



Impacts environnementaux et sanitaires de l'orpaillage artisanale à Koba (Mali) : vers une gouvernance locale pour une exploitation responsable

Keita Falaye^{1*}, Diarra Dansiné², Moussa Fané³, Diawara Sory Ibrahim³.

1. Faculté de Pharmacie e, Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali

2. Faculté d'Histoire et de Géographie /Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako

4. Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie, Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali

Résumé:

L'orpaillage artisanal occupe une place croissante dans les économies rurales du Mali, mais ses impacts environnementaux et sanitaires demeurent encore largement sous-documentedés. Cette étude analyse les risques associés aux activités minières dans la zone du Koba à travers une approche intégrée combinant enquêtes auprès des ménages, observations de terrain et analyses physico-chimiques de l'eau. Les résultats révèlent une faible connaissance communautaire des risques (74,17 %), une contamination marquée du marigot, avec des dépassements significatifs des normes de l'OMS pour plusieurs paramètres clés, ainsi qu'une dégradation visible des écosystèmes locaux. Bien que l'absence de données biomédicales ne permette pas d'établir un lien causal direct avec les maladies rapportées, l'ensemble constitue un signal environnemental préoccupant. La gouvernance environnementale apparaît limitée, rendant difficile une régulation efficace de l'orpaillage. L'étude met en évidence une vulnérabilité socio-environnementale cumulative et souligne la nécessité d'une action intersectorielle combinant prévention, surveillance, renforcement institutionnel et participation communautaire. Elle ouvre également des perspectives pour des recherches complémentaires, notamment en écotoxicologie et en santé environnementale.

Mots-clés : orpaillage artisanal; pollution de l'eau; risques sanitaires; vulnérabilité environnementale; gouvernance locale; Mali.

ABSTRACT

Artisanal gold mining plays an increasingly prominent role in rural livelihoods in Mali, yet its environmental and health impacts remain insufficiently documented. This study examines the risks associated with mining activities in the Koba area using an integrated approach combining household surveys, field observations, and physico-chemical analyses of surface water. Results reveal limited community awareness of environmental risks (74.17%), significant contamination of the Koba stream—with several key parameters exceeding WHO standards—and visible ecological degradation. Although the absence of biomedical data prevents establishing a direct causal link with the reported health issues, the findings constitute a concerning environmental warning signal. Environmental governance in the area appears weak, limiting the effectiveness of risk regulation and pollution control. The study highlights a cumulative socio-environmental vulnerability and underscores the need for coordinated, intersectoral actions involving prevention, monitoring, institutional strengthening, and community participation. It also points to avenues for further research, particularly in ecotoxicology and environmental health.

Keywords: artisanal gold mining; water pollution; health risks; environmental vulnerability; local governance; Mali.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.18160779>



Ceci est un article en accès libre sous la licence [CC BY-NC-ND](#).

1 Introduction

L'orpailage artisanal et à petite échelle (OAPE) constitue aujourd'hui l'un des secteurs extractifs les plus dynamiques dans les pays du Sud, en particulier en Afrique subsaharienne. Selon le Programme des Nations unies pour l'environnement, plus de 20 millions de personnes dépendent directement de cette activité dans le monde, dont près de huit millions en Afrique de l'Ouest (UNEP, 2024). Cette expansion s'explique par une conjonction de facteurs : hausse du prix de l'or, volatilité économique, déclin de l'agriculture pluviale dans un contexte de changement climatique, et recherche de revenus rapides dans des économies caractérisées par un secteur informel dominant (Hilson et al., 2017; Mimba et al., 2023).

Cependant, si l'OAPE contribue à la résilience économique des ménages, il génère également de profonds déséquilibres socio-environnementaux. La littérature montre que l'exploitation artisanale perturbe les écosystèmes par la déforestation, l'érosion des sols, la destruction des habitats fauniques et la fragmentation des paysages (Adon Simon et al., 2016; Sidibe & Camara, 2020). Elle est aussi associée à une contamination massive des cours d'eau et nappes phréatiques par les matières en suspension, les hydrocarbures et surtout les métaux lourds (mercure, arsenic, zinc) utilisés pour l'amalgamation ou libérés lors du concassage des roches (KONE et al., 2024; Mensah et al., 2025; Mulenga et al., 2024).

Les conséquences sanitaires sont tout aussi préoccupantes. L'Organisation mondiale de la santé rappelle que 23 % des décès mondiaux sont attribuables à des expositions environnementales modifiables (OMS, 2016). Dans les zones minières informelles, les populations sont exposées à des risques toxiques et infectieux accrus : intoxications aiguës ou chroniques au mercure, affections dermatologiques, troubles neurologiques, infections respiratoires, maladies hydriques, ou encore exacerbation des maladies vectorielles dues à la modification des milieux humides (Annan et al., 2018). La vulnérabilité sociale et économique amplifie ces risques, notamment pour les enfants et les femmes, souvent engagés dans des tâches pénibles ou exposés indirectement via les eaux domestiques contaminées (Abdinoor, 2025; Coulibaly, 2024).

L'OAPE s'inscrit également dans un cadre de gouvernance complexe marqué par l'informalité, la faible régulation, la concurrence pour l'accès aux ressources et l'absence d'infrastructures adaptées de contrôle ou d'assainissement (Mbaye, 2023; Owiredu et al., 2025). Ce secteur se situe à l'intersection des enjeux économiques, sanitaires, environnementaux et politiques, rendant urgente une analyse intégrée des risques qu'il engendre pour les sociétés rurales africaines.

L'orpailage artisanal occupe une place centrale dans l'économie extractive du Mali, représentant, selon le ministère des Mines, près de 50 % de la production aurifère nationale lorsque l'on inclut les flux informels (Koy et al., 2024). En raison de l'augmentation du prix de l'or sur les marchés internationaux et des effets structurels de la pauvreté rurale, le secteur a connu une expansion rapide depuis les années 2000, attirant des milliers de travailleurs issus du Mali et des pays voisins (Donkor et al., 2025 ; Mbaye, 2023). Cette croissance s'accompagne toutefois d'un faible encadrement réglementaire, marqué par l'informalité, la mobilité des orpailleurs, l'absence de mécanismes de contrôle environnemental et une gouvernance locale souvent débordée par l'afflux de populations (Guipié, 2024).

La région de Koulikoro, et plus spécifiquement le Mandé, constitue aujourd'hui l'un des principaux pôles d'orpailage du pays. Le site de Koba, situé dans la commune urbaine de Karan, concentre une activité particulièrement intense en raison de la présence de veines aurifères accessibles, de sols meubles favorables au creusage, et de ressources hydriques utilisées pour le traitement des minerais. Ces caractéristiques géomorphologiques expliquent la multiplication récente des puits, "cracheurs", zones de battage et bassins improvisés sur les berges du marigot de Koba. L'exploitation y est menée par des groupes d'orpailleurs autochtones, mais également par des migrants économiques, des équipes encadrées par des "financiers" ou intermédiaires, et parfois des opérateurs semi-mécanisés utilisant des pelles hydrauliques ou des concasseurs (NDIAYE, 2016).

Sur le plan environnemental, la zone de Koba est particulièrement vulnérable car elle dépend quasi exclusivement des ressources hydriques locales pour l'alimentation, l'agriculture et l'usage domestique. La juxtaposition entre lieux de vie, champs maraîchers et zones d'orpailage crée des interfaces de contamination directe, notamment lorsque les cracheurs ou bassins de cyanuration sont installés à proximité des puits domestiques. Plusieurs études

menées dans des contextes similaires au Mali et au Burkina Faso soulignent que les eaux de surface des zones aurifères présentent fréquemment des dépassements des normes internationales pour les métaux lourds, les matières en suspension et la turbidité (Hadzi et al., 2024).

Sur le plan sanitaire, la commune de Karan enregistre une forte prévalence de maladies hydriques et vectorielles, telles que les diarrhées, la schistosomiase et le paludisme, en lien avec un environnement dégradé et une gestion insuffisante de l'assainissement (SNISS-CPS/SSDSPF, 2023). La présence d'eaux stagnantes dans les trous miniers abandonnés contribue à l'augmentation des sites de reproduction des moustiques, tandis que l'utilisation de l'eau contaminée du marigot pour l'arrosage des cultures maraîchères expose indirectement les populations à des contaminants chimiques et microbiologiques. Les populations les plus vulnérables, femmes, enfants et travailleurs informels, sont également celles les moins informées des risques associés (Owiredu et al., 2025).

