

**OPEN ACCESS**
Revue Congolaise des Sciences & Technologies

ISSN: 2959-202X (Online); 2960-2629 (Print)

<https://www.csnrdc.net/>REVUE
CONGOLAISE
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES**Statut du bilan martial (fer, ferritine, transferrine) chez les creuseurs artisanaux exposés à la pollution Minière à Kambove, République Démocratique du Congo****[Martial balance status (iron, ferritin, and transferrin) in artisan diggers exposed to Mining pollution in Kambove, democratic republic of Congo]****Fazili Arold^{1,3*}, MPANGA Tercia¹, ABASI Armand² & Mujinga Gradine²**¹ *Institut supérieur des techniques Médicales de Likasi, Département de Laboratoire, Unité d'Hématologie, République Démocratique du Congo*² *Institut supérieur des techniques médicales de Likasi, Département de laboratoire, Unité de Biochimie, République Démocratique du Congo*³ *Laboratoire Médical Dee Service, Unité de Biochimie, République Démocratique du Congo.***Résumé**

Introduction : L'activité minière artisanale dans la région de Kambove expose les creuseurs à une pollution environnementale importante, en particulier aux métaux lourds. Cette exposition chronique pourrait entraîner des perturbations du métabolisme du fer, essentiel à de nombreuses fonctions biologiques. Les marqueurs biologiques comme la ferritine, la transferrine et le fer sérique permettent d'évaluer ces altérations potentielles. Objectif : Évaluer les niveaux de marqueurs du métabolisme du fer chez les creuseurs. Méthodes : L'étude a porté sur 60 participants, dont 30 creuseurs et 30 témoins. Des prélèvements sanguins ont été effectués et les concentrations des trois marqueurs du fer ont été analysées en laboratoire. Les comparaisons statistiques entre les deux groupes ont été réalisées à l'aide du test de Student. Résultats : Les résultats montrent une ferritine significativement élevée chez les creuseurs (356,75 µg/L) par rapport aux témoins (129,33 µg/L), et un fer sérique significativement plus bas (59,43 µg/dL vs 100,65 µg/dL). La transferrine ne présentait pas de différence significative entre les deux groupes. Conclusion : Nous avons conclu que la pollution environnementale dans les zones minières pourrait influencer négativement la régulation du fer chez les travailleurs exposés et Cela pose un réel problème de santé publique dans ces milieux.

Mots-clés : Bilan martial, Pollution minière, creuseurs artisanaux, Kambove.**Abstract**

Introduction: Artisanal mining in the Kambove region exposes miners to significant environmental pollution, particularly heavy metals. This chronic exposure could lead to disruptions in iron metabolism, which is essential for many biological functions. Biological markers such as ferritin, transferrin, and serum iron can be used to assess these potential alterations. Objective: To assess the levels of iron metabolism markers in miners. Methods: The study involved 60 participants, including 30 miners and 30 controls. Blood samples were collected, and the concentrations of the three iron markers were analyzed in the laboratory. Statistical comparisons between the two groups were performed using Student's t-test. Results: The results show significantly elevated ferritin in miners (356.75 µg/L) compared to controls (129.33 µg/L), and significantly lower serum iron (59.43 µg/dL vs. 100.65 µg/dL). Transferrin did not show a significant difference between the two groups. Conclusion: We concluded that environmental pollution in mining areas could negatively influence iron regulation in exposed workers, posing a real public health problem in these environments.

Key words: Martial assessment, environmental pollution, artisanal miners, Kambove.

*Auteur correspondant: Fazili Arold, (aroldfazili@gmail.com). Tél. : (+243) 81 7648147

<https://orcid.org/0009-0008-8038-2905> Reçu le 27/06/2025; Révisé le 15/07/2025 ; Accepté le 11/08/2025

DOI: <https://doi.org/10.59228/rcst.025.v4.i3.179>

Copyright: ©2025 Fazili et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-NC-SA 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

Les activités d'extraction minière artisanale sont responsables de nombreux dommages environnementaux. Elles ravagent les paysages et contaminent les écosystèmes (Basu et al., 2015). En effet, les activités d'extraction nécessitent généralement l'abatage des espèces végétales présentes dans la zone et le creusage de multitudes de galeries causant une véritable déformation du paysage. Autour des zones d'extraction, les cultures et les terres agricoles se retrouvent dégradées et les cours d'eau pollués. Les dommages environnementaux les plus importants causés par l'exploitation artisanale ont été rapportés dans des pays de l'Afrique (Fritz et al., 2018). En plus de la dégradation physique, il y a également une pollution environnementale par les métaux issus de l'exploitation minière artisanale à des niveaux élevés (Clark et al., 2021 ; Tampushi et al., 2022).

