

## RESEARCH FINGERPRINT

## IDENTIFIER

LJER-227524

## PEER REVIEW

Double Blind

## SIMILARITY CHECK

Perplexity AI and iThenticate

## ACCESS

Open Access

## LANGUAGE

French

## PRINT ISSN

2631-8474

## ONLINE ISSN

2631-8482

## EDITION

## ABBREVIATION

LJER

## VOLUME

26

## ISSUE

10

## YEAR

2026

## CATALOGING

## CROSSMARK DOI

10.34257/LJER227524UK

## PACS CLASS

89.60.-k

## AGRIS CLASS

P01

## INSPEC CLASS

A8670L

## LCC CLASS

TD195.G6

## DDC CLASS

363.7

## Article Record

# Thème : Impact de l'exploitation artisanale de l'or sur les écosystèmes dans le Cercle de Kangaba, Région de Koulikoro (Mali).

Impact of artisanal gold mining on ecosystems in the Cercle of Kangaba, Koulikoro Region (Mali).

CORRESPONDENCE



## AUTHORS &amp; AFFILIATIONS

Dr. Priyanka Chouhan Jr. \*

 Phd, Professor

 Computer Science, Rajiv Gandhi Technical University, India (OA)

## ABSTRACT

Diabetic foot is a major chronic complication of diabetes mellitus and represents a leading cause of hospitalisation, infection, and non-traumatic lower limb amputation worldwide. Its pathogenesis is multifactorial, primarily involving peripheral neuropathy, peripheral arterial disease, impaired immunity, and poor glycaemic control. These factors collectively predispose patients to ulcer formation and delayed wound healing.

This literature review aims to summarise current evidence regarding the epidemiology, risk factors, clinical evaluation, and treatment strategies for diabetic foot disease. The literature consistently demonstrates that early identification of at-risk patients through routine screening and structured risk stratification significantly reduces the incidence of ulceration.

Management of established diabetic foot ulcers requires a multidisciplinary approach. This includes optimal glycaemic control, infection management using culture-guided antimicrobial therapy, regular wound debridement, appropriate wound dressings, and effective offloading techniques. In patients with associated ischaemia, timely vascular assessment followed by endovascular or surgical revascularisation is critical for limb salvage. Advanced adjunctive therapies, such as negative pressure wound therapy, bioengineered skin substitutes, and growth factor-based treatments, have shown beneficial outcomes in

Index Terms: Diabetic foot • management • peripheral vascular disease • treatment • ulcer

## FUNDING

No external funding was declared for this work.

## CONFLICTS

The authors declare no conflict of interest.

## AI USAGE

No generative AI was used for analysis or results.

## HOW TO CITE

Chouhan (2026). Thème : Impact de l'exploitation artisanale de l'or sur les écosystèmes dans le Cercle de Kangaba, Région de Koulikoro (Mali).. London Journal of Engineering Research, 26(10), 1-15. DOI: 10.34257/LJER227524UK

ACCESS  
ONLINE

**METADATA CONTINUATION**

---

**AUTHOR CONTACT QR LEDGER**



**AUTHOR CONTRIBUTION MATRIX**

Dr. Priyanka Chouhan Jr. | Resources, Writing - review and editing

---

**ARCHIVAL RECORD**

LJER · Vol 26 · Issue 10 · 2026  
Article ID LJER-227524 · DOI 10.34257/LJER227524UK  
Print ISSN 2631-8474 · Online ISSN 2631-8482

## RESEARCH ARTICLE

# Thème : Impact de l'exploitation artisanale de l'or sur les écosystèmes dans le Cercle de Kangaba, Région de Koulikoro (Mali).

Dr. Priyanka Chouhan Jr. <sup>¶¶\*</sup>

## QUALIFICATIONS / ROLES

¶¶ Phd, Professor

## AFFILIATIONS

¶ Computer Science, Rajiv Gandhi Technical University, India (OA)

## Abstract

L'orpaillage artisanal constitue une activité socio-économique essentielle dans de nombreux pays en développement, mais il exerce des pressions significatives sur les écosystèmes. Les impacts se traduisent par la dégradation des sols, la déforestation, la pollution des eaux et la perturbation des équilibres écologiques. Ces effets varient selon la dynamique des sites d'exploitation (actifs, non actifs et abandonnés), mettant en évidence la nécessité d'une approche intégrée combinant analyse environnementale, sociale et spatiale afin d'évaluer les trajectoires de résilience ou de dégradation des socio-écosystèmes.