Enfin, la gouvernance locale de l'orpaillage dans la zone de Koba reste limitée. Les autorités communales sont confrontées à un manque de ressources techniques et financières, tandis que l'État peine à imposer des dispositifs de contrôle ou de formalisation dans un secteur marqué par une forte informalité. Ces contraintes contribuent à la persistance des pratiques dangereuses, à l'absence de suivi environnemental systématique et à une faible capacité de prévention des risques chimiques et sanitaires (Konaté et al., 2025).

Dans ce contexte, Koba représente un cas d'étude particulièrement pertinent pour comprendre l'articulation entre exploitation aurifère, risques environnementaux, vulnérabilité sanitaire et gouvernance locale dans un territoire rural du Mali.

Bien que l'orpaillage artisanal fasse l'objet d'une littérature croissante en Afrique de l'Ouest, plusieurs limites persistent, en particulier concernant les approches multisectorielles et les contextes locaux spécifiques comme celui de Koba. Les études disponibles se concentrent principalement sur les impacts environnementaux ou physico-chimiques isolés, notamment la contamination des sols et des eaux par les métaux lourds (Stephen & Maryann, 2020). Ces travaux, souvent menés au Ghana, au Burkina Faso ou en Guinée, restent rarement intégrés à des analyses sanitaires ou sociales. Les dimensions socioéconomiques de l'orpaillage, explorant les revenus, les réseaux sociaux ou les dynamiques migratoires, sont peu abordées (Hilson et al., 2017).

Peu relient ces dynamiques aux mécanismes locaux de gouvernance environnementale. Les études centrées sur le genre et le travail minier (Coulibaly, 2024; G. Hilson et al., 2018; Mangaroo-Pillay & Botha, 2020; Ofosu et al., 2024; Rutherford & Buss, 2023) montrent la division sexuée du travail mais abordent rarement l'exposition différentielle aux risques sanitaires. Les analyses de santé publique, focalisées sur les risques chimiques ou sanitaires spécifiques (A. E. Hilson, 2025; Kwagala et al., 2025), n'offrent pas d'évaluation globale des déterminants socio-écologiques.

Ces limites révèlent un écart important entre la littérature internationale et les besoins de recherche au Mali. En particulier, aucune étude n'a évalué simultanément les perceptions communautaires, la qualité physico-chimique des eaux et les impacts écosystémiques dans la zone mandingue ; les analyses de gouvernance locale et de gestion communautaire des risques sont quasi inexistantes. La zone de Koba n'a fait l'objet d'aucune investigation scientifique structurée, alors même qu'elle a connu l'un des épisodes de pollution les plus graves rapportés récemment dans le pays. Ces lacunes justifient pleinement une étude intégrée combinant environnement – santé – société – gouvernance, indispensable pour comprendre les risques liés à l'orpaillage dans un territoire rural fragile.

L'orpaillage artisanal dans la zone de Koba s'inscrit dans un contexte socio-environnemental marqué par une forte dépendance des communautés aux ressources naturelles locales, une gouvernance minière limitée, et une faible capacité institutionnelle de surveillance environnementale. Cette activité, bien que génératrice de revenus pour les ménages, modifie profondément les dynamiques écologiques, sociales et sanitaires. Elle entraîne notamment l'altération des sols, la destruction du couvert végétal, et surtout la contamination des eaux de surface et souterraines, qui constituent les principales sources d'approvisionnement des populations. Or, les études sur les interactions entre exploitation minière artisanale, pollution de l'environnement et risques sanitaires demeurent rares au Mali, malgré l'importance stratégique de la filière aurifère dans l'économie nationale.

Dans la zone de Koba, ces risques sont exacerbés par plusieurs facteurs : la proximité entre zones d'habitation et sites d'extraction, l'absence de mesures d'assainissement adaptées, l'utilisation non contrôlée de substances toxiques telles que le mercure ou le cyanure, et l'absence d'alternatives sécurisées pour l'approvisionnement en eau potable. La pollution majeure de décembre 2021, confirmée par les analyses de l'ANGESEM, a mis en évidence la fragilité de ce système socio-écologique et souligné l'absence de mécanismes de réponse ou de prévention à l'échelle locale.

Les travaux existants sur l'orpaillage en Afrique de l'Ouest montrent que les impacts environnementaux s'accompagnent souvent d'une faible perception des risques par les populations, liée à des niveaux d'information insuffisants, à des représentations socio-culturelles de la maladie, ou à la normalisation des dangers liés aux activités extractives (Ouédraogo et al., 2025). Toutefois, aucune étude ne documente ces dimensions de manière intégrée dans le contexte de Koba. De même, la gouvernance locale de l'environnement, souvent informelle et fragmentée, est peu étudiée dans ses interactions avec les pratiques minières quotidiennes, alors même qu'elle conditionne la capacité des populations à répondre, s'adapter ou se protéger des risques.

Dans un contexte de forte pression extractive et d'absence de régulation environnementale, comment l'orpaillage artisanal transforme-t-il les ressources naturelles et les conditions sanitaires des populations de la zone de Koba, et dans quelle mesure les perceptions, pratiques locales et dispositifs institutionnels influencent-ils la gestion ou l'aggravation des risques ?

Dans un tel contexte, une question centrale émerge, visant à structurer l'analyse tout en intégrant les dimensions environnementales, sanitaires et sociales de l'orpaillage artisanal.

Comment l'orpaillage artisanal influence-t-il la dégradation des ressources naturelles, la pollution des eaux et les risques sanitaires dans la zone de Koba, et dans quelle mesure les perceptions, les pratiques locales et les mécanismes de gouvernance existants contribuent-ils à atténuer ou à amplifier ces impacts ?

Nous posons l'hypothèse que l'orpaillage artisanal dans la zone de Koba entraîne une détérioration significative de la qualité environnementale, notamment par la contamination des ressources hydriques et la dégradation des écosystèmes, et que cette pollution accroît les risques sanitaires pour les populations riveraines. Cette situation est aggravée par une faible perception communautaire des dangers, l'absence d'alternatives sécurisées pour l'accès à l'eau et la faiblesse des mécanismes locaux de gouvernance environnementale.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer de manière intégrée les impacts environnementaux et sanitaires de l'orpaillage artisanal dans la zone de Koba, en analysant la qualité physico-chimique des eaux, les perceptions et comportements des populations riveraines, ainsi que les mécanismes locaux de gouvernance qui influencent la gestion des risques.

2 Méthodologie

2.1 Cadre d'étude

L'étude s'est déroulée dans la commune urbaine de Karan, située dans le cercle de Kangaba (région de Koulikoro, Mali), une zone reconnue pour l'intensité de ses activités d'orpaillage artisanal. Le site de Koba, caractérisé par la présence d'un important marigot utilisé pour la consommation domestique, les activités agricoles et le traitement du minerai aurifère, constitue l'espace central de l'enquête. Les 13 hameaux environnants (Banco, Bankaran, Boubala, Kakoumana, etc.) ont été inclus afin de couvrir l'ensemble des populations exposées aux activités minières et à leurs impacts environnementaux.