Le métabolisme du fer chez les creuseurs artisanaux est souvent perturbé en raison de l'exposition à des niveaux élevés de fer et d'autres métaux lourds présents dans les sols et les sédiments. Ces travailleurs, souvent exposés à des conditions environnementales précaires, peuvent souffrir de surcharges en fer, conduisant à des pathologies telles que : L'hémochromatose. Selon une étude menée, l'exposition chronique aux minerais dans les sites miniers a été corrélée à des niveaux anormaux de ferritine sérique chez les creuseurs, ce qui souligne l'importance de surveiller les niveaux de fer dans cette population. (Baker et al., 2020).

La présente étude se fonde sur les hypothèses ci-après: Le territoire de Kambove, située dans une région à forte activité minière, est susceptible d'exposer ses habitants, et plus particulièrement les creuseurs, à des niveaux élevés de pollution environnementale. Cette exposition est potentiellement due à la dispersion de métaux lourds et d'autres contaminants liés à l'extraction minière. Il est de plus en plus reconnu que ces polluants peuvent avoir des effets délétères sur la santé humaine, y compris sur des processus physiologiques fondamentaux. (Cobbina et al., 2015)

Le métabolisme du fer, qui implique des marqueurs clés tels que la ferritine, la transferrine et le fer sérique, est crucial pour de nombreuses fonctions biologiques, y compris le transport de l'oxygène, la

production d'énergie et la défense antioxydants (Marshal, 2006 ; Wheinan, 2004). Un déséquilibre dans ce métabolisme peut entraîner des problèmes de santé graves, allant de l'anémie à l'hémochromatose. (Valdigué, 2000) Cependant, il existe un manque de données précises et spécifiques concernant l'impact direct de la pollution environnementale liée à l'activité minière sur le métabolisme du fer chez les populations exposées, notamment les creuseurs de Kambove

Les creuseurs exposés à des niveaux élevés de polluants environnementaux présenteront des niveaux de ferritine sérique significativement plus élevés que la population générale non exposée ou un groupe contrôle. Ceci pourrait être le reflet d'une inflammation systémique induite par les polluants, ou d'une tentative de séquestration du fer en réponse à un stress oxydatif ; par contre Les niveaux de transferrine sérique chez les creuseurs pourraient être altérés, soit augmentés en cas de carence martiale induite ou exacerbée par l'exposition, soit diminués en cas d'inflammation chronique entraînant une synthèse hépatique réduite. Ensuite, Les niveaux de fer sérique chez les creuseurs pourraient être soit diminués (en cas de carence ou de séquestration accrue du fer due à l'inflammation), soit potentiellement augmentés (en cas de surcharge martiale résultant de l'ingestion ou de l'inhalation de particules riches en fer).

Cette étude vise à évaluer l'impact de l'exposition à la pollution environnementale sur le métabolisme du fer chez les creuseurs de Kambove. Plus précisément, elle cherche à : • Déterminer les niveaux de fer sérique, de ferritine et de transferrine chez les creuseurs. • Comparer ces niveaux avec ceux d'un groupe témoin non exposé à la pollution minière.).

2. Matériel et méthodes

2.1. Cadre de recherche

Le laboratoire médical Dee Service de Lubumbashi a été sélectionné comme site d'expérimentation pour cette étude. Le choix de cette localisation est basé sur plusieurs facteurs géographiques et environnementaux. Kambove est situé à environ -10.87° de latitude sud et 26.60° de longitude est. Son altitude moyenne est de 1 386 mètres. La ville se trouve dans le sud de la RDC, dans la province du Haut-Katanga. Elle est située à environ 147 km au nord-ouest de Lubumbashi, la capitale provinciale.

En choisissant le laboratoire médical Dee Service de Lubumbashi, nous avons donc pris en compte à la fois les caractéristiques géographiques et environnementales de la région, ainsi que sa proximité avec les ressources minières et la densité de population. Ces facteurs contribuent à la pertinence et à la représentativité des résultats obtenus dans le cadre de cette étude scientifique (Leblanc, 1978).