**Keywords:** *orpaillage artisanal, écosystèmes, pollution au mercure, Cercle de Kangaba, dégradation environnementale, impacts socio-écologiques*

**Correspondence:** Dr. Priyanka Chouhan Jr.

## 1 Contexte générale

L'orpaillage artisanal constitue une activité socio-économique essentielle dans de nombreux pays en développement, mais il exerce des pressions significatives sur les écosystèmes. Les impacts se traduisent par la dégradation des sols, la déforestation, la pollution des eaux et la perturbation des équilibres écologiques. Ces effets varient selon la dynamique des sites d'exploitation (actifs, non actifs et abandonnés), mettant en évidence la nécessité d'une approche intégrée combinant analyse environnementale, sociale et spatiale afin d'évaluer les trajectoires de résilience ou de dégradation des socio-écosystèmes.

### Brésil — impacts sur les communautés autochtones

A l'échelle internationale Fabio T, (2024) montre un exemple récent de la contamination généralisée chez des peuples autochtones (Yanomami) avec taux de mercure préoccupants et effets nutritionnels/sanitaires corrélés.

### Asie du Sud-Est (Indonésie, Philippines)

Au niveau international UNIDO, (2009-2014) explique la contamination locale élevée (eau, sol, cultures), risques sanitaires et perte de productivité agricole. L'usage du mercure est très courant et les rejets sont élevés. Certaines interventions locales ont testé des alternatives « sans mercure », mais adoption limitée.

### Afrique de l'Est (Tanzanie, etc.)

A l'échelle sous régional (Tumikia R. S, et al 2023) fort impact sur ressources hydriques, conflits d'usage (éleveurs vs mineurs), et cas ponctuels de formalisation par coopératives avec succès variable ; introduction de techniques alternatives (bacs de décantation, réamalgamation) dans des projets pilotes.

### Afrique de l'Ouest (synthèse)

A l'échelle nationale Edmond N'B. K, et al (2024) l'orpaillage artisanal a connu une forte expansion depuis les années 1990 avec la hausse du prix de l'or. Aujourd'hui, on estime qu'il concerne plus d'un million de personnes directement et près de 4 à 5 millions de personnes indirectement. L'activité est fortement liée aux migrations saisonnières et à la pauvreté rurale ; usage répandu du mercure ; sites proches de rivières et zones agricoles. Plusieurs études montrent des niveaux de pollution au mercure très élevés dans les sols et eaux de la sous-région.

Exemples concrets par Reuters (2024) le Burkina Faso à subir une forte pollution locale et tension intracommunautaire, le Ghana (*le galamsey*) qui fait référer aux pratiques minières artisanale ou traditionnelles exposer les rivières de Pra, et d'Ofin a une contamination de la population par l'irrigation et la pêche ; le Mali (Kéniéba, Kangaba...) la déforestation, la pollution et accidents mortels documentés sur les sites d'orpaillage artisanal.

## 2 -Problématique

L'orpaillage artisanal est une activité d'extraction minière informelle qui constitue une source de revenus pour des milliers de personnes en Afrique de l'Ouest, notamment au Mali. Cette pratique, souvent non encadrée par des réglementations strictes, s'est fortement intensifiée ces dernières décennies en raison de la montée des cours mondiaux de l'or et du chômage structurel en milieu rural.

