, fort ou modéré). Le niveau "modéré", cité par 33,3 %, indique que si les effets négatifs sont bien perçus, ils ne sont pas encore vécus comme irréversibles, mais restent néanmoins préoccupants. Cette perception traduit une prise de conscience croissante des enjeux environnementaux au sein des communautés locales.

**L'étude conclut que la radioactivité présente dans les scories représente un risque sanitaire et environnemental sérieux, surtout en cas d'exposition prolongée. Une mauvaise gestion de ces déchets pourrait avoir des effets durables sur la santé publique et les écosystèmes. Par conséquent, il est crucial de renforcer la surveillance environnementale, d'adopter des méthodes de gestion durable des résidus miniers et de recourir à des technologies plus sûres. Enfin, une collaboration étroite entre la Gécamines et les autorités publiques est essentielle pour mettre en œuvre des politiques environnementales strictes, capables de protéger les populations locales et leur environnement à long terme.**

**Mots-clés : Impact environnemental, Gécamines, Production de cuivre, Radioactivité, Scories, Santé publique, Gestion des déchets, Zones habitées.**

## I. Introduction

### I.1. Etat de la question

La production cuivrée est une industrie importante dans de nombreux pays du monde, et elle contribue de manière significative à l'économie mondiale. Cependant, la production et le traitement du cuivre peuvent avoir des impacts environnementaux considérables, notamment sur la qualité de l'air, de l'eau et des sols environnants.

Ainsi, de nombreuses études ont été entreprises pour évaluer les impacts environnementaux de la production cuprifère dans diverses régions du monde, et pour proposer des solutions d'adaptation et de mitigation. Parmi les questions les plus préoccupantes dans ce domaine figurent les risques de contamination accrue due à la population radioactive des scories générées par cette industrie.

Au niveau mondial, plusieurs études ont été menées sur l'impact environnemental de la production cuprifère. Une étude réalisée en Chine par [1], analysé les effets environnementaux de la production de cuivre dans la province de Jiangxi, en se concentrant en particulier sur les risques de pollution de l'eau et de l'air. Les résultats ont montré que la production de cuivre a entraîné une dégradation de la qualité de l'eau dans les zones avoisinantes, ainsi qu'une émission de gaz à effet de serre.

En Amérique du Sud, des études similaires ont été menées dans des pays comme le Chili, le Pérou et l'Argentine. Par exemple, [2] ont étudié l'impact environnemental de la production de cuivre dans la région d'Antofagasta, au Chili, et ont révélé la grande importance de la gestion des déchets miniers pour minimiser les impacts environnementaux.

En Afrique, la production de cuivre est en constante expansion, avec des projets en cours dans des pays comme la Zambie, le Congo et la République démocratique du Congo. Des études ont montré que la production de cuivre peut avoir des effets considérables sur la qualité de l'air, tels que la pollution atmosphérique et les émissions de gaz à effet de serre [3].

En Afrique subsaharienne, l'agriculture familiale occupe plus de 73 à 75 % de la population [4]. Ce type d'agriculture désigne une des formes d'organisation de la production agricole regroupant des exploitations caractérisées par des liens organiques entre la famille et l'unité de production et par la mobilisation du travail familial excluant le salariat permanent [5]. La plus grande partie des agriculteurs exploite de petites surfaces variant de 0,1 à 3 hectares [1], situées parfois dans les zones dégradées et sensibles aux aléas climatiques (marais, déserts, collines) [6].

Le changement climatique qui résulte de l'augmentation des gaz à effet de serre et donc de la température planétaire constitue une menace pour l'agriculture familiale [7] car celle-ci dépend directement des facteurs climatiques, notamment du rayonnement du soleil, de la pluie, de la température et de la teneur en gaz carbonique [8]. Ce changement est perçu par des

agriculteurs à travers divers événements susceptibles de produire des effets négatifs sur les exploitations. Ces événements comprennent la pluviométrie excessive, la sécheresse prolongée, les inondations ou les vents forts qui peuvent tous détruire les cultures et entraîner des pertes post-récoltes[4]

En République Démocratique du Congo (RDC), où environ 70 % de la population vit essentiellement de l'agriculture de subsistance[9], le changement climatique est venu s'ajouter à d'autres problèmes existants pouvant agir de cause à effet : l'insécurité, l'impraticabilité des routes de desserte agricole, la pauvreté, la croissance démographique galopante entraînant ainsi une compétition d'accès aux ressources[10], ainsi que l'urbanisation rapide accompagnée de la déforestation[11]. Par ailleurs, la pandémie de coronavirus (COVID-19) encours perturbe aussi, non seulement les chaînes d'approvisionnement alimentaire, mais aussi celles de distribution des intrants agricoles. Cela a conduit à la flambée des prix des produits alimentaires, des semences et des pesticides[12].