2.2. Sujets d'étude

Dans le cadre de cette étude, La taille de notre échantillon était de 60 personnes dont la tranche d'âge variait entre 19 ans et à 30 ans ; la population cible était constitué des creuseurs de Kambove. Parmi les 60 personnes, 30 étaient des creuseurs de Kambove et 30 autres non creuseurs pris comme témoins.

Les résultats obtenus ont été enregistrés et analysés de manière statistique pour évaluer le bilan martial. Des analyses des données ont été effectuées en utilisant des logiciels spécialisés, en tenant compte des intervalles de confiance et des seuils de significativité statistique appropriés.

2.3. Critères d'inclusion et d'exclusion

Les critères d'inclusion étaient :

- Être creuseurs résidents à Kambove
- Les creuseurs ayant donné un consentement libre et éclairé de faire partie de notre étude
- Les creuseurs exposés à la pollution environnementale.

Les critères d'exclusion étaient :

- Ne pas être creuseurs résidents à Kambove
- Les creuseurs n'ayant pas donné un consentement de faire partie de notre étude
- Les creuseurs non exposés à la pollution environnementale

Le choix des creuseurs a été effectué sans distinction de Race, tribu, ni de classe sociale chez tous les creuseurs de Kambove.

2.4. Prélèvements et traitement des échantillons

Le prélèvement du sang s'est effectué le matin entre 8h00 et 10h00 chez les sujets d'étude. Le sang a été recueilli dans les tubes à essai sans anticoagulant, les échantillons ont été centrifugés à 2500 tours par minute pendant 10 minutes pour avoir le sérum qui était recueilli et gardé à 4°C jusqu'au moment des analyses qui se faisaient le même jour.

2.5. Analyses de laboratoire

Le dosage du fer a été effectué par la méthode colorimétrique à la ferrozine (Kaplan et al., 1984). Le principe de cette méthode est telle que : dans le sérum le fer est lié à la transferrine. En présence d'une faible acidité, le fer se dissocie de son complexe alors que

les protéines sériques restent en solution. Après sa réduction par l'acide ascorbique, le fer est converti et se lie à la ferrozine pour former un complexe coloré. L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration du Fer dans l'échantillon (Tietz, 1995 ; Bossuyt et al., 2001).

Le dosage de la ferritine a été effectué par la méthode d'immuno analyse par fluorescence quantitative (Shu & Qiang, 2012). Le principe de cette méthode est telle que : L'antigène Fer de l'échantillon a d'abord été lié au composé conjugué d'anticorps monoclonal Fer marqué par fluorescence, puis déplacé et combiné avec un autre anticorps monoclonal Fer fixé sur la membrane de nitrocellulose, et le complexe sandwich à double anticorps s'est formé au niveau de la ligne de détection de la cellulose. Les résultats de détection quantitative ont été obtenus par l'analyseur Fine care Wondfo (Zhu et al., 2016).

Le dosage de la transferrine sur l'analyseur ACCESS 2 de Beckman est une méthode de dosage immunologique par chémo-luminescence (Kaplan et al., 1987). C'est une méthode de dosage immunologique hétérogène en deux étapes. Le principe de cette méthode est telle que : La méthode est basée sur l'utilisation d'une phase solide paramagnétique (perles de latex paramagnétiques) couplée à un anticorps anti-transferrine. Le réactif de détection est un second anticorps anti-transferrine couplé à un marqueur chimio luminescent (un dérivé de l'ester d'acridinium). Le test se déroule en deux étapes :

1. Phase d'incubation : Un aliquote de l'échantillon (sérum ou plasma) est incubé avec le réactif de phase solide, contenant les anticorps anti-transferrine. La transferrine présente dans l'échantillon se lie à ces anticorps. Cette étape forme un premier complexe antigène-anticorps (transferrine-anticorps de phase solide).

2. Phase de détection : Après une étape de lavage pour éliminer les substances non spécifiques, le réactif de détection (le deuxième anticorps marqué) est ajouté. Ce second anticorps se lie à un autre épitope de la transferrine déjà fixée. On a ainsi la formation d'un complexe "sandwich" : anticorps de phase solide - transferrine - anticorps marqué.

L'intensité lumineuse émise est directement proportionnelle à la quantité de transferrine présente dans l'échantillon. Le photomultiplicateur de l'analyseur mesure cette lumière et, grâce à une courbe d'étalonnage préétablie, convertit l'intensité lumineuse

en concentration de transferrine (exprimée en g/L) (Henry et al., 1996).