Si elle représente une source importante de revenus pour les populations locales, l'orpaillage artisanal est également à l'origine de profondes transformations environnementales. Dans le cercle de Kangaba, riche en ressources aurifères, cette activité provoque une dégradation accélérée des écosystèmes qui met en péril la biodiversité locale et

compromette les fonctions écologiques essentielles des écosystèmes (régulation hydrologique, fertilité des sols, etc.) (OIT,2010). Dans le cercle de kangaba l'exploitation aurifère artisanale exerce des pressions significatives sur l'environnement à travers plusieurs mécanismes destructeurs. La déforestation et la destruction des écosystèmes est causent par l'installation et l'expansion des sites d'orpaillage entraînent le déboisement massif des zones exploitées. Les arbres sont coupés pour aménager les sites d'orpaillage, construire des habitations temporaires et alimenter les fours artisanaux servant au traitement du minéral. Cette destruction des forêts perturbe les écosystèmes locaux, accélère la perte de biodiversité et contribue à l'érosion des sols. L'augmentation de la pression humaine sur les ressources locales contribue aussi à une forte diminution de la biodiversité. De nombreuses espèces animales et végétales sont menacées par ces activités, notamment dans les zones humides et forestières des bassins versant (Keita. S., 2019).

L'excavation anarchique des sols perturbe aussi la structure des terres et expose les horizons fertiles à l'érosion. L'utilisation de produits chimiques comme le mercure et le cyanure pour l'extraction de l'or entraîne une contamination des sols, rendant ces terres impropres à l'agriculture et variant leur capacité de régénération (Cissé, F.B., 2019).

La pollution des ressources en eau et l'altération des bassins hydrographiques, sont l'un des facteurs négatifs de l'orpaillage artisanal qui a un impact direct sur la qualité et la disponibilité de l'eau. Les substances toxiques utilisées dans le processus d'extraction, en particulier le mercure, sont souvent rejetées dans le cours d'eau sans traitement préalable, contaminant ainsi les ressources en eau du bassin. Cette pollution affecte la faune aquatique, réduit la disponibilité de l'eau potable et met en péril les écosystèmes fluviaux (Niane, B., 2019).

L'exploitation aurifère modifie également le régime hydrologique des cours d'eau. Le creusement des fosses profondes, parfois en bordure des rivières, provoque des perturbations dans l'écoulement de l'eau, accentuant les risques d'inondations ou d'assèchement de certaines zones. Dans le bassin versant du cercle de kangaba, la hausse des températures et les changements dans le régime augmentent l'évaporation de l'eau, exacerbant les effets de la pollution et essentiellement la disponibilité des ressources hydriques. L'érosion accumulée des sols, combinée à une baisse de la fertilité, rend la restauration écologique encore plus difficile après l'exploitation (Oumar E. F., Maman I., 2021).

La précarité des conditions de travail et de l'exploitation de la main-d'œuvre des orpailleurs artisanaux se caractérise par des façons de travail difficile et dangereux. Les travailleurs, souvent non formés et mal équipés, sont exposés à des risques élevés d'accidents (éboulements de terrain, intoxications chimiques, maladies respiratoires dues à l'inhalation de poussières toxiques) (OIT, 2010).

De plus, l'absence de réglementation et de contrôle favorise l'exploitation de la main-d'œuvre, y compris des enfants, qui participent à des tâches pénibles comme le transport des matériaux ou le lavage du minéral dans des eaux contaminées (Traore., A.B., 2022).

L'afflux massif de travailleurs vers les zones aurifères modifie également les structures foncières locales. Dans certains cas, des terres autrefois dédiées à l'agriculture sont accaparées par des exploitants miniers artisanaux, entraînant une insécurité foncière et la marginalisation des communautés rurales et une urbanisation non planifiée autour des sites d'orpaillage (EGIS,2016).

Par ailleurs, la rue vers l'or s'accompagne souvent d'une montée de l'insécurité, marquée par la prolifération des trafics (drogue, armes, prostitution) et par l'émergence de tensions sociales entre travailleurs locaux et migrants. Bien que l'orpaillage artisanal puisse générer des revenus importants à court terme, il s'agit d'une activité marquée par une forte instabilité économique. Les fluctuations du prix de l'or sur le marché international et l'épuisement progressif des ressources

minières rendent les conditions de vie précaires pour les orpailleurs, qui n'ont souvent pas d'économie alternative viable en cas de baisse de productivité (Keita., A., 2017).