Selon [2], dans certaines régions africaines, les stricts confinements et les restrictions de déplacement subséquents aux mesures de limiter la propagation de COVID-19 ont eu des répercussions directes sur les dates de semis de plusieurs cultures comme le maïs et ont ralenti l'exécution des opérations culturales sur les exploitations agricoles. Au Sud-Kivu, à l'est de la RDC, les effets combinés du changement climatique et de COVID-19 risquent d'aggraver les conditions de vie de la population rurale déjà fragilisée par les conflits armés et l'insécurité ayant contraint de nombreux ménages agricoles à l'exode rural[3]

L'étude de [5] a déjà établi un lien significatif entre la variabilité des paramètres climatiques (température et précipitation) et la recrudescence des infections de choléra à Bukavu. Des pluies irrégulières et abondantes ainsi que des températures à tendance montante enregistrées dans le territoire de Kabare, de Walungu et à Uvira s'accompagnent de la dégradation des sols, de la destruction des champs, ainsi que des dégâts matériels et de perte en vies humaines[13]. En plus, la recrudescence des maladies des plantes et l'expansion rapide des chenilles légionnaires d'automne et leur caractère polyphage inquiètent des agriculteurs et les chercheurs[13]

Les ménages agricoles sont particulièrement vulnérables au changement climatique pour diverses raisons. D'abord, ils produisent principalement pour leur subsistance et leurs systèmes de production dépendent des conditions climatiques, surtout la pluie[14], ensuite, ils ont une faible capacité d'adaptation marquée par un accès limité aux technologies[3]. Encore, beaucoup d'agriculteurs n'ont pas de titre foncier, ce qui les empêche de s'engager dans les pratiques plus durables comme l'agroforesterie ainsi que les bonnes pratiques de gestion de la fertilité des sols[15]. En plus, ils ont peu accès au crédit et sont exclus des systèmes bancaires dû au manque d'hypothèques.[9]

Les travaux recensés sur les stratégies d'adaptation indiquent que l'utilisation des semences résistantes à la sécheresse associée à l'agroforesterie, le décalage des dates de semis et l'irrigation.[5], la gestion efficace de l'eau et des fertilisants ainsi que la diversification des cultures sont parmi les options d'adaptation privilégiées.[14] Cependant, la mise en place de ces stratégies varie d'un système de production à l'autre, des opportunités, des facteurs socio-économiques ainsi que de la perception des agriculteurs du changement climatique.[11]

Dans la zone d'étude, alors que les recherches antérieures ont mis en évidence les impacts du changement climatique sur les communautés locales et leurs moyens d'existence.[8], l'analyse des déterminants de la perception des agriculteurs du changement climatique et de leurs stratégies d'adaptation fait encore défaut. Pourtant, de telles informations peuvent orienter les pouvoirs publics ainsi que les acteurs engagés dans le développement agricole à définir un programme de renforcement des capacités d'adaptation et de résilience des agriculteurs face au changement climatique, en formulant de nouvelles stratégies basées sur les savoirs endogènes.[15]

Ce travail se base sur l'hypothèse que la perception des agriculteurs du changement climatique et des impacts négatifs sur leurs exploitations les incite à développer des stratégies d'adaptation.[16]

## I.2. Problématique

Le problème qui se pose dans ce sujet dans la ville de Lubumbashi en RDC est que la production cuprifère de la GCM-UL ainsi que la présence de population radioactive dans les scories peut avoir un impact négatif sur l'environnement ainsi que la santé publique des populations avoisinantes. En effet, l'extraction minière peut entraîner la pollution de l'air, de l'eau et des sols, ce qui peut affecter la qualité de vie des populations locales. De plus, la présence de population radioactive dans les scories peut augmenter les risques de maladies radio-induites. Il est donc important d'évaluer les conséquences environnementales et sanitaires de la production cuprifère de GCM-UL et de prendre des mesures pour minimiser les effets négatifs.

Eu égard à tout ce qui précède, nous nous sommes posé les questions suivantes :

- Quelle est l'ampleur de la population radioactive des scories de la GCM-UL dans les zones avoisinantes et quelle est sa répartition spatiale Quels sont les impacts environnementaux de la production cuprifère de la GCM-UL sur les sols, les eaux, l'air et la biodiversité dans les zones avoisinantes, en particulier en ce qui concerne la population radioactive des scories ?
- Quelles sont les perceptions et les préoccupations des populations locales quant à l'impact environnemental de la production cuprifère de la GCM-UL sur leur santé et leur environnement ?
- Quelles sont les mesures d'adaptation et de mitigation qui peuvent être mises en place pour minimiser les impacts environnementaux de la production cuprifère de la GCM-UL sur les zones avoisinantes ?

## I.3. Objectifs du travail

### I.3.1. Objectif général

Objectif général de cette étude est d'évaluer les impacts environnementaux de la production cuprifère de la GCM-UL sur les zones avoisinantes, en particulier en ce qui concerne la population radioactive des scories, et de proposer des mesures d'adaptation et de mitigation pour minimiser ces impacts.