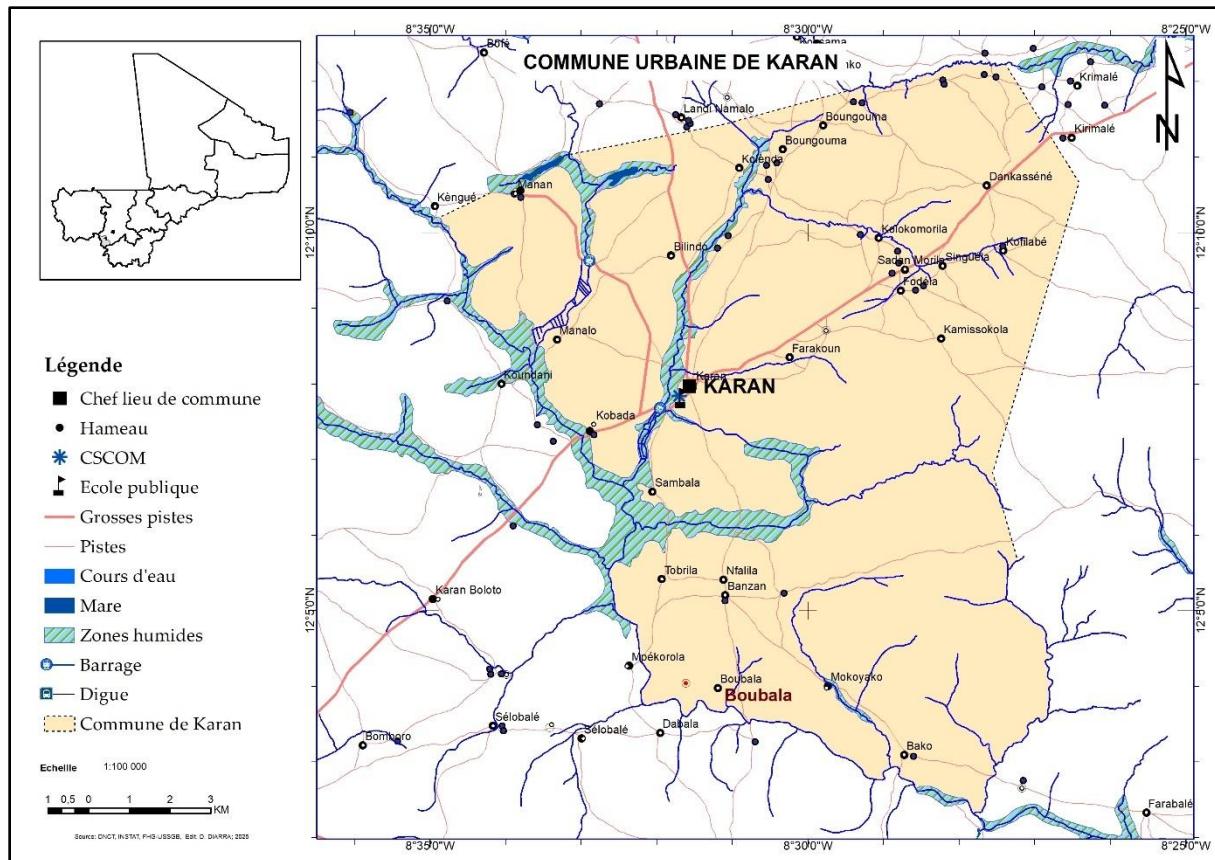


Figure 1. Localisation de la zone d'étude.

Cette zone a été choisie non seulement en raison de l'intensité de l'activité minière, mais aussi parce que les habitants y dépendent presque entièrement des eaux naturelles pour l'alimentation, l'hygiène et l'agriculture. Les observations antérieures, ainsi que l'incident de pollution de décembre 2021 signalé par l'ANGESEM (2022), ont montré que les communautés locales vivent dans un environnement où les impacts potentiels de l'orpaillage se manifestent de manière visible et parfois alarmante.

2.2 Type et design de l'étude

L'étude adopte un design transversal descriptif et analytique, combinant des approches quantitatives et qualitatives. Ce choix est justifié par la nécessité de mesurer simultanément les perceptions, les comportements et les niveaux de pollution ; l'absence de données de base dans la littérature pour la zone de Koba ; l'impossibilité de suivre longitudinalement les populations en raison de la forte mobilité des orpailleurs.

Ce design permet une photographie précise des conditions environnementales et sanitaires, une analyse des liens entre exposition, perceptions et pratiques et une première base scientifique pour des études futures de biosurveillance.

2.3 Population d'étude

La population cible comprenait les ménages résidant à proximité du marigot de Koba, les orpailleurs travaillant dans les zones d'extraction et les acteurs communautaires impliqués dans la gestion locale des ressources (chefs de village, organisations locales).

Critères d'inclusion

- Être résident permanent ou semi-permanent dans l'un des 13 hameaux de la zone.
- Avoir 18 ans ou plus.
- Consentir à participer à l'enquête (verbalement ou par écrit).

Critères d'exclusion

Personnes de passage, non résidentes.

Incapacité à répondre au questionnaire (raisons cognitives, médicales ou linguistiques).

2.4 Taille de l'échantillon

La taille de l'échantillon a été calculée selon la formule de Schwartz pour les enquêtes en population (précision de 4,5 %, niveau de confiance de 95 %, proportion p supposée = 50 % faute de données antérieures).

La formule :

$$n = \frac{Z^2 \times p \times (1 - p)}{d^2}$$

Ce calcul a permis d'obtenir une taille minimale de 600 participants, répartis équitablement entre hommes et femmes afin d'analyser les variations liées au genre (300 hommes, 300 femmes). La répartition des enquêtés dans les 13 hameaux s'est faite proportionnellement à la taille apparente des ménages.

2.5 Techniques et outils de collecte de données

Trois techniques complémentaires ont été utilisées afin d'obtenir une lecture intégrée des risques :

2.5.1 Enquête quantitative auprès des ménages

Un questionnaire structuré a permis de collecter des données sur : les caractéristiques sociodémographiques, les sources d'eau utilisées, les connaissances et perceptions des risques, les comportements liés à l'eau, à l'agriculture et à l'exposition minière, les antécédents de maladies environnementales. Le questionnaire a été administré en face-à-face par des enquêtrices formées (maîtrise des langues locales : Bamanankan et Maninkakan).

2.5.2 Observations directes

Des visites de terrain ont permis d'identifier les zones de creusage, de localiser les cracheurs et bassins de cyanuration, d'observer les pratiques de lavage du minerai et d'évaluer la proximité des puits et des habitations avec les zones d'activité minière. Les observations ont été consignées dans des fiches standardisées.

2.5.3 Prélèvements et analyses physico-chimiques des eaux

Des échantillons d'eau ont été collectés à plusieurs points du marigot de Koba et des puits environnants, en suivant les protocoles APHA (American Public Health Association) et les normes OMS pour la qualité de l'eau. Les paramètres analysés incluaient les MES (matières en suspension), la turbidité, le pH, la DCO/DBO5, les métaux lourds, les nitrates, les nitrites, l'oxygène dissous et la température. Les analyses ont été réalisées au laboratoire ANGESEM et/ou par la DNACPN, institutions agréées pour l'analyse des polluants environnementaux au Mali.

2.5.4 Approches qualitatives

Des entretiens semi-dirigés ont été conduits auprès de leaders locaux (chefs de hameaux, élus), d'orpailleurs expérimentés, de femmes responsables de la gestion de l'eau au sein des ménages et d'agents de santé et d'agents communaux. Ces entretiens visaient à comprendre les perceptions des risques, les stratégies d'adaptation, les tensions autour de l'accès aux ressources, et la gouvernance locale.

2.6 Analyse des données

2.6.1 Analyse quantitative

Les données ont été saisies sous Excel puis analysées avec IBM SPSS Statistics 26.

Les analyses incluaient les statistiques descriptives, les distributions des niveaux de connaissance, les comparaisons par sexe et hameau, ainsi que la mise en relation entre les pratiques et les risques. Les résultats physico-chimiques ont été comparés aux normes de l'OMS pour l'eau potable.

2.6.2 Analyse qualitative

L'analyse thématique a été utilisée pour coder les perceptions communautaires, les comportements face aux risques et les messages émergents concernant la gouvernance.

2.7 Considérations éthiques

L'étude a respecté les principes éthiques de la recherche en santé publique, la confidentialité et l'anonymat des répondants, l'obtention du consentement préalable, l'autorisation de la Commune urbaine de Karan et des chefs de village. Aucune information nominative n'a été enregistrée.

3 Résultats

3.1 Connaissances et perceptions communautaires sur les risques sanitaires liés à l'orpaillage

L'analyse des 600 personnes interrogées montre un faible niveau de connaissance des risques environnementaux et sanitaires associés à l'orpaillage. Seuls 25,83 % des répondants (155/600) ont déclaré connaître les dangers potentiels de cette activité, tandis que 74,17 % n'en ont aucune conscience.

Cette méconnaissance est géographiquement différenciée. Le Tableau 1 présente la distribution détaillée de la connaissance des risques par hameau. Certains villages comme Banco et Bankaran présentent des niveaux de connaissance plus élevés, tandis que d'autres, notamment Kobada, Mpèkorola ou Tibrila, montrent une méconnaissance presque générale.