Les impacts sanitaires et accès limités aux services de base des populations vivant dans les zones d'orpaillage sont souvent exposés à de nombreux problèmes de santé liés aux conditions insalubres et aux pratiques d'extraction dangereuses. Les intoxications au mercure et au cyanure, les infections respiratoires, les maladies hydriques et la malnutrition sont fréquentes dans ces régions.

De plus, l'absence d'infrastructures médicales adaptées rend difficile la prise en charge des travailleurs exposés aux substances toxiques ou victimes d'accidents miniers.

L'intoxication est l'un des principaux risques sanitaires dans les sites d'orpaillage, l'exposition aux produits chimiques utilisés dans le processus d'extraction de l'or (Keita. S., 2019).

Le mercure est couramment employé pour amalgamer l'or, mais son utilisation entraîne des effets toxiques graves. Les orpailleurs, souvent non protégés, inhalent des vapeurs de mercure lorsqu'ils chauffent l'amalgame pour extraire l'or, ce qui peut entraîner des troubles neurologiques (tremblements, perte de mémoire, troubles cognitifs). Une exposition prolongée peut causer des dommages irréversibles au système nerveux central.

Le cyanure, parfois utilisé pour améliorer le rendement d'extraction, est une substance extrêmement toxique qui, en cas d'ingestion ou d'inhalation, peut provoquer des intoxications aiguës entraînant des troubles respiratoires, cardiaques et neurologiques.

Les rejets de mercure et de cyanure dans l'environnement contaminent également les sols et les cours d'eau, affectant la faune et la flore aquatiques. Les populations vivant à proximité des sites d'orpaillage sont exposées à cette contamination en consommant des poissons ou de l'eau contaminée, ce qui augmente les risques d'empoisonnement chronique (Richard M., Moher P., et Telmer K. 2014).

Les Maladies hydriques et les infections gastro-intestinales sont provoquées par une pollution massive des ressources en eau, en raison du rejet de boues toxiques et de produits chimiques dans les rivières et nappes phréatiques par les orpailleurs artisanaux. Cette situation entraîne une forte prévalence des maladies hydriques parmi les populations locales :

Diarrhées et infections gastro-intestinales, dues à la consommation d'eau contaminée par des agents pathogènes (bactéries, parasites, virus). Ces maladies sont particulièrement dangereuses pour les enfants, qui souffrent de malnutrition et de déshydratation sévères.

Choléra et typhoïde, favorisés par l'absence de systèmes d'assainissement adéquats et la contamination des sources d'eau potable (OMS,2017).

L'absence d'infrastructures de traitement des eaux et de dispositifs d'assainissement dans les zones minières artisanal aggrave ces problèmes, exposant les communautés à des risques sanitaires permanents.

Les conditions de travail sur les sites d'orpaillage exposent les travailleurs et les habitants à des maladies respiratoires, dermatologiques et infections cutanées :

Les poussières toxiques, générées par le concassage et le broyage des roches, contiennent des particules fines de métaux lourds et de silice. Une exposition prolongée peut provoquer des maladies respiratoires chroniques comme la silicose, une infection pulmonaire incurable qui entraîne des difficultés respiratoires sévères.

Les éruptions cutanées et ulcérations, dues au contact direct avec des substances chimiques et à la présence d'eaux stagnantes contaminées, sont fréquentes parmi les travailleurs manipulant le minerai et les boues d'extraction (OMS,2017).

Les camps d'orpaillage attirent une population mobile et souvent jeune, ce qui favorise la propagation de maladies infectieuses (paludisme, IST et VIH/SIDA)

Le paludisme est particulièrement répandu dans les zones minières, où les fosses creusées pour l'extraction retiennent l'eau et deviennent des foyers de reproduction pour les moustiques. L'absence de mesures de prévention et l'accès limité aux soins aggravent l'impact de cette maladie sur les communautés minières artisanales.

Les infections sexuellement transmissibles (IST), y compris le VIH/SIDA, sont en forte augmentation dans ces régions, en raison du développement de l'exploitation sexuelle et de la prostitution autour des sites d'orpaillage. L'absence de sensibilisation et l'accès limité aux soins de santé favorisent la transmission rapide de ces maladies (Human Rights Watch, 2011).