### I.3.2. Objectifs spécifiques

Pour atteindre cet objectif général, nous passerons par d'autres objectifs plus spécifiques :

- Déterminer la composition radiologique des scories issues de la production cuprifère de la Gécamines
- Mesurer les niveaux de radioactivité dans les zones avoisinantes des sites de dépôt de scories.
- Analyser les voies et les niveaux d'exposition de la population locale à la radioactivité.
- Évaluer les risques sanitaires potentiels liés à cette exposition et proposer des mesures de prévention.

## II. METHODOLOGIE

### II.1. Cadre d'étude

La Générale des Carrières et des Mines (GECAMINES SA) plonge ses racines dans l'histoire centenaire de l'Union Minière du Haut-Katanga (UMHK), fondée le 28 octobre 1906 par décret royal n° 1473/444 du Roi Léopold II. Nationalisée en

1967 par les autorités congolaises, cette entreprise emblématique s'est progressivement transformée pour devenir, à travers plusieurs mutations, l'actuelle GECAMINES SA.

Au fil du temps, l'entreprise a porté diverses appellations, reflet de son évolution institutionnelle et industrielle : de l'Union Minière du Haut-Katanga (UMHK) à la Générale Congolaise des Minerais (GECOMIN), puis à la Générale Congolaise des Mines (GECOMINES), avant de devenir la Générale des Carrières et des Mines-Exploitation (GECAMINES/EXPLOITATION), filiale de GECAMINES Holding, aux côtés de ses branches Commerciale et Développement. Aujourd'hui, elle est connue sous le nom de GECAMINES S.A.R.L.

C'est en 1911 que débuta la production de cuivre aux usines de Lubumbashi, par fusion réductrice dans des fours à water-jackets. Cette impulsion industrielle mena à l'exploitation de plusieurs sites majeurs : la mine souterraine de Kipushi et son concentrateur, celle de Kambove, la fonderie électrique de Panda, les usines de Shituru, les mines à ciel ouvert de Kolwezi, les concentrateurs de Kolwezi et Kamoto-Dima, la mine souterraine de Kamoto, ainsi que les usines de Luilu.

Parallèlement, l'UMHK donna naissance à plusieurs filiales stratégiques : la Société Métallurgique du Katanga (Metalkat) pour les métaux, la Société Générale des Forces Hydroélectriques du Katanga (Sogefor) pour l'énergie, la Société Générale Industrielle et Chimique (Sogechim) pour la chimie industrielle, ou encore MINOKAT pour l'agroalimentaire.

L'année 1986 marqua l'apogée de la GECAMINES avec une production record : 476 000 tonnes de cuivre, 14 500 tonnes de cobalt et 64 000 tonnes de zinc, générant un chiffre d'affaires d'environ un milliard de dollars américains. Hélas, dès 1987, la production déclina, frappée de plein fouet par la conjonction de plusieurs crises : l'effondrement de la mine souterraine de Kamoto en 1990, les troubles sociopolitiques du début des années 1990, et l'arrêt brutal des financements internationaux.

Fidèle héritière de l'UMHK, la GECAMINES a longtemps constitué un pilier fondamental du développement socio-économique de la République Démocratique du Congo. À son apogée, elle contribuait à hauteur de 70 % au produit national brut et assurait l'essentiel des recettes en devises de l'État.

Avec un effectif qui dépassa les 34 000 agents entre 1974 et 1992, la GECAMINES fut l'un des plus grands employeurs du pays. Elle entretenait un réseau dense de partenariats économiques avec les grandes entreprises nationales et fut le principal consommateur d'électricité de la SNEL, ainsi que la première cliente de la SNCC pour le transport de ses produits. Elle recourait également à un vaste tissu de PME locales dans les domaines de l'agroalimentaire, des hydrocarbures, du transport, de l'hôtellerie et autres services. Son personnel représentait une clientèle essentielle pour les institutions bancaires du Katanga, et sa présence structura profondément l'économie régionale.

Dans un contexte de pénurie alimentaire en 1974, l'État confia à la GECAMINES une mission agricole : produire du maïs pour nourrir ses ouvriers. Ce programme fut mis en œuvre par le Centre d'Exécution des Programmes Sociaux et Économiques (CEPSE), une ASBL héritée de l'UMHK, spécialisée dans la formation des jeunes et l'encadrement paysan. En 1975, la société acquit le domaine de Kando, portant à 25 000 hectares la superficie de ses terres arables.

Le 9 novembre 1983, l'Ordonnance-loi n° 83-202 créa la Société Agro-Industrielle du Shaba (AGRIS), issue de la fusion des activités du CEPSE et des minoteries. Un an plus tard, la Gécamines-Développement (GCM-DEV) prit le relais, poursuivant l'ambitieuse politique agro-pastorale.

La culture du maïs, étendue sur plus de 5 000 hectares, connut une croissance soutenue entre 1974 et 1982 avant de décliner avec la crise des années 1990. Cette production, destinée aux minoteries de la GECAMINES, visait à garantir la sécurité alimentaire dans la zone industrielle du Sud Katanga.