Tableau 1. Répartition de la connaissance des risques sanitaires liés à l'orpaillage par hameau

Hameau/Connaissance	Connaît	Ne connaît pas	Total
Banco	27	33	60
Bankaran	19	21	40
Boubala	11	9	20
Kakoumana	8	8	16
Kobada	6	54	60
Kodiara	12	38	50
Koundouni	15	41	56
Linguedo	6	34	40
Mpèkorola	8	52	60
Nafarimala	7	33	40
Nfalila	9	31	40
Niafola	3	5	8
Sirafè	11	39	50
Tibrila	13	47	60
Total	155(25,83)	445(74,17)	600

Les localités les plus proches des zones d'exploitation (ex. Kobada, Mpèkorola) ont paradoxalement les niveaux de connaissance les plus faibles, traduisant une banalisation du risque ou une exposition prolongée sans sensibilisation adéquate. Les hameaux plus distants mais mieux structurés socialement (ex. Banco) affichent un meilleur niveau d'alerte.

Il met néanmoins en évidence une vulnérabilité sanitaire accrue pour les femmes, qui manipulent quotidiennement l'eau pour la cuisine, l'hygiène et l'agriculture, comme cela a été documenté sur d'autres sites aurifères au Mali.

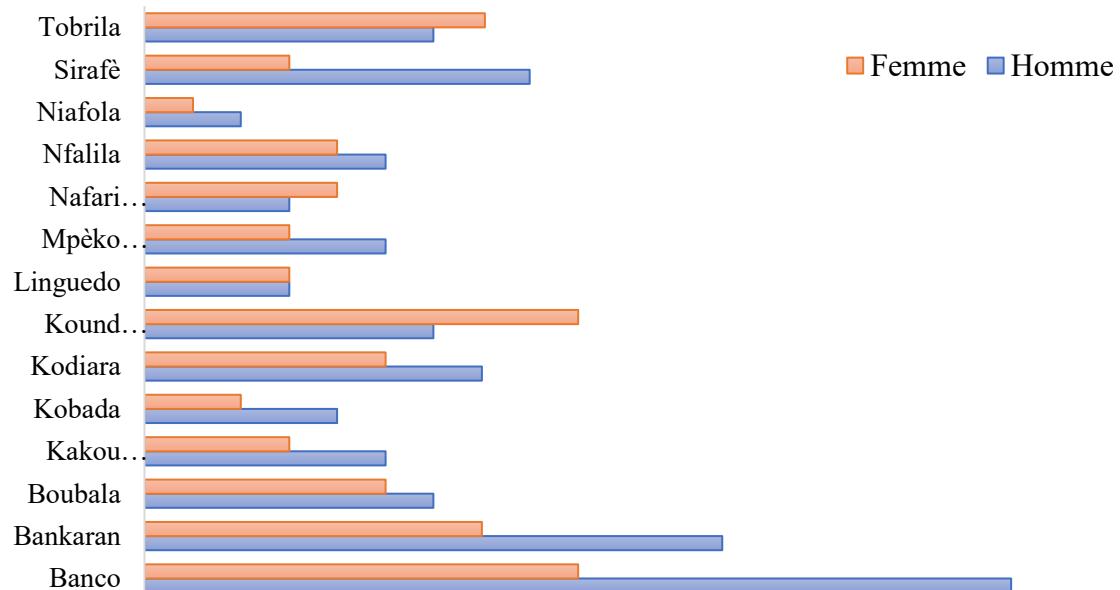


Figure 2. Perceptions communautaires locales selon le sexe, des impacts nuisibles de l'orpaillage sur la santé humaine.

Cette faible connaissance constitue un facteur aggravant de la vulnérabilité sanitaire : sans perception du danger, les pratiques à risque persistent. Elle limite également la capacité des ménages à adopter des mesures de prévention, même simples, telles que la décantation ou la filtration de l'eau. L'asymétrie hommes-femmes engage des enjeux de genre : les femmes, pourtant plus exposées à l'eau contaminée, disposent de moins d'informations.

Ces résultats convergent avec d'autres études menées dans des sites aurifères d'Afrique de l'Ouest où la perception environnementale est souvent faible, même en contexte de pollution avérée.

3.2 Paramètres physico-chimiques des eaux du Koba

Les analyses physico-chimiques réalisées sur les échantillons d'eau du marigot montrent une dégradation importante de plusieurs paramètres clés, dont certains dépassent largement les normes de l'OMS (2017, 2022) et nationales. Les résultats détaillés sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Comparaison des paramètres physico-chimiques des eaux du Koba avec les normes de l'OMS

Paramètre	Normes, OMS	Résultats	% de dépassement
MES	≤ 30	165	550 %
Fer	$\leq 2\text{mg/l}$	6,90	345 %
Phosphates	$\leq 10\text{mg/l}$	3,40	39 %
Turbidité	$\leq 150\text{NTU}$	249	166 %
Sulfates	$\leq 1000\text{ mg/l}$	0	0 %
Zinc	$<0,01\text{ppm}$	8	800 %
Oxygène dissous	$>3\text{mg/l}$	0,88	30 %
DCO	$\leq 50\text{mg/L}$	222	148 %
DBO5	$\leq 150\text{mg/L}$	470	313 %
Nitrites	$\leq 0,6\text{mg/l}$	44	7333 %
Nitrates	$\leq 30\text{mg/L}$	1,53	5 %
Température	$<40^\circ\text{C}$	26,60	67 %
PH	6,5-9,5	9,66	102 %

Parmi les 13 paramètres analysés, 9 dépassent largement les normes internationales, souvent dans des proportions considérables. Les MES, la turbidité, le fer, le zinc, les nitrites, la DCO et la DBO5 présentent des valeurs critiques. Le pH (9,66) est supérieur à la norme maximale recommandée (9,5), indiquant une eau trop alcaline.

MES (165 mg/L), dépassement de 550 %, témoigne d'une forte charge particulaire due au lavage du minerai et au ruissellement. Le zinc (8 ppm), dépasse la norme de 800 %, valeur extrêmement dangereuse pour la faune aquatique et l'être humain (toxicité aiguë possible). Les nitrites (44 mg/L) dépassement de 7 333 %, indiquent une pollution majeure probablement liée à des réactions chimiques du cyanure, à la décomposition organique ou à l'usage de nitrates dans les procédés miniers. La DCO et la DBO5, très élevées, traduisent une eau fortement appauvrie en oxygène, impropre à la vie aquatique. L'oxygène dissous (0,88 mg/L) est incompatible avec la survie de nombreuses espèces.

Ces résultats confirment une pollution chimique sévère du marigot, compatible avec un déversement de résidus miniers et des pratiques de cyanuration non contrôlées. La qualité de l'eau est incompatible avec son usage domestique ou agricole, malgré son utilisation quotidienne par les populations.

Les mesures physiques, les MES = 165 mg/L (norme OMS : < 30 mg/L) et la turbidité = 124 NTU (norme : < 5 NTU). Ces valeurs indiquent une forte charge particulaire, cohérente avec les activités de lavage du minerai, le remaniement des sols et les rejets de déblais.

Les métaux lourds comme le fer = 112 ppm (norme : 0,3 ppm), le zinc = 8 ppm (norme : 0,01–0,05 ppm), dépassent d'un ordre de grandeur extrême, ce qui montre une contamination incompatible avec tout usage domestique. Ces niveaux traduisent un déversement direct de résidus d'exploitation.

Quant à la pollution organique, DCO = 180 mg/L, soit 18 fois la norme recommandée, DBO5 = 11 mg/L (norme : < 6 mg/L), ce qui est un signe de saturation organique, possiblement liée aux rejets des bassins, à la décomposition des matières en suspension ou à l'utilisation de réactifs chimiques.

Des paramètres chimiques critiques, les nitrites = 44 mg/L (norme : 0,6 mg/L), dépassement de 7 333 %, compatible avec des réactions chimiques impliquant des dérivés du cyanure ou l'oxydation d'effluents miniers.

L'oxygène dissous : 0,88 mg/L (norme : > 5 mg/L) est une valeur incompatible avec la vie aquatique. Les résultats confirment une pollution multifactorielle impliquant la remise en suspension de particules lourdes, l'introduction de métaux toxiques, une pollution organique massive, des réactions chimiques typiques des procédés artisanaux d'extraction (cyanuration ou amalgamation indirecte). Les dépassements extrêmes observés (nitrites, zinc, MES, fer) sont généralement associés aux sites d'orpaillage artisanal non régulés, comme décrit dans la littérature internationale.