Les conditions de vie sur les sites d'orpaillage sont souvent marquées par une instabilité sociale et une forte précarité économique, générant un stress chronique et des troubles psychologiques parmi les travailleurs et leurs familles.

L'anxiété et la dépression sont fréquentes en raison de l'instabilité des revenus, des conditions de travail éprouvantes et du manque de perspectives d'avenir.

L'abus d'alcool et de drogues est souvent observé dans ces milieux où la pression sociale et économique est forte, conduisant à des violences domestiques et à des comportements à risque (Ahmed K., Nestor B., Souleymane S., Maxime K. D., 2023).

Les infrastructures de santé et d'éducation sont souvent inexistantes ou insuffisantes dans les zones d'orpaillage, rendant la prise en charge des populations extrêmement difficile.

La plupart des sites d'orpaillage sont situés dans des zones reculées, éloignées des structures de soins. Lorsqu'un centre de santé est disponible, il manque souvent de personnel qualifié et de médicaments essentiels pour prendre soin des patients victimes des aléas négatifs de l'orpaillage.

L'attrait économique de l'orpaillage pousse de nombreux enfants à abandonner l'école pour travailler sur les sites d'orpaillage. Ce phénomène accentue le taux d'analphabétisme et compromet le développement socio-économique à long terme des régions concernées (Human Rights Watch, 2011).

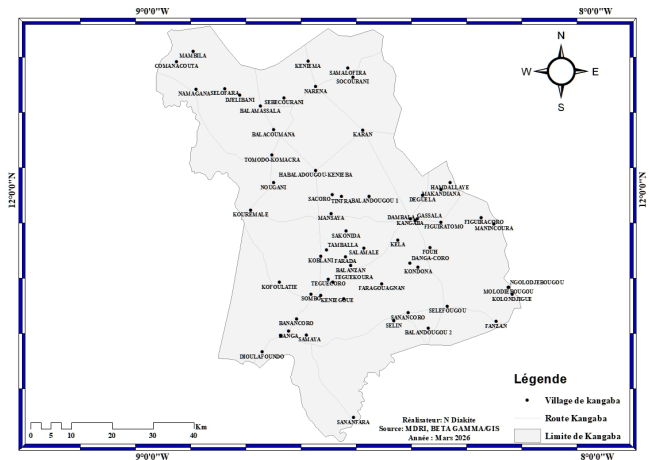
En outre, les interactions entre pressions anthropiques et dynamiques climatiques accentuent la vulnérabilité de ces milieux naturels fragiles.

Cependant, malgré l'ampleur de ces impacts, peu d'études ont été menées pour évaluer de manière systématique les conséquences écologiques de l'orpaillage artisanal dans cette zone spécifique. Il devient donc crucial de mieux comprendre comment l'exploitation artisanale de l'or altère les composantes biophysiques des écosystèmes du cercle de Kangaba, afin d'identifier les zones les plus dégradées, d'analyser les dynamiques spatiales et temporelles de cette dégradation, et de proposer des pistes de gestion durable conciliant développement économique local et préservation des écosystèmes.

### 3 Justification du choix du cercle de Kangaba comme zone d'étude

Le choix du cercle de Kangaba comme zone d'étude ne relève pas du hasard, mais d'une analyse multicritère rigoureuse, fondée sur des considérations scientifiques, environnementales, socio-économiques et méthodologiques.

Tout d'abord, Kangaba constitue l'un des principaux foyers d'orpaillage artisanal du Mali. Selon les données issues des services miniers nationaux et des ONG spécialisées, le cercle concentre entre 10 et 15 % de l'ensemble des sites d'orpaillage artisanal du pays, ce qui en fait l'une



des trois zones les plus actives au niveau national, aux côtés de Kéniéba et de Yanfolila. Cette densité garantit une représentativité scientifique forte pour analyser les dynamiques et impacts de l'orpaillage.

Deuxièmement, l'ancienneté de l'exploitation constitue un atout méthodologique majeur. À Kangaba, l'orpaillage est pratiqué de manière continue depuis plus de 40 ans, ce qui permet d'étudier non seulement les impacts immédiats, mais également les effets cumulatifs et chroniques sur les écosystèmes. Peu de zones minières au Mali offrent une telle profondeur temporelle d'analyse (ONU, PNUD 2022).