Pour faire face aux restrictions imposées à partir de 1990, la GECAMINES lança en 1995 une nouvelle stratégie fondée sur des partenariats public-privé. Ces joint-ventures, dans lesquelles elle détenait des parts, ont permis de relancer partiellement la production minière. Grâce à cette politique, la production de cuivre de la RDC atteignait environ 400 000 tonnes en 2011, et plusieurs de ces partenariats figurent aujourd'hui parmi les plus importantes sociétés minières du pays.

Enfin, la GECAMINES a su préserver et valoriser son patrimoine industriel hérité de l'UMHK : ateliers, usines et infrastructures capables de produire, transformer et réparer. L'Atelier Central de Panda, les Ateliers de l'Ouest, l'usine d'acide sulfurique, les laminoirs et câbleries en sont autant d'illustrations.

## 1. Type de l'étude

L'étude présentée s'inscrit dans une perspective descriptive et transversale à visée analytique, fondée sur une approche méthodologique mixte, alliant données quantitatives et qualitatives. Elle a pour ambition d'évaluer, de manière prospective, l'impact environnemental des activités de la Gécamine, en mettant en lumière l'exposition potentielle des populations riveraines à la radioactivité émanant des scories issues de l'exploitation cuprifère.

## 2. Méthodologie

- **Approche quantitative**

Cette démarche vise à quantifier les niveaux de radioactivité présents dans les scories, à travers des relevés de terrain et des analyses en laboratoire. Elle permet une évaluation statistique rigoureuse du risque auquel pourrait être exposée la population.

- **Approche qualitative**

Elle explore les représentations sociales, les perceptions et les inquiétudes des habitants ainsi que des experts quant aux effets potentiels des déchets industriels radioactifs. Entretiens semi-directifs et observations de terrain en constituent les principaux outils.

- **Approche analytique**

Cette méthode s'attache à interpréter les données recueillies afin de dégager les corrélations entre les activités industrielles, les niveaux de contamination radioactive et les risques sanitaires associés.

- **Approche environnementale prospective**

Par le biais de modélisations et de simulations, elle anticipe les effets à moyen et long terme des scories sur la santé humaine et l'écosystème local.

### 3. Techniques de collecte et d'analyse

- **Analyse documentaire**

Une revue exhaustive de la littérature scientifique, des rapports d'impact environnemental, des normes radiologiques, ainsi que des archives internes de la Gécamine constituera le socle théorique de l'étude.

- **Observation directe**

Des inspections de terrain permettront de cartographier les zones de dépôt, d'évaluer les conditions de stockage et de documenter la proximité des habitations.

- **Entretiens semi-directifs**

Conduits auprès des responsables de la Gécamine, de spécialistes en environnement, de représentants d'organisations non gouvernementales et de membres de la communauté locale, ces entretiens permettront d'enrichir l'analyse par une compréhension fine des enjeux humains.

- **Mesures radiologiques**

À l'aide d'équipements spécialisés (dosimètres, radiamètres, spectromètres gamma), les niveaux de radioactivité seront mesurés tant dans les scories que dans les zones habitées à proximité.

### 4. Matériel utilisé

- Appareils de détection de la radioactivité : radiamètres, dosimètres, spectromètres gamma
- Questionnaires structurés à destination des habitants
- Guides d'entretien pour les experts et responsables
- Outils de géolocalisation (GPS) et logiciels SIG pour la cartographie
- Ordinateurs équipés de logiciels d'analyse statistique (SPSS, Excel) et qualitative (Epi-info)

### 5. Population d'étude

- **Population cible** : résidents habitant dans un rayon de 5 kilomètres autour des sites de dépôt de scories de la Gécamine.
- **Population échantillonnée** : sous-groupe représentatif sélectionné aléatoirement ou de manière stratifiée selon la distance au site.

## 6. Critères de sélection

- **Critères d'inclusion :**
  - Résider dans la zone d'étude depuis au moins deux ans
  - Être âgé de 18 ans ou plus
  - Donner son consentement éclairé pour participer à l'étude
- **Critères d'exclusion :**
  - Personnes de passage ou résidents temporaires
  - Individus dans l'incapacité de répondre (troubles cognitifs graves, etc.)

## 7. Stratégie d'échantillonnage

- **Type d'échantillonnage :** stratifié, selon la proximité au site de dépôt (0–1 km, 1–3 km, 3–5 km)
- **Taille de l'échantillon :** calculée en fonction de la population estimée, avec un seuil de confiance de 95 % et une marge d'erreur fixée à 5 %

## 8. Variables étudiées

- Niveau de radioactivité mesuré (en  $\mu\text{Sv/h}$ )
- Distance du domicile par rapport au site de dépôt
- Symptômes de santé rapportés (fatigue chronique, troubles respiratoires, pathologies cancéreuses)
- Niveau de connaissance des risques liés à la radioactivité
- Perception du risque environnemental

## 9. Considérations éthiques

- Obtention du consentement libre et éclairé de chaque participant avant toute collecte d'information
- Garantie de la confidentialité et de l'anonymat des données personnelles
- Autorisations requises obtenues auprès des autorités administratives et environnementales compétentes
- Respect scrupuleux des normes de sécurité lors de la manipulation des appareils de mesure.