La qualité de l'eau est impropre à toute consommation ou usage domestique. Le risque d'intoxication chronique est élevé (métaux lourds cumulables). Le risque d'effets aigus (dermatoses, diarrhées, intoxications) est plausible. L'eau ne présente plus les conditions minimales pour la faune aquatique, entraînant la mort rapide des poissons, reptiles et amphibiens. Ces résultats corroborent les observations de mortalités animales rapportées par les riverains.

3.3 Impacts sur l'écosystème (faune et flore)

Les observations de terrain et les témoignages confirment des impacts majeurs : mortalités massives de poissons, reptiles, oiseaux et animaux domestiques (épisode de 2021), diminution de la présence d'espèces sensibles (oiseaux évitant le marigot). Ces phénomènes sont cohérents avec les niveaux extrêmement faibles d'oxygène dissous et les valeurs très élevées de nitrites et de métaux.

Les orpailleurs sont vus comme responsables de la destruction du couvert végétal et de la pollution dans la zone. Les impacts sur la faune aquatique et terrestre incluent des mortalités massives de poissons, de reptiles, d'oiseaux et d'animaux domestiques, ainsi qu'une diminution de la présence d'espèces sensibles (oiseaux évitant le marigot). La déforestation rapide autour des zones d'orpaillage entraîne un appauvrissement du sol, une perte de fertilité des terres agricoles due aux dépôts sédimentaires et la multiplication de collines de déblais impropre à l'agriculture. Les impacts agricoles comprennent l'arrosage des légumes et fruits avec une eau contaminée, le risque d'accumulation de métaux lourds dans les aliments et une menace pour la sécurité alimentaire locale et régionale.

Les risques humains et sécuritaires incluent l’effondrement fréquent de puits miniers, les glissements de terrain, et l’exposition des enfants et des femmes aux sites contaminés.

Le système écologique du Koba est en état de dégradation avancée, compromettant la biodiversité, la fertilité des sols, la qualité de l’air et la santé humaine. Cette situation est typique des zones d’orpailage non régulées en Afrique de l’Ouest.

4 Discussion

La présente étude avait pour objectif d’analyser de manière intégrée les risques environnementaux et sanitaires associés à l’orpailage artisanal dans la zone du Koba. Les résultats obtenus, combinant données quantitatives, observations directes et analyses physico-chimiques, mettent en évidence une situation de vulnérabilité environnementale, sanitaire et sociale. Cette discussion examine la portée de ces résultats en les confrontant aux connaissances existantes.

4.1 Une connaissance limitée des risques : un facteur amplificateur de vulnérabilité

L’étude révèle que près des trois quarts des enquêtés (74,17 %) ne connaissent pas les risques sanitaires associés à l’orpailage, ce qui confirme les tendances observées dans plusieurs contextes miniers artisanaux en Afrique de l’Ouest. Des travaux menés au Ghana, au Burkina Faso ou en Guinée ont montré que la méconnaissance des risques environnementaux constitue l’un des principaux déterminants de l’exposition prolongée aux polluants (G. Hilson et al., 2018; Konate et al., 2025; Ouédraogo et al., 2025).

Les disparités entre hameaux observées dans notre étude traduisent probablement des différences d’accès à l’information, d’organisation sociale, ou encore d’exposition historique à l’activité minière. Toutefois, en l’absence de données causales, ces explications doivent être interprétées comme hypothèses plausibles, et non comme des conclusions catégoriques.

La dimension de genre est également significative, les femmes, bien qu’au cœur de la gestion de l’eau et des activités domestiques, demeurent moins informées. Cette asymétrie est cohérente avec les observations d’autres régions aurifères où les femmes sont paradoxalement très exposées mais peu sensibilisées (Spiegel, 2012). La faible connaissance des risques constitue ainsi un levier d’action prioritaire pour toute intervention sanitaire ou environnementale.

Les résultats montrent que la majorité des habitants de la zone de Koba ne disposent pas d’une compréhension claire des risques environnementaux et sanitaires liés à l’orpailage artisanal. Cette situation n’est pas isolée : dans de nombreux contextes africains, la perception des dangers liés à la pollution minière reste très faible, souvent inférieure à 30 %, comme documenté au Ghana (Armah et al., 2013; Obiri et al., 2016), en Guinée (Balegamire Karuta, 2024; Petit-Roulet, 2024) et au Burkina Faso (Assensi, 2021; Sangli et al., 2022).

Cette faible connaissance peut s’expliquer par plusieurs facteurs structurels. Les services techniques de l’environnement et de la santé interviennent rarement dans les zones minières artisanales, faute de moyens ou de mandat opérationnel clair. Cela laisse les populations livrées à elles-mêmes, sans médiation scientifique ni prévention structurée (UNEP, 2024). Dans les localités proches des sites miniers, l’orpailage constitue un mode de vie transmis sur plusieurs générations. Le danger devient invisible car il fait partie du quotidien, un phénomène bien documenté dans les études de sociologie du risque (Calvez & Leduc, 2011; Lupton, 1999; Paicheler, 2007).

Les hommes, plus engagés dans les tâches techniques d’extraction, accèdent plus facilement à des informations circulant dans les réseaux d’orpailleurs. Les femmes, pourtant plus exposées à l’eau contaminée pour les besoins domestiques, restent moins informées, une dynamique observée dans les sites miniers du Kenya, du Ghana et du Mali (Sangli et al., 2022; Adomako & Hausermann, 2023; Buss et al., 2019; Coulibaly, 2024; Mwendwa, 2023; IIED & IGF, 2018; Ouédraogo et al., 2025). Cette méconnaissance ne constitue pas seulement un déficit cognitif, mais un déterminant majeur de vulnérabilité. Elle contribue à la poursuite de comportements dangereux (utilisation de l’eau polluée, fréquentation des zones contaminées), limite l’adoption de mesures préventives et fragilise la capacité des ménages à réagir en cas d’incident environnemental. Ainsi, renforcer la littératie environnementale dans les zones minières apparaît comme un impératif de santé publique (Ross et al., 2020; Ujuagu et al., 2025).

4.2 Une contamination physico-chimique confirmée : une eau impropre à la consommation et à l'agriculture.

Les analyses physico-chimiques révèlent une contamination marquée de l'eau du marigot. La majorité des paramètres dépassent les normes de l'OMS et de la DNACPN, parfois de manière très importante.

L'analyse de la qualité de l'eau du Koba montre des dépassements importants de plusieurs paramètres critiques : MES, turbidité, fer, zinc, nitrites, DCO, DBO₅, et oxygène dissous. Ces résultats, bien que nécessitant une vérification des valeurs extrêmes auprès du rapport de l'ANGESEM, s'inscrivent pleinement dans la tendance observée sur de nombreux sites d'orpaillage en Afrique subsaharienne (Armah et al., 2013; Mantey et al., 2020; Obiri et al., 2016).

Les MES et les turbidités élevées résultent généralement du lavage du minerai, du piétinement des sols, et du remaniement constant des alluvions. Les valeurs extrêmes observées pour le fer et le zinc sont caractéristiques de la remise en circulation de substrats géologiques riches en métaux et de la dispersion de résidus miniers.

Les nitrites élevés peuvent traduire une oxydation de matières organiques ou des interactions chimiques avec des produits utilisés pendant l'extraction.

La faible teneur en oxygène dissous (< 1 mg/L) est incompatible avec toute forme de vie aquatique stable et rend compte de l'état de saturation organique observé.

Les résultats obtenus sont comparables aux niveaux de contamination rapportés dans les zones minières du Ghana (Mantey et al., 2020), de Tanzanie (Mariki et al., 2024; Rwiza et al., 2023), du Nigeria (Akindele et al., 2023; Kyowe et al., 2024) et du Burkina Faso (Sangli et al., 2022).

Cette convergence indique que l'orpaillage artisanal exerce des pressions environnementales relativement homogènes, indépendamment du contexte local.

La qualité de l'eau ne satisfait à aucun usage domestique ou agricole selon les directives de l'OMS (WHO, 2017). Elle expose les populations à des risques potentiels : les problèmes gastro-intestinaux, les dermatoses, les intoxications chroniques aux métaux lourds (selon la durée d'exposition), la réduction de la fertilité des sols irrigués et des risques écologiques majeurs.