2.4. Analyse statistique

Les résultats moyens des différents paramètres obtenus chez les 30 creuseurs ont été comparés à ceux trouvés chez les 30 sujets non creuseurs à l'aide du test t de Student (Swart et al., 2010). La signification statistique a été déclarée au seuil $\alpha = 5\%$.

La justification scientifique du nombre d'échantillons analysés ($n=60$) dans l'étude sur des principes statistiques visant à obtenir des résultats fiables et représentatifs de la population étudiée.

L'échantillon de 60 est un compromis réaliste entre le besoin de rigueur scientifique et les ressources disponibles pour la collecte des données, les analyses de laboratoire et la gestion du projet. Un échantillon plus grand aurait pu rendre l'étude irréalisable.

Les résultats de l'étude sont considérés comme statistiquement robustes car les valeurs p sont au seuil de signification (généralement $p < 0,05$) (Bouyer, 2017).

Un échantillon de 60 individus sélectionnés de manière aléatoire peut être suffisamment représentatif des creuseurs artisanaux de la région de Kambove. Il permet de limiter le biais de sélection et d'obtenir des données qui peuvent être généralisées, avec une certaine prudence, à l'ensemble de la population de creuseurs.

3. Résultats

Tableau I. concentrations sériques moyennes de la ferritine, transferrine, fer chez les creuseurs et non creuseurs.

PARAMÈTRES	Creuseurs	Non creuseurs
	MOYENNES ET ECART-TYPE	MOYENNES ET ECART-TYPE
FERRITINE ($\mu\text{g/L}$)	$356,75 \pm 159,19$	$129,33 \pm 44,80$
TRANSFERRINE (g/L)	$2,63 \pm 0,64$	$2,65 \pm 0,30$
FER ($\mu\text{g/dl}$)	$59,43 \pm 25,96$	$100,65 \pm 50,14$

Tableau II. Comparaison des concentrations sériques de la ferritine entre les creuseurs et non creuseurs

Groupe comparés	Effectifs	Moyennes et écart-types	Ddl	Tcal	Tth	Interprétation
Creuseurs	30	$356,75 \pm 159,19$	58	7,53	1,96	S*
Non creuseurs	30	$129,33 \pm 44,80$				

Tableau III. Comparaison des concentrations sériques de la transferrine entre les creuseurs et non creuseurs

Groupes comparés	Effectifs	Moyennes et écart-types	Ddl	Tcal	Tth	Interprétation
Creuseurs	30	$2,63 \pm 0,64$	58	0,2	1,96	NS*
Non creuseurs	30	$2,65 \pm 0,30$				

Tableau IV. Comparaison des concentrations sériques du fer entre les creuseurs et non creuseurs

Groupes comparés	Effectifs	Moyennes et écart-types	Ddl	Tcal	Tth	Interprétation
Creuseurs	30	$59,43 \pm 25,96$	58	4,00	1,96	S*
Non creuseurs	30	$100,65 \pm 50,14$				

L'examen des tableaux et l'utilisation du test t Student ont abouti aux observations suivantes :

- Les concentrations sériques moyennes de la ferritine chez les creuseurs ($356,75 \pm 159,19 \mu\text{g/L}$) sont nettement plus élevées que chez les témoins ($129,33 \pm 44,80 \mu\text{g/L}$).
- Les concentrations sériques moyennes de la transferrine étaient de $2,63 \pm 0,64 \text{ g/L}$ chez les creuseurs contre $2,65 \pm 0,30 \text{ g/L}$ chez les témoins. Le test statistique a montré qu'il n'existe pas de différence significative de la transferrine entre les creuseurs et les non creuseurs.
- Le fer sérique est en revanche plus bas chez les creuseurs ($59,43 \pm 25,96 \mu\text{g/dl}$) par rapport aux témoins ($100,65 \pm 50,14 \mu\text{g/dl}$). Le test statistique a montré des différences significatives du fer sérique entre les creuseurs et les non creuseurs.

4. Discussion

Dans cette étude nous avons évalué l'effet de l'exposition environnementale, liée aux activités de creusage, sur le métabolisme du fer chez les creuseurs

à Kambove, en comparant les concentrations sériques de la ferritine, de la transferrine et du fer sérique avec celles d'un groupe témoin non exposé.