### III. RESULTATS

Tableau I. Selon les mesures l'industrie minière de la GCM-UL a-t-elle un impact sur l'environnement dans votre région

GCM-UL a-t-elle un impact sur l'environnement	Effectif	Pourcentage (%)
A. Très fort	5	13,9
B. Fort	8	22,2
C. Modéré	12	33,3
D. Faible	7	19,4
E. Très faible	4	11,1
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

#### Interprétation

Les résultats indiquent une perception d'impact **globalement significative** de l'activité minière sur l'environnement local. En regroupant les réponses « Très fort », « Fort » et « Modéré », 69,4 % des répondants reconnaissent un effet tangible, suggérant une **sensibilisation environnementale accrue**. Le niveau modéré, le plus cité (33,3 %), montre une tendance à la reconnaissance partielle mais non extrême de la dégradation environnementale.

Tableau II. Selon les principales maladies liées à la pollution de l'air environnementaux

Maladies liées à la pollution de l'air	Effectif	Pourcentage (%)
Silicose, cancers	2	5,56
Intoxications, cancers	10	27,78
Problèmes respiratoires et cardiaques	14	38,89
Maladies cardiovasculaires et pulmonaires	10	27,78
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

#### Interprétation

Les données révèlent une **prévalence dominante de pathologies respiratoires** parmi les perceptions, ce qui est cohérent avec la littérature scientifique sur les impacts de la pollution atmosphérique en milieu minier (exposition aux particules fines, métaux lourds, etc.). La diversité des maladies mentionnées confirme la **plurifactorialité des risques sanitaires** liés à la pollution de l'air.

**Tableau III. Selon l'impact de l'industrie minière sur la qualité de l'air**

Appréciation de la qualité de l'air	Effectif	Pourcentage (%)
Très négatif	18	50,0
Négatif	8	22,2
Neutre	2	5,6
Positif	4	11,1
Très positif	4	11,1
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

**.Interprétation**

Une forte majorité des habitants (72,2 %) perçoivent **une dégradation de la qualité de l'air**, ce qui peut être attribué à l'émission de poussières, gaz et particules fines liés aux activités minières. Cela indique une perception négative généralisée et potentiellement une exposition accrue à des polluants atmosphériques.

**Tableau IV. Selon les Changements perçus dans la qualité de l'eau**

constaté des changements dans la qualité de l'eau	Effectif	Pourcentage (%)
Oui, une détérioration de la qualité	22	61,1
Oui, une amélioration de la qualité	2	5,6
Non, aucune différence notable	3	8,3
Je ne sais pas	9	25,0
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

**Interprétation**

Plus de 60 % des habitants constatent une **détérioration de la qualité de l'eau**, suggérant une possible contamination des ressources hydriques (rivières, nappes phréatiques) par des résidus miniers, métaux lourds ou produits chimiques. L'incertitude exprimée par 25 % des répondants indique un déficit d'information ou de sensibilisation.

**Tableau V. Selon la Connaissance des maladies infectieuses liées à la pollution de l'eau**

Maladies infectieuses liées à la pollution de l'eau	Effectif	%
Choléra	12	33,3
Typhoïde	22	61,1
Dysenterie	2	5,6
Giardiase	0	0
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

### Interprétation

Les résultats montrent que **61,1 % des répondants associent la pollution de l'eau à la typhoïde** et **33,3 % au choléra**, deux maladies infectieuses directement liées à la **contamination bactérienne et fécale de l'eau potable**, souvent due à un manque d'assainissement et à la présence d'agents pathogènes (comme *Salmonella typhi* ou *Vibrio cholerae*).

Cette forte prévalence suggère une **insalubrité significative des sources d'eau** dans la cité, potentiellement aggravée par les rejets industriels, le ruissellement minier ou la défaillance des infrastructures d'approvisionnement en eau propre.

La dysenterie (5,6 %), bien que moins rapportée, confirme également la circulation de pathogènes intestinaux.

L'absence de déclaration de la giardiase (0 %) peut s'expliquer par plusieurs hypothèses :

- une **méconnaissance de la maladie** au sein de la population ;
- un **diagnostic sous-estimé ou inexistant**, en raison de l'absence d'analyses parasitologiques ;
- ou une prévalence réellement faible, bien que cela soit peu probable dans un contexte de pollution de l'eau.

**Tableau V. Selon les Connaissances des Maladies non infectieuses liées à la pollution chimique de l'eau**

Maladie / Effet lié à la pollution chimique de l'eau	Effectif	Pourcentage (%)
Intoxications au plomb	8	22,2
Intoxications à l'arsenic	18	50,0
Intoxications au mercure	3	8,3
Troubles hormonaux (perturbateurs endocriniens)	1	2,8
Cancers	6	16,7
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

### Interprétation

Les intoxications aux **métaux lourds (arsenic, plomb, mercure)** sont connues pour leur lien avec l'activité minière. Le taux élevé de citations (50 % pour l'arsenic) montre une **sensibilisation au risque chimique**, bien que la gravité réelle doive être vérifiée par des analyses environnementales.