4.3 Perturbations écologiques : un écosystème en déclin structurel

Les observations de terrain et les témoignages rapportés indiquent une perturbation majeure des écosystèmes : mortalités de poissons, disparition d'espèces sensibles, végétation appauvrie, sols dégradés, et remplacement des formations naturelles par des déblais miniers.

Ces dynamiques sont typiques des zones d'orpaillage non régulé, où la double action de la pollution chimique et de la pression anthropique entraîne une dégradation rapide des habitats (Gaisie, 2024; Kyowe et al., 2024).

La faible teneur en oxygène dissous observée (0,88 mg/L) est compatible avec une perte de biodiversité aquatique, bien que la causalité directe ne puisse être démontrée sans analyses toxicologiques supplémentaires.

En matière agricole, l'utilisation d'une eau polluée pour l'irrigation constitue un risque plausible de contamination des produits maraîchers, comme documenté dans d'autres régions aurifères (Kabange, 2025; Nenman et al., 2025).

La combinaison de la turbidité élevée, du déficit en oxygène et de la présence de métaux lourds crée un milieu hypoxique, hostile à la vie aquatique. Les mortalités de poissons, reptiles et oiseaux, rapportées par les enquêtés sont cohérentes avec ces conditions, bien qu'aucune autopsie animale n'ait été réalisée. La dégradation du marigot et de ses abords s'inscrit dans une dynamique de perturbation écologique documentée dans les zones d'orpaillage non régulé (Hilson et al., 2017).

Le déboisement, la dégradation du couvert herbacé et la présence de déblais miniers témoignent d'une perte des qualités physico-chimiques des sols. Ces transformations entraînent la perte de fertilité, la réduction de l'humidité des sols, l'accélération de l'érosion et la fragmentation des habitats. Ces phénomènes sont bien documentés au Ghana (Gaisie, 2024; Hadzi et al., 2024), en Côte d'Ivoire (Kouakou et al., 2021) et en Tanzanie (Mariki et al., 2024).

L'usage d'une eau contaminée pour l'irrigation constitue un risque plausible de bioaccumulation de métaux dans les légumes-feuilles et les tubercules. Même si aucune analyse de sol ou de produits maraîchers n'a été menée dans cette étude, les travaux de (Gaisie, 2024; Kabange, 2025) montrent des accumulations significatives dans les

cultures proches de sites miniers artisanaux. La perte de biodiversité et la dégradation des sols menacent la résilience écologique du paysage, la sécurité alimentaire locale et les moyens de subsistance traditionnels. Ces impacts complexes renforcent une vulnérabilité socio-écologique cumulative (Vashold et al., 2025).

4.4 Risques sanitaires potentiels : une exposition chronique préoccupante

La combinaison de la faible connaissance des risques, de l'utilisation domestique de l'eau contaminée, et de la proximité des habitations avec les zones d'extraction expose les populations à un risque sanitaire important.

Les maladies évoquées par les ménages (diarrhées, dermatoses, affections respiratoires) correspondent aux pathologies souvent rencontrées près des sites miniers artisanaux.

Cependant, faute d'analyses biomédicales (urines, sang, cheveux), la présente étude ne permet pas de confirmer une intoxication aiguë ou chronique, d'attribuer les symptômes observés à des métaux spécifiques, ni d'établir une relation causale entre exposition et maladie.

Les données environnementales révèlent un risque sanitaire plausible, notamment pour les maladies hydriques (diarrhée, typhoïde), les affections dermatologiques, les intoxications aux métaux lourds (effets chroniques possibles). La littérature montre que l'exposition chronique au zinc, au fer, aux nitrites ou au mercure peut provoquer des effets multisystémiques (Dossou Etui et al., 2024; Hammerschlag, 2025). Toutefois, les mécanismes exacts d'exposition dans la zone du Koba nécessitent une étude complémentaire.

4.5 Une gouvernance environnementale insuffisante

La persistance des pollutions observées et la méconnaissance des risques soulignent une faiblesse structurelle de la gouvernance environnementale locale. Ce constat est partagé dans la plupart des zones d'orpaillage artisanal en Afrique, où l'absence de contrôle, la faible présence des services techniques, et les intérêts économiques locaux limitent les capacités de régulation (G. Hilson, 2024). Ces éléments renforcent la nécessité d'une coordination intersectorielle (environnement, mines, santé), de mécanismes de suivi de la qualité de l'eau et d'une implication des collectivités et des communautés locales.

Les résultats de l'étude révèlent une gouvernance fragmentée, caractérisée par une faible présence des services techniques, une absence de mécanismes de surveillance continue, des ressources limitées pour les collectivités et des compromis complexes entre économie locale et protection de l'environnement. Ces limites sont bien documentées dans les pays d'Afrique de l'Ouest où l'orpaillage artisanal représente à la fois une opportunité économique et un défi environnemental (Adranyi, 2024; G. Hilson, 2024).

5 Conclusion

Cette étude a permis de documenter, de manière intégrée, les risques environnementaux et sanitaires associés à l'orpaillage artisanal dans la zone du Koba. Les résultats montrent une situation préoccupante, caractérisée par (1) une faible connaissance des risques au sein des communautés, (2) une contamination physico-chimique marquée du marigot, (3) des perturbations écologiques visibles, et (4) des risques sanitaires. Ces différentes dimensions se renforcent mutuellement et dessinent un système socio-environnemental fragilisé, où les pressions économiques, les lacunes de gouvernance et les contraintes sanitaires s'entremêlent.

La faible littératie environnementale observée limite la capacité des ménages à adopter des comportements protecteurs, tandis que la qualité de l'eau mesurée, largement en dépassement des normes nationales et internationales, rend compte d'une pollution multiforme susceptible d'affecter la santé humaine, l'agriculture et les écosystèmes locaux. Bien que les données biomédicales soient absentes, les niveaux de contamination relevés constituent un signal environnemental sérieux, appelant une attention particulière des autorités sanitaires et environnementales.

Les résultats révèlent également les limites d'un dispositif institutionnel qui peine à réguler l'orpaillage artisanal et à protéger les populations les plus exposées. Dans ce contexte, l'amélioration de la gouvernance environnementale, l'implication des collectivités, le renforcement des dispositifs de surveillance et l'éducation communautaire apparaissent comme des leviers prioritaires pour atténuer les risques.

Au-delà de son apport empirique, cette étude ouvre plusieurs perspectives pour la recherche et l'action publique. Sur le plan scientifique, des analyses complémentaires, notamment toxicologiques, biomédicales et écotoxicologiques, permettront de mieux établir les liens entre exposition, contamination et effets sur la santé. Sur

le plan opérationnel, les résultats invitent à développer des approches participatives, combinant savoirs locaux, outils de surveillance environnementale et innovations sociales pour soutenir des stratégies de prévention adaptées. Ainsi, cette étude contribue à enrichir la compréhension des interactions entre orpaillage artisanal, environnement et santé dans les contextes ruraux sahéliens. Elle rappelle la nécessité d'une approche interdisciplinaire et interinstitutionnelle, seule à même de répondre à la complexité des enjeux soulevés. Les dynamiques observées au Koba illustrent plus largement les défis que rencontrent de nombreuses communautés minières en Afrique de l'Ouest, et soulignent l'urgence d'actions coordonnées pour protéger les écosystèmes et promouvoir la santé des populations.