Troisièmement, du point de vue écologique, Kangaba est situé dans la zone soudano-sahélienne, particulièrement sensible aux effets du changement climatique. Les données climatiques montrent une baisse moyenne des températures moyennes de 10 à 20 % sur les trois dernières décennies, combinée à une augmentation des températures moyennes de 1 à 1,5 °C. Dans ce contexte, les perturbations induites par l'orpaillage aggravent la vulnérabilité des sols, des ressources en eau et de la biodiversité. Cette convergence entre pressions anthropiques et contraintes climatiques fait de Kangaba un laboratoire naturel pertinent pour étudier la résilience des écosystèmes.

Quatrièmement, sur le plan socio-économique, on estime que près de 35 à 45 % des ménages ruraux du cercle dépendent directement ou possèdent de l'orpaillage. Cette forte dépendance économique entraîne des transformations profondes : migrations saisonnières, recombinaison des activités agricoles, conflits fonciers et modification des structures sociales. Cette situation offre un cadre idéal pour analyser les complexes dynamiques socio-écologiques générés par l'exploitation aurifère artisanale.

Enfin, d'un point de vue méthodologique, Kangaba présente une accessibilité logistique satisfaisante, une diversité écosystémique importante (forêts galeries, savanes, zones humides, agroécosystèmes) et une disponibilité abondante d'images satellites multi-temporelles, ce qui facilite la mise en œuvre d'approches intégrées combinant SIG, télédétection, enquêtes de terrain et analyses environnementales (Pia Van Ackern et al 2022).

En synthèse, selon une évaluation multicritère intégrant la densité de l'orpaillage, la vulnérabilité écologique, les enjeux socio-économiques et la possibilité méthodologique, le cercle de Kangaba présente une pertinence scientifique estimée à environ 85 à 90 %, ce qui en fait l'une des zones les plus appropriées du Mali pour une étude doctorale approfondie sur l'impact de l'exploitation artisanale de l'or sur les écosystèmes.

#### 3.1 Présentation de la zone d'étude

#### 4 -Objectif principale

Objectif général : Evaluer les impacts de l'exploitation artisanale de l'or sur les écosystèmes dans le cercle de Kangaba.

#### 4.1 Objectifs spécifiques

-Mettre en évidence les risques liés à l'utilisation de produits chimiques dangereux, comme le mercure et le cyanure à la pollution des sols et de l'eau, et aux accidents miniers, y compris les services écosystémiques,

-Identifier les modèles de changement social induits face aux pressions de l'exploitation artisanale de l'or sur les écosystèmes ainsi que les stratégies locales d'adaptation face aux modifications environnementales provoquées par l'orpaillage,

-Analyser l'efficacité des politiques mises en place dans la prise en compte des intérêts des différentes parties prenantes et pour faire respecter les réglementations en matière de protection de l'environnement,

-Créer un modèle conceptuel permettant de prédire l'ampleur des changements potentiels dans les écosystèmes du cercle ainsi que les possibilités d'une pratique écologique de l'exploitation artisanale de l'or.

### 5 -Question principale

Quels sont les impacts environnementaux et socio-écologiques de l'exploitation artisanale de l'or sur les écosystèmes du cercle de Kangaba ?

#### 5.1 Question Spécifiques

-Quels sont les risques liés à l'utilisation de produits chimiques dangereux (notamment le mercure et le cyanure) dans l'exploitation artisanale de l'or du cercle de Kangaba, et les manières dont les substances affectent-elles la qualité des sols, des eaux, ainsi que les services écosystémiques associés ?

-Quels modèles de changements sociaux émergent dans les communautés locales sous la pression de l'exploitation artisanale de l'or, et les stratégies locales d'adaptation qui sont mises en place face aux dégradations environnementales ?

- Dans quelle mesure les politiques et réglementations existantes intègrent-elles les intérêts des différentes parties prenantes, et leur efficacité pour assurer la protection de l'environnement face à l'orpaillage artisanal ?