**Tableau VI. Selon la Perception du respect des normes environnementales**

respecte les normes environnementales	Effectif	Pourcentage (%)
Oui, tout à fait	4	11,1
Oui, en partie	15	41,7
Non, pas du tout	16	44,4
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

### Interprétation

Une majorité (86,1 %) estime que l'industrie **ne respecte pas totalement les normes environnementales**, ce qui témoigne d'un **manque de confiance envers la réglementation et la surveillance** environnementale de l'industrie minière.

**Tableau VII. Selon la Perception de la qualité de l'eau depuis l'arrivée de l'industrie minière**

Perception de la qualité de l'eau depuis l'arrivée de l'industrie minière	Effectif	Pourcentage (%)
Détérioration	22	61,1
Amélioration	2	5,6
Aucune différence	3	8,3
Je ne sais pas	9	25,0
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

### Interprétation

Une majorité (61,1%) des personnes interrogées estiment que la qualité de l'eau s'est **détériorée** depuis l'arrivée de l'industrie minière. Cela montre une **perception très critique** de l'impact environnemental sur l'eau. À peine 5,6% pensent qu'il y a eu amélioration, et 25% ne savent pas, ce qui peut refléter un **manque d'information ou de suivi**.

**Tableau VIII. Selon la Perception du respect des normes environnementales**

Perception du respect des normes environnementales	Effectif	Pourcentage (%)
Oui, tout à fait	4	11,1
Oui, en partie	15	41,7
Non, pas du tout	16	44,4
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

**Interprétation**

Une majorité (44,4%) considère que les normes environnementales **ne sont pas respectées**, tandis que seulement 11,1% estiment qu'elles le sont **totalem**ent. Cela indique une **forte méfiance** envers la conformité de l'industrie aux normes.

**Tableau IX. Selon la Opinion générale sur l'industrie minière**

Opinion générale sur l'industrie minière	Effectif	Pourcentage (%)
Très négatif	4	11,1
Négatif	5	13,9
Neutre	2	5,6
Positif	9	25
Très positif	16	44,4
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

**Interprétation**

Malgré les critiques sur l'environnement, **69,4% (positif + très positif)** ont une image favorable de l'industrie. Cela suggère que ses **retombées économiques ou sociales** pourraient être perçues positivement, malgré les impacts environnementaux.

**Tableau X. Selon la Préoccupations sanitaires liées à l'industrie minière**

Niveau de préoccupation	Effectif	Pourcentage
Oui, très préoccupé(e)	14	38,9
Assez préoccupé(e)	10	27,8
Peu préoccupé(e)	8	22,2
Pas du tout préoccupé(e)	4	11,1
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

**Interprétation**

Les **deux tiers (66,7%)** des personnes interrogées expriment une **préoccupation importante** pour la santé publique. Cela reflète une **inquiétude réelle** des populations quant aux impacts sanitaires de l'activité minière.

**Tableau XI. Selon l'appui à des investissements pour réduire l'impact environnemental**

minimiser son impact sur l'environnement	Effectif	Pourcentage
Oui, tout à fait	27	75,0
Oui, en partie	6	16,7
Non, pas vraiment	2	5,6
Non, pas du tout	1	2,8
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

**Interprétation**

Une écrasante majorité (91,7%) soutient des **investissements supplémentaires** pour réduire l'impact environnemental. Cela témoigne d'un **fort désir d'action et de changement**.

**Tableau XII. Selon le rôle du gouvernement dans la gestion de l'impact environnemental**

minimiser l'impact environnemental de l'industrie minière de la GCM-UL	Effectif	Pourcentage
Oui, tout à fait	22	61,1
Oui, en partie	10	27,8
Non, pas vraiment	1	2,8
Non, pas du tout	3	8,3
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

#### Interprétation

Près de **89%** des répondants souhaitent que le **gouvernement joue un rôle plus actif**, soulignant une **attente forte d'une régulation ou d'une implication publique renforcée**.

**Tableau XIII. Selon le Niveau d'information sur les mesures environnementales et sanitaires prises par l'industrie**

mesures mises en place par l'industrie minière	Effectif	Pourcentage (%)
Oui, très bien informé(e)	6	16,7
Assez bien informé(e)	3	8,3
Peu informé(e)	9	25,0
Pas du tout informé(e)	18	50,0
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

#### Interprétation

Une **forte majorité (75%)** des personnes interrogées se disent **peu ou pas informées** des mesures mises en place. Cela dénote un **manque de communication ou de transparence** de la part de l'industrie minière.