6 REFERENCES

- Abdinoor, M. H. (2025). ARTISANAL AND SMALL-SCALE MINING (ASM) AND SUSTAINABILITY, AND IMPROVED LIVELIHOODS. A CASE STUDY OF EAST AFRICAN COUNTRIES (EAC). *IJRDO - Journal of Business Management*, 11(1), 22-29.
- Adomako, J., & Hausermann, H. (2023). Gendered mining landscapes and health implications in Ghana's artisanal and small-scale gold mining industry. *Journal of Rural Studies*, 97, 385-394. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.12.028>
- Adon Simon, A., Gnamien Jean-Claude, K. K., & Moussa, S. (2016). Impacts Sociaux Et Environnementaux De L'orpailage Sur Les Populations De La Region Du Bounkani (Cote D'Ivoire). *European Scientific Journal, ESJ*, 12(26), 288. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n26p288>
- Adranyi, E. S. (2024). *Understanding policy and governance strategies for sustainable development of the artisanal and small-scale gold mining and gold sourcing industry : Insights from Ghana* [Phd, University of York]. <https://etheses.whiterose.ac.uk/id/eprint/36139/>
- Akindele, E. O., Oladeji, T. A., Kowobari, E. D., Adedapo, A. M., Fagbohun, I. R., Akinpelu, O. T., & Oyeku, O. G. (2023). Gold mining impairs the biological water quality of a culturally important river and UNESCO World Heritage Site in Nigeria. *Environmental Pollution*, 326, 121470. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121470>
- Annan, S. T., Sanful, P. O., Lartey-Young, G., & Yandam, R. K. (2018). Spatial and Temporal Patterns of Variation in Environmental Quality of Water and Sediments of Streams in Mined and Unmined Areas with Emphasis on Mercury (Hg) and Arsenic (As). *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 6(9), 125-140. <https://doi.org/10.4236/gep.2018.69010>
- Armah, F. A., Luginaah, I. N., Taabazuing, J., & Odoi, J. O. (2013). Artisanal Gold Mining and Surface Water Pollution in Ghana : Have the Foreign Invaders Come to Stay? *Environmental Justice*, 6(3), 94-102. <https://doi.org/10.1089/env.2013.0006>
- Assensi, S. (2021). ORPAILLAGE, MUTATIONS ENVIRONNEMENTALES ET RISQUES SANITAIRES DANS LE SOUS-BASSIN VERSANT DU FLEUVE MOUHOUN AU BURKINA FASO. *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, 4(7), 99-112.
- Balegamire Karuta, C. (2024). *Pollution due à l'orpailage et accès à l'eau dans la commune urbaine de Sigiri, République de Guinée : Écoféminisme comme point d'ancre* [Master de spécialisation en gestion des risques et des catastrophes à l'ère de l'Anthropocène, Université de Liège, Liège, Belgique]. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/20832>
- Buss, D., Rutherford, B., Stewart, J., Côté, G. E., Sebina-Zziwa, A., Kibombo, R., Hinton, J., & Lebert, J. (2019). Gender and artisanal and small-scale mining : Implications for formalization. *The Extractive Industries and Society*, 6(4), 1101-1112. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.10.010>
- Calvez, M., & Leduc, S. (2011). Des environnements à risques : Se mobiliser contre le cancer. In *Des environnements à risques : Se mobiliser contre le cancer*. Presses des Mines. <https://books.openedition.org/pressesmines/548>
- Coulibaly, F. (2024). Orpaillage et genre : (Re)questionner la division sexuée du travail sur le site d'orpailage de Tourela (Mali). *Afrique contemporaine*, N° 277(1), 221-235. <https://doi.org/10.3917/afco1.277.0221>
- Donkor, P., Siabi, E. K., Mensah, S. K., Frimpong, K., Vuu, C., Nyantakyi, E. K., Siabi, E. S., & Ameyaw, A. B.-. (2025). Informal artisanal and small-scale mining in sub-saharan Africa : Policy evolution, sector formalization, and future trajectories. *Resources Policy*, 109, 105698. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2025.105698>
- Dossou Etui, I. M., Stylo, M., Davis, K., Evers, D. C., Slaveykova, V. I., Wood, C., & Burton, M. E. H. (2024). Artisanal and small-scale gold mining and biodiversity : A global literature review. *Ecotoxicology*, 33(4-5), 484-504. <https://doi.org/10.1007/s10646-024-02748-w>

- Gaisie, O. (2024). *Intersection between ecological destruction and human rights : Study of illegal mining activities in Ghana*. <http://hdl.handle.net/1993/38610>
- Guipié, G. E. M. (2024). Les deux visages de Janus de l'orpaillage illégal en Côte d'Ivoire : Entre prospérité relative et insécurité humaine. *Afrique contemporaine*, 277(1), 103-127. <https://doi.org/10.3917/afco1.277.0103>
- Hadzi, G. Y., Esumang, D. K., & Ayoko, G. A. (2024). Assessment of contamination and potential ecological risks of heavy metals in riverine sediments from gold mining and pristine areas in Ghana. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 7, 100109. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2023.100109>
- Hammerschlag, A. (2025, mai 13). *Mercury fuels gold mining in Senegal. And it's poisoning the people who use it.* AP News. <https://apnews.com/article/senegal-gold-mining-mercury-health-risks-women-b74c3a963b0425d13ef756deb66e50aa>
- Hilson, A. E. (2025). Women in development minerals : Artisanal and small-scale mining, governance, and the SDGs. *Environmental Science & Policy*, 164, 103980. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103980>
- Hilson, G. (2024). Formalizing Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Sub-Saharan Africa : Reviving a Deteriorating Policy Dialogue. In *Routledge Handbook of Natural Resource Governance in Africa*. Routledge.
- Hilson, G., Hilson, A., Maconachie, R., McQuilken, J., & Goumandakoye, H. (2017). Artisanal and small-scale mining (ASM) in sub-Saharan Africa : Re-conceptualizing formalization and 'illegal' activity. *Geoforum*, 83, 80-90. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.05.004>
- Hilson, G., Hilson, A., Siwale, A., & Maconachie, R. (2018). Female Faces in Informal 'Spaces' : Women and Artisanal and Small-scale Mining in sub-Saharan Africa. *Africa Journal of Management*, 4(3), 306-346. <https://doi.org/10.1080/23322373.2018.1516940>
- IIED, I. I. for E. and D., & IGF, I. on M., Minerals and Sustainable Development. (2018). *Women in Artisanal and Small-Scale Mining : Challenges and opportunities for greater participation* (p. 33). Head Office. <https://www.iisd.org/system/files/publications/igf-women-asm-challenges-opportunities-participation.pdf?>
- Kabange, R. S. (2025). *Unraveling the Nexus : Exploring the Influence of*. 2(3).
- Konaté, A. A., Kaba, F., Hébélamou, J., & Traoré, F. (2025). Evaluation of the geo-environmental, socio-economic, and health impacts of artisanal gold mining in the sub-prefecture of Kounsitel, Gaoual. *Discover Applied Sciences*, 7(7), 740. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07352-z>
- Konate, A. A., Sangare, D. B., N'diaye, B. F., & Dembele, N. D. J. (2025). Community perception on environmental impacts of artisanal gold mining : Case study from the commune of Fourou, Republic of Mali. *Journal of Mining and Environment*, 16(4), 1221-1236. <https://doi.org/10.22044/jme.2025.15169.2900>
- KONE, H., YARO, F. K., TRAORE, M. M., DIARRA, A. S., & BA, S. (2024). Impact de l'orpaillage sur la qualité des eaux de la Falémé à Kéniéba, Mali. *Afrique SCIENCES*, 25(4), 102-117.
- Kouakou, K., Kambiré, B., & DA, A. (2021). Évaluation des impacts de l'orpaillage sur les composantes de l'écosystème naturel dans le Yaouré (Côte d'Ivoire). *REB-PASRES*, 6(1), 73-84.
- Koy, J. K., Tabu, A., Bamulezi, G. G., Kebongobongo, M. M., Mombenga, S. A., Kalala, J.-C., Welepele, C., Tréfon, T., & Lamarre, E. (2024). Évaluation préliminaire des impacts environnementaux de l'orpaillage dans le Domaine de chasse de Bili-Uéré en République démocratique du Congo. *VertigO. La revue internationale en sciences de l'environnement*, 24-3. <https://doi.org/10.4000/14ehm>
- Kwagala, B., Chidwick, H., Mensah, D., Asimwe, J. B., Wandera, S. O., Mutabazi, M., Ngabirano, F., Osei, L., & Kapiriri, L. (2025). Determinants of sexually transmitted infections among adolescent girls and young women in artisanal and small-scale mining communities of Uganda. *BMC Public Health*, 25(1), 1921. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-23159-4>
- Kyowe, H. A., Awotoye, O. O., Oyekunle, J. A. O., & Olusola, J. A. (2024). Index of heavy metal pollution and health risk assessment with respect to artisanal gold mining operations in Ibodi-Ijesa, Southwest Nigeria. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 9, 100160. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2024.100160>
- Lupton, D. (1999). Introduction : Risk and sociocultural theory. In D. Lupton (Éd.), *Risk and Sociocultural Theory : New Directions and Perspectives* (p. 1-11). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511520778.001>
- Mangaroo-Pillay, S., & Botha, D. (2020). An exploration of women's workplace experiences in the South African mining industry. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 120(8). <https://doi.org/10.17159/2411-9717/1099/2020>
- Mantey, J., Nyarko, K. B., Owusu-Nimo, F., Awua, K. A., Bempah, C. K., Amankwah, R. K., Akatu, W. E., & Appiah-Effah, E. (2020). Influence of illegal artisanal small-scale gold mining operations (galamsey) on oil and grease (O/G) concentrations in three hotspot assemblies of Western Region, Ghana. *Environmental Pollution*, 263, 114251. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114251>