Dans un environnement pollué, le métabolisme du fer, processus vital, devient une cible vulnérable, particulièrement pour les creuseurs de kambove. L'étude de l'impact de la pollution sur le métabolisme du fer chez les creuseurs est un pas essentiel vers la protection de leur santé et la promotion d'un environnement plus sain. Les creuseurs sont une population particulièrement vulnérable en raison de leur exposition directe et prolongée aux polluants. L'exposition quotidienne à la poussière respirable et aux fumées toxiques, ainsi que la consommation d'eau potentiellement contaminée, les placent à haut risque.

Dans nos investigations nous avons opté pour une démarche comparative entre les résultats moyens obtenus chez les creuseurs artisanaux et ceux obtenus chez les témoins constitués des non creuseurs c'est-à-dire en bonne santé. La démarche logique serait seulement de comparer les résultats des creuseurs artisanaux avec les valeurs de référence décrites dans la littérature, la raison de ce choix est que les valeurs de référence sont des valeurs élaborées sur des populations très différentes de notre population et dépendent de plusieurs facteurs : race, sexe, âge, habitudes alimentaires, etc. (Ndibualonji, 2013).

Nous avons estimé qu'il était plus intéressant de recourir aux individus témoins car ceux-ci ont le même mode de vie et vivent dans les mêmes conditions que les creuseurs artisanaux. Les spécimens sanguins des témoins analysés dans les mêmes conditions de travail que ceux des creuseurs artisanaux peuvent donner des résultats fiables pour la comparaison (Engo, 2010).

Les résultats obtenus montrent que les concentrations sériques moyennes de la ferritine chez les creuseurs ($356,75 \pm 159,19 \mu\text{g/L}$) sont nettement plus élevées que chez les témoins ($129,33 \pm 44,80 \mu\text{g/L}$). Cette différence, confirmée par le test de Student est statistiquement significative, indiquant une surcharge en fer probable chez les creuseurs, possiblement liée à une carence en fer due à l'exposition aux poussières minéral ou à un stress oxydatif prolongé. L'exposition à certains polluants (particules fines, métaux lourds) peut induire une inflammation systémique. L'inflammation chronique peut affecter le métabolisme du fer, entraînant par exemple une anémie des maladies chroniques (caractérisée par un fer sérique bas, une transferrine basse ou normale, et une ferritine élevée)

(Marshall, 2006). Ces observations permettent de comprendre nos résultats.

La transferrine, par contre, présente des moyennes relativement proches ($2,63 \pm 0,64 \text{ g/L}$ chez les creuseurs contre $2,65 \pm 0,30 \text{ g/L}$ chez les témoins), ce qui suggère une régulation partielle du transport du fer malgré l'accumulation. Le fer sérique est en revanche plus bas chez les creuseurs ($59,43 \pm 25,96 \mu\text{g/dL}$) par rapport aux témoins ($100,65 \pm 50,14 \mu\text{g/dL}$), suggérant une éventuelle séquestration du fer intracellulaire, phénomène courant lors des inflammations (Wheinin, 2004).

Ces observations sont en accord avec les travaux de Mulenga et al. (2019) en Zambie, qui ont démontré une hausse de la ferritine chez les mineurs exposés au cobalt et au cuivre. De même, une étude de Mbayo et al. (2021) à Kolwezi a rapporté une élévation significative de la ferritine chez les ouvriers miniers.

Certains métaux lourds (potentiellement présents dans les sites miniers de cuivre/cobalt) peuvent interagir avec l'absorption, le transport et le stockage du fer. Par exemple, le cuivre à des concentrations élevées peuvent perturber l'homéostasie du fer par contre de nombreux polluants environnementaux génèrent un stress oxydatif. Le fer, en tant que métal de transition, joue un rôle clé dans les réactions de Fenton et la production de radicaux libres. Un déséquilibre dans son métabolisme peut exacerber ce stress oxydatif, contribuant à des dommages cellulaires (Mulenga et al., 2019).

Cependant, notre étude présente certaines limites : La taille de l'échantillon était restreinte, L'une des limites majeures de cette étude est l'absence de dosage de l'hepcidine et d'autres régulateurs centraux du métabolisme du fer, ce qui aurait permis de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents aux perturbations observées, l'absence de mesures directes de la pollution sur chaque individu, la difficulté à isoler l'impact de chaque polluant, De même, aucun marqueur inflammatoire (comme la CRP ou l'IL-6) n'a été mesuré, ce qui empêche de conclure sur l'existence ou non d'une inflammation chronique de bas grade pouvant influencer la biodisponibilité du fer (Mbayo et al., 2021).