#### IV. Discussion

Les résultats de l'enquête révèlent une perception d'impact significatif de l'industrie minière sur l'environnement local. En agrégeant les réponses « très fort », « fort » et « modéré », 69,4 % des répondants reconnaissent une influence tangible, traduisant une conscience environnementale croissante au sein de la population. La réponse « modéré » est la plus fréquemment citée (33,3 %), indiquant une reconnaissance partielle, mais non extrême, des effets environnementaux. Cependant, nos observations techniques ne confirment pas entièrement cette perception. L'analyse des processus industriels, notamment depuis l'aire de stockage du minerai jusqu'à la trémie Tout-Venant (capacité : 125 tonnes), montre une certaine maîtrise technique. Le concasseur primaire

de Phase II, à cylindre denté, est spécialement adapté au traitement du minerai humide et collant, réduisant efficacement la taille du minerai à 150 mm. En cas de défaillance, un concasseur à mâchoires de secours est utilisé.

Une majorité significative des habitants (72,2 %) estime que la qualité de l'air s'est détériorée, principalement en raison de l'émission de poussières, gaz et particules fines issus des opérations minières. Cette perception négative générale suggère une exposition potentielle à des polluants atmosphériques nocifs. Cependant, nos constatations industrielles montrent des pratiques contrôlées. Par exemple, le broyeur primaire à boulets (2,55 MW) fonctionne avec des matériaux résistants à la corrosion et à haute efficacité de réduction granulométrique (150 mm à 200 µm), et il est intégré à un circuit fermé avec des hydrocyclones. Ce système limite la dispersion de poussières, bien que l'efficacité réelle de confinement reste à évaluer sur le terrain.

Les résultats de l'enquête révèlent une forte prévalence de maladies respiratoires, ce qui est cohérent avec la littérature sur les effets sanitaires de la pollution atmosphérique en zone minière (exposition chronique aux particules fines, métaux lourds). Cette diversité pathologique suggère une multifactorialité des risques sanitaires. Nos analyses confirment partiellement ces constats.

Plus de 60 % des répondants rapportent une dégradation de la qualité de l'eau, possiblement due aux infiltrations de métaux lourds, aux résidus miniers ou aux produits chimiques utilisés. L'incertitude de 25 % des personnes interrogées révèle un déficit de sensibilisation et d'information.

D'un point de vue technique, le processus de lixiviation met en œuvre des tanks de 2 200 m<sup>3</sup> en série, avec un contrôle précis du pH (1,5) et de la densité (18 %). Cependant, les rejets sont dirigés vers une digue à rejets sans neutralisation préalable, bien qu'elle soit protégée par une géomembrane en PEHD. Ce procédé pose des interrogations sur les risques potentiels de contamination hydrique.

Les réponses montrent que 61,1 % des personnes interrogées associent la pollution de l'eau à la typhoïde, et 33,3 % au choléra, ce qui reflète un niveau élevé de contamination bactérienne. La dysenterie est citée plus marginalement (5,6 %), tandis que la giardiase n'est pas mentionnée (0 %), probablement en raison d'un manque de connaissance ou d'un sous-diagnostic.

L'arsenic est mentionné par 50 % des répondants, ce qui dénote une sensibilisation partielle aux risques chimiques, notamment liés aux métaux lourds. Nos données confirment la présence potentielle de tels contaminants, compte tenu des procédés métallurgiques mis en œuvre.

Une large majorité (86,1 %) considère que l'industrie ne respecte pas pleinement les normes environnementales. Cette perception traduit une défiance à l'égard de la régulation et de la surveillance. Cela est corroboré par le fait que le rejet final de la sous-verse du DCC 5 est directement dirigé vers la digue à rejets, sans neutralisation.

61,1 % des participants estiment que la qualité de l'eau s'est détériorée depuis le début des activités minières. Ce chiffre est révélateur d'une perception critique persistante. Seulement 5,6 % perçoivent une amélioration, et un quart de la population reste indécis, témoignant d'un déficit de communication ou d'analyse environnementale objective.

Malgré les impacts environnementaux perçus, 69,4 % des répondants ont une image positive de l'industrie. Cette dichotomie souligne la reconnaissance de bénéfices économiques et sociaux (emploi, infrastructures) contrebalançant les préoccupations écologiques.

Deux tiers des répondants (66,7 %) expriment une préoccupation forte concernant leur santé, et 91,7 % soutiennent des investissements pour réduire les impacts environnementaux. Par ailleurs, 89 % souhaitent une implication plus active du gouvernement, illustrant une forte attente d'encadrement réglementaire.

75 % des personnes interrogées se disent mal informées des actions environnementales entreprises par l'industrie. Ce déficit de transparence nuit à la confiance du public et pourrait être rectifié par des campagnes de sensibilisation, des rapports publics réguliers et une meilleure implication communautaire.