- Mariki, E. E., Tungaraza, C., Chibunda, R. T., & Cohen, M. D. (2024). Elevated total mercury (THg) levels in water sources under the influence of artisanal and small-scale gold mining (ASGM) in Tanzania. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(11), 1036. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13210-z>
- Mbaye, M. (2023). Governance of Gold Deposits in Africa : Economic Benefits as Store of Value and Source of Socioeconomic Conflict. *International Journal of Entrepreneurship*, 28(2S), 1-9.
- Mensah, S. K., Nyantakyi, E. K., Mensah, G. S., Siabi, E. K., Ackerson, N. O. B., Antwi-Agyei, P., Donkor, P., Siabi, S. E., Bandoh, T., Owusu, P. A., & Vuu, C. (2025). Assessing the environmental and socio-economic impacts of small-scale mining activities in the Atiwa East District of Ghana. *Scientific African*, 27, e02542. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2025.e02542>
- Mimba, M. E., Mbafor, P. U. T., Nguemhe Fils, S. C., & Nforba, M. T. (2023). Environmental impact of artisanal and small-scale gold mining in East Cameroon, Sub-Saharan Africa : An overview. *Ore and Energy Resource Geology*, 15, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.oreoa.2023.100031>
- Mulenga, M., Ouma, K. O., Monde, C., Syampungani, S., Mulenga, M., Ouma, K. O., Monde, C., & Syampungani, S. (2024). Aquatic Mercury Pollution from Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Sub-Saharan Africa : Status, Impacts, and Interventions. *Water*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/w16050756>
- Mwendwa, P. (2023). Women participation in artisanal gold mining : A case of macalder mines, Kenya. *Journal of Environmental Sciences and Technology (JEST)*, 2, 79-89. <https://doi.org/10.51317/jest.v2i1.340>
- NDIAYE, B. F. (2016). *L'orpailage dans le Niger supérieur au Mali : Entre l'économique et l'environnemental* (Editions universitaires européennes).
- Nenman, D. V., Anfa, J. F., Francis, W. S., Davou, C. E., & Onanuga, K. (2025). Risks Analyses of Heavy Metals in Some Irrigated Vegetables Around Active and Abandoned Mine Sites in Barkin Ladi LGA, Plateau State, Nigeria. *Oriental Journal of physical Sciences*, 10(2). <https://orientaljphysicsciences.org/vol10no2/risks-analyses-of-heavy-metals-in-some-irrigated-vegetables-around-active-and-abandoned-mine-sites-in-barkin-ladi-lga-plateau-state-nigeria/>
- Obiri, S., Mattah, P. A. D., Mattah, M. M., Armah, F. A., Osae, S., Adu-kumi, S., & Yeboah, P. O. (2016). Assessing the Environmental and Socio-Economic Impacts of Artisanal Gold Mining on the Livelihoods of Communities in the Tarkwa Nsuaem Municipality in Ghana. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(2), 160. <https://doi.org/10.3390/ijerph13020160>
- Ofosu, G., Sarpong, D., Torbor, M., & Asante, S. (2024). 'Mining women' and livelihoods : Examining the dominant and emerging issues in the ASM gendered economic space. *Economic and Industrial Democracy*, 45(4), 1213-1241. <https://doi.org/10.1177/0143831X231212562>
- OMS, O. mondiale de la S. (2016). *L'insalubrité de l'environnement provoque 12,6 millions de décès par an*. <https://www.who.int/fr/news/item/15-03-2016-an-estimated-12-6-million-deaths-each-year-are-attributable-to-unhealthy-environments>
- Ouédraogo, A., Koné, B., & Côte, M. (2025). Orpaillage et genre : Recherche au féminin au Burkina Faso et au Mali. *EchoGéo*, 71, Article 71. <https://doi.org/10.4000/140dp>
- Owiredu, D., Chidwick, H., Kwagala, B., Mensah, D., Osei, L., & Kapiriri, L. (2025). Water, sanitation, and hygiene challenges in last-mile artisanal mining communities in Ghana and Uganda. *Dialogues in Health*, 7, 100233. <https://doi.org/10.1016/j.dialog.2025.100233>
- Paicheler, G. (2007). Présentation. *Sociologie et sociétés*, 39(1), 5-12. <https://doi.org/10.7202/016929ar>
- Petit-Roulet, R. (2024). Effets du développement et de la transformation de l'orpailage sur les dynamiques foncières en Guinée. *Collection Recherche*, 142. <https://hal.science/hal-04572379v1>
- Ross, A. D., Hotard, A., Kamalanathan, M., Nolen, R., Hala, D., Clay, L. A., Kaiser, K., Quigg, A., Ross, A. D., Hotard, A., Kamalanathan, M., Nolen, R., Hala, D., Clay, L. A., Kaiser, K., & Quigg, A. (2020). Awareness Is Not Enough : Frequent Use of Water Pollution Information and Changes to Risky Behavior. *Sustainability*, 12(20). <https://doi.org/10.3390/su12208695>
- Rutherford, B., & Buss, D. (2023). Women and Mining in Africa. In *Oxford Research Encyclopedia of African History*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190277734.013.1415>
- Rwiza, M. J., Focus, E., Bayuo, J., Kimaro, J. M., Kleinke, M., Lyasenga, T. J., Mosses, J. T., & Marwa, J. (2023). Artisanal and small-scale mining in Tanzania and health implications : A policy perspective. *Heliyon*, 9(4), e14616. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14616>
- Sangli, G., Ouattara, B., Azianu, K. A., & Ouedraogo, M. (2022). Femmes et fréquentation des sites d'orpailage au Burkina Faso : Un aperçu des perceptions de la communauté. *Revue Internationale Donni*, 02(02), 249-257.
- Sidibe, M. A. H. D. M., & Camara, M. (2020). IMPACT SOCIOECONOMIQUE DE L'ORPAILLAGE DANS LE CERCLE DE KADIOLO AU MALI. *Revue Malienne de Science et de Technologie*, 1(24). <https://www.revues.ml/index.php/rmst/article/view/1944>
- SNISS-CPS/SSDSPF. (2023). *Annuaire 2022 du Système National d'Information Sanitaire et Social*.

- Spiegel, S. J. (2012). Microfinance services, poverty and artisanal mineworkers in Africa : In search of measures for empowering vulnerable groups. *Journal of International Development*, 24(4), 485-517. <https://doi.org/10.1002/jid.1781>
- Stephen, U. A., & Maryann, M. (2020). Heavy metal pollution status and risk assessment on area with artisanal mining activities. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, 12(2), 10-21. <https://doi.org/10.5897/JTEHS2020.0456>
- Ujuagu, G. I., Ejeromedoghene, O., Oladoye, P. O., Okoye, C. O., Alli, Y. A., Oladipo, M. E., & Gu, J. (2025). The ecotoxicity and social impacts of industrial pollution : Insights on intervention and bioremediation strategies in Africa. *Environmental Pollution and Management*, 2, 227-244. <https://doi.org/10.1016/j.epm.2025.07.006>
- UNEP, U. N. E. P. (2024, août 15). *Mercury has long poisoned gold miners. This new strategy is helping change that.* <https://www.unep.org/news-and-stories/story/mercury-has-long-poisoned-gold-miners-new-strategy-helping-change>
- Vashold, L., Pirich, G., Heinze, M., & Kuschnig, N. (2025). Downstream impacts of mines on agriculture in Africa. *Journal of Development Economics*, 179, 103671. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2025.103671>
- WHO, W. H. O. (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (Fourth edition incorporating the first addendum). World Health Organization.