Ces limites peuvent compromettre l'attribution exacte des déséquilibres en fer à l'exposition minière, notamment en l'absence de suivi longitudinal. Des études plus larges intégrant des biomarqueurs supplémentaires (transferrine saturée, hepcidine, fer hépatique, CRP, cytokines) seraient nécessaires pour valider et approfondir ces observations.

5. Conclusion

Cette recherche contribue à la compréhension des impacts de la pollution minière sur la santé métabolique des travailleurs artisanaux, en apportant des preuves biologiques d'un déséquilibre du métabolisme du fer. Elle souligne l'intérêt de surveiller régulièrement ces biomarqueurs dans les zones d'activité minière artisanale, et d'intégrer la santé environnementale dans les politiques locales de santé publique.

Les analyses statistiques ont révélé une élévation significative de la ferritine, une baisse du fer sérique et un taux non significatif de la transferrine chez les creuseurs exposés en comparaison avec le groupe témoin. Ces perturbations suggèrent un lien entre pollution et altération du métabolisme du fer. Toutefois, certaines limites doivent être reconnues, notamment la taille de l'échantillon, la difficulté à quantifier précisément le niveau d'exposition individuelle et l'absence de dosage de marqueurs inflammatoires complémentaires.

Nous avons conclu que la pollution environnementale dans les zones minières pourrait influencer négativement la régulation du fer chez les travailleurs exposés et Cela pose un réel problème de santé publique dans ces milieux.

De ce qui précède nous suggérons qu'un programme de santé publique axé sur la prévention, le dépistage et la prise en charge est crucial pour atténuer les effets de l'exposition à la pollution minière sur la santé des creuseurs artisanaux. Les recommandations et propositions de mesures complètes et applicables incluent l'éducation, le dépistage systématique, l'amélioration des conditions de travail et la mise en place d'un suivi médical.

Les Mesures Préventives et de Surveillance Médicale impliquent une série d'activités telles que :

- Éducation et sensibilisation : Mettre en place des campagnes d'information régulières sur les risques liés à l'exposition aux métaux lourds et l'importance du port d'équipements de protection individuelle (EPI). Les séances d'information devraient être organisées directement sur les sites miniers.

- Fourniture d'EPI : Rendre disponibles des EPI adaptés et de qualité, tels que des masques respiratoires, des gants et des bottes, et en encourager l'utilisation obligatoire.

- Amélioration des conditions de travail : Promouvoir des techniques d'extraction moins polluantes et organiser les sites pour minimiser l'inhalation de poussières et l'exposition directe aux produits chimiques.

- Dépistage systématique : Organiser des bilans de santé annuels gratuits pour les creuseurs, incluant une évaluation du bilan martial (fer, ferritine, transferrine) et la recherche de signes de toxicité des métaux lourds.

- Mise en place de centres de santé mobiles : Créer des unités médicales mobiles qui se déplaceraient sur les sites miniers pour effectuer les examens sur place, facilitant ainsi l'accès aux soins.

- Création de registres de santé : Établir une base de données anonyme et sécurisée pour suivre l'évolution des marqueurs de santé des creuseurs artisanaux et identifier les tendances épidémiologiques..

Remerciements

Nous adressons nos remerciements à nos épouses et enfants, aux creuseurs artisanaux de Kambove, aux membres du comité de rédaction de la revue congolaise des sciences et Technologies ainsi qu'au Laboratoire Dee Service de Lubumbashi.

Financement

Cet article a été financé en entièreté par les auteurs eux-mêmes.

Conflit d'Intérêt

Ce travail a été réalisé dans l'impartialité et toute indépendance d'esprit. Aucun conflit d'intérêt n'a été signalé.

Considérations d'Ethique

Le consentement libre et éclairé de chaque creuseur artisanal a été obtenu, La confidentialité des données a été garantie avec Les données collectées qui étaient anonymisées dès que possible pour protéger l'identité des participants et la sélection des participants était juste, évitant d'exploiter les groupes vulnérables.

Contribution des auteurs

A. F. a conçu et supervisé l'étude, rédigé le manuscrit principal et validé la version finale et a validé les données, contribué à la discussion et donné l'approbation finale de la version à soumettre.