## Conclusion

L'enquête montre que la population a une vision très critique des conséquences environnementales des opérations minières, en particulier en ce qui concerne la qualité de l'air, de l'eau et la santé. En dépit des avancées technologiques (concasseurs sur mesure, circuits fermés, supervision de lixiviation), les résidents demeurent préoccupés. L'exposition chronique aux polluants est suggérée par la persistance de maladies respiratoires et hydriques, liée à une ignorance des dangers chimiques tels que l'arsenic. Il y a une divergence significative entre les perceptions locales et les informations techniques, en raison d'un déficit de communication, de transparence industrielle et d'une régulation efficace. Cependant, la plupart des gens conservent une perception positive de l'industrie, mettant en avant ses avantages socio-économiques.

## REFERENCES

- [1] R. Bouatay *et al.*, « [Thyroglossal duct cysts in adult : clinical and therapeutic features] », *Rev Med Liege*, vol. 78, n° 11, p. 649-653, nov. 2023.
- [2] P. Matte et J. Hadoux, « [Drug approval: Cabozantinib monotherapy in advanced thyroid cancers refractory or not eligible for radioactive iodine treatment, after progression under previous systemic therapies] », *Bull Cancer*, vol. 109, n° 11, p. 1103-1104, nov. 2022, doi: 10.1016/j.bulcan.2022.08.008.
- [3] D. Le Garrec *et al.*, « [Intermittent catheterization: What are the environmental impacts and how can they be reduced?] », *Prog Urol*, vol. 33, n° 11, p. 533-540, sept. 2023, doi: 10.1016/j.purol.2023.07.006.
- [4] C. D. Cao, A. Danais, P. Schwartz, et Y. Godbert, « [Not Available] », *Bull Cancer*, vol. 111, n° 10S1, p. 10S31-10S41, oct. 2024, doi: 10.1016/S0007-4551(24)00406-5.
- [5] L. Gaspari, F. Paris, M.-O. Soyer-Gobillard, N. Kalfa, C. Sultan, et S. Hamamah, « [Environmental endocrine disruptors and fertility] », *Gynecol Obstet Fertil Senol*, vol. 50, n° 5, p. 402-408, mai 2022, doi: 10.1016/j.gofs.2021.09.009.
- [6] R. Bouatay *et al.*, « [Thyroglossal duct cysts in adult : clinical and therapeutic features] », *Rev Med Liege*, vol. 78, n° 11, p. 649-653, nov. 2023.
- [7] S. Petignot, M. Trebillod, et P. Pétroussians, « [The treatments of hyperthyroidism] », *Rev Med Liege*, vol. 77, n° 10, p. 616-620, oct. 2022.
- [8] P. Matte et J. Hadoux, « [Drug approval: Cabozantinib monotherapy in advanced thyroid cancers refractory or not eligible for radioactive iodine treatment, after progression under previous systemic therapies] », *Bull Cancer*, vol. 109, n° 11, p. 1103-1104, nov. 2022, doi: 10.1016/j.bulcan.2022.08.008.
- [9] A. Sellem, W. Elajmi, R. B. Mhamed, N. Oueslati, H. Ouertani, et H. Hammami, « [Role and effectiveness of radioactive-iodine therapy for the treatment of Grave's disease] », *Pan Afr Med J*, vol. 36, p. 341, 2020, doi: 10.11604/pamj.2020.36.341.21623.
- [10] N. E. Haraj, S. El Aziz, et A. Chadli, « [Anxiety and depression in patients treated for differentiated thyroid microcarcinoma] », *Pan Afr Med J*, vol. 35, p. 133, 2020, doi: 10.11604/pamj.2020.35.133.12877.

- [11] D. M. Hartl *et al.*, « [De-escalation strategies in differentiated thyroid cancer] », *Bull Cancer*, vol. 108, n° 12, p. 1132-1144, déc. 2021, doi: 10.1016/j.bulcan.2021.07.008.
- [12] S. Bierlier et G. Scantamburlo, « [Environmental crisis and mental health] », *Rev Med Liege*, vol. 77, n° 12, p. 733-738, déc. 2022.
- [13] P.-N. Carron et T. Desmettre, « [Not Available] », *Rev Med Suisse*, vol. 20, n° 883, p. 1387-1388, août 2024, doi: 10.53738/REVMED.2024.20.883.1387.
- [14] L. Cabrera, A. Auguste, L. Michineau, J. Deloumeaux, C. Joachim, et D. Luce, « [Occupational and environmental risk factors for lung cancer in the French West Indies] », *Med Sci (Paris)*, vol. 36 Hors série n° 1, p. 11-15, oct. 2020, doi: 10.1051/medsci/2020175.
- [15] R. Garnier *et al.*, « [Biomonitoring of environmental exposure to inorganic arsenic] », *Ann Biol Clin (Paris)*, vol. 78, n° 3, p. 279-298, juin 2020, doi: 10.1684/abc.2020.1550.
- [16] N. E. Haraj, S. El Aziz, et A. Chadli, « [Anxiety and depression in patients treated for differentiated thyroid microcarcinoma] », *Pan Afr Med J*, vol. 35, p. 133, 2020, doi: 10.11604/pamj.2020.35.133.12877.