T. M. a conçu et supervisé l'étude, rédigé le manuscrit principal et validé la version finale.

A. A. a participé à la collecte des données, à l'analyse statistique et a contribué à l'interprétation des résultats et à la relecture critique du manuscrit.

G.M. a assuré la revue bibliographique et participé à la mise en forme du document, a assuré la revue bibliographique et participé à la mise en forme du document.

Tous les auteurs ont contribué à l'interprétation des résultats et à la relecture critique du manuscrit. Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

ORCID des Auteurs

Fazili A : <https://orcid.org/0009-0008-8038-2905>

Mpanga T : <https://orcid.org/0009-0008-7664-1150>

Abasi A : <https://orcid.org/009-0006-3924-6173>

Mujinga G : <https://orcid.org/0009-0009-2545-7908>

Références bibliographiques

- Baker, R. D., Greer, F. R. et Comité de nutrition (2020) « Diagnostic et Préventions de la carence en fer et de l'anémie ferriprive chez les nourrissons et les jeunes enfants », *Pediatrics*, 126(5), pp. 1040 1050
- Bossuyt X. Et Boynaems, J. *Repères en diagnostic de laboratoire*, Garant, Louvain, 2001.
- Bouyer, J. : « Méthodes statistiques, Médecine - Biologie ». ESTEM, Editions INSERM, Paris, 2017.
- Clark, D. C., Williams, M. K. et Basha, O. M. (2021) « Impacts environnementaux de l'exploitation minière artisanale », *Environmental Health Perspectives*, 129(3), 035001.
- Cobbina, S. J. et al. (2015) « Évaluation de la toxicité liée à une exposition subchronique à quatre métaux lourds », *Journal of Hazardous Materials*, 294, pp. 109 120 9.
- Engo, B.G. *Cours de chimie medicale, istm Lubumbashi*, Lubumbashi 2010.
- Henry, J.B., et. al., *Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods*, Nineteenth Edition, WB Saunders, 1996.
- Kaplan A et al. *Clin chem the CV mosby Co. St Louis. Toronto Princeton* 1984,1063-1065.
- Leblanc M, Malaise F. : *Lubumbashi, un écosystème urbain tropical*, CIS/UNAZA, Campus de Lubumbashi, Lubumbashi, 1978
- Marshall W.J. et Bengert S.K. *Biochimie médicale, Physiopathologie et diagnostic*, Elsevier, Paris, 2005
- Mbayo, L., Tshikala, D. et Kasongo, J. (2021) « Étude de l'élévation de la ferritine sérique chez les ouvriers miniers exposés aux activités minières à

Kolwezi », *Revue Congolaise de Santé Publique*, 8(1), pp. 66–74

Mulenga, E., Kalaba, J. et Phiri, D. (2019) « Évaluation des effets de l'exposition au cobalt et au cuivre sur les marqueurs du métabolisme du fer chez les mineurs en Zambie », *Journal Africain de Médecine du Travail*, 11(3), pp. 145–152

Ndibualonji Bb. V. *Cours de chimie medicale, istm lubumbashi*, lubumbashi, 2013.

Pesce, A.J., Kaplan, L.A., *Methods in Clinical Chemistry*, CV Mosby Co., 1987

Schwartz, D. : « Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes », Edition Flammarion – Médecine- Sciences, 15ème tirages, Paris, 2010.

Shu Qiang, Zhang Man. Application of ferritin detection in Clinic labeled immunoassay and clinic, December 2012, Volume 19(6):378-379.

Tampushi, Y., Kabwe, C. et Mumba, M. (2022) « Pollution minière artisanale dans le HautKatanga », *African Journal of Environmental Science and Technology*, 16(3), pp. 117 128

Tampushi, Y., Kabwe, C. et Mumba, M. (2022) « Pollution minière artisanale dans le HautKatanga », *African Journal of Environmental Science and Technology*, 16(3), pp. 117 128

Tietz N W et al. *Clinical guide to laboratory tests*, 3rd ed AACC, 1995

Valdiguie, P. *Biochimie Clinique*, Université Paul Sabatier, Toulouse, 2000

Wheinan S. *Toute la Biochimie*, Dunod, Paris, 2004

Zhu Lan, Zhan Yan, Hang Biao, Guo Ming Ming, Dong Xiaoli. Establishment and clinical application of ferritin time-resolved immunofluorescence chromatography. *Modern immunology*, vol 36(1):50-53.