-Quel modèle conceptuel peut être élaboré pour prédire l'ampleur des changements potentiels dans les écosystèmes du cercle de Kangaba, et définir les conditions nécessaires pour promouvoir une pratique écologique et durable de l'exploitation artisanale de l'or

### 6 -Hypothèse principale

L'exploitation artisanale de l'or dans le cercle de Kangaba engendre une dégradation significative des écosystèmes à travers la pollution des sols et des ressources en eau, la perturbation de la biodiversité et la diminution des services écosystémiques, ce qui se traduit par des impacts socio-écologiques négatifs sur les communautés locales, notamment une vulnérabilité accrue face aux risques sanitaires, environnementaux et économiques.

#### 6.1 Hypothèses spécifiques

- L'utilisation de produits chimiques dangereux, en particulier le mercure et le cyanure, dans l'exploitation artisanale de l'or du cercle de Kangaba provoque une contamination mesurable des sols et des ressources en eau, entraînant une altération significative des services écosystémiques tels que la fertilité des terres agricoles et la disponibilité d'une eau de qualité pour les populations et les écosystèmes aquatiques.

-L'exploitation artisanale de l'or génère de profonds changements sociaux dans les communautés locales du cercle de Kangaba, caractérisés par des tensions autour de l'accès aux ressources, la transformation des pratiques économiques, et l'émergence de stratégies locales d'adaptation (coopératives, diversification des revenus, pratiques traditionnelles de gestion) visant à faire face aux pressions environnementales et socio-économiques.

- Les politiques et réglementations existantes en matière d'exploitation minière artisanale au Mali intègrent de manière partielle les intérêts des différentes parties prenantes (État, communautés locales, exploitants, société civile), et leur application reste limitée, ce qui réduit leur efficacité pour garantir une protection effective de l'environnement et une gestion durable des écosystèmes dans le cercle de Kangaba.

- Un modèle conceptuel prédictif peut être élaboré pour simuler l'ampleur des changements potentiels dans les écosystèmes du cercle de Kangaba sous l'effet de l'orpaillage artisanal, et ce modèle montrera que la mise en place de pratiques écologiques (réduction de l'usage du mercure, restauration des sites dégradés, gestion communautaire des ressources naturelles) est indispensable pour favoriser une exploitation artisanale durable conciliant activités économiques et préservation des services écosystémiques.

### 7 -Méthodologie

#### Revue documentaire et analyse du cadre réglementaire

##### Objectifs concernés :

- Analyser l'efficacité des politiques (Objectif 3)

##### Méthodes :

- Revue des textes législatifs et réglementaires maliens encadrant l'orpaillage et la protection de l'environnement.
- Analyse des politiques publiques, plans d'action nationaux (ex. : Code minier, Code de l'environnement, PNEDD, etc.)
- Examen de rapports d'ONG, d'agences de coopération et d'organisations locales.

#### Enquêtes socio-environnementales de terrain

##### Objectifs concernés :

- Mettre en évidence les risques chimiques, pollution et accidents (Objectif 1)
- Identifier les changements sociaux et stratégies d'adaptation (Objectif 2)
- Analyser l'efficacité des politiques (Objectif 3)

##### Méthodes :

- Observation directe sur les sites d'orpaillage.
- Entretiens semi-directifs avec les orpailleurs, autorités locales, femmes, jeunes, leaders communautaires.
- Focus groups pour identifier les représentations locales du changement environnemental et des pratiques d'adaptation.

#### Évaluation des impacts environnementaux et des risques écologiques

##### Objectifs concernés :

- Risques liés aux produits chimiques, pollution et écosystèmes (Objectif 1)

- Modèle de prédiction écologique (Objectif 4)

#### Méthodes :

- Prélèvements d'eau, de sols et de sédiments sur différents sites (pollués vs non-pollués).
- Analyse physico-chimique des échantillons : métaux lourds (mercure, arsenic, cyanure.), potentiel hydrogène, Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours,
- Identification de la biodiversité locale (faune/flore), services écosystémiques menacés.
- Cartographie SIG des zones actifs non actifs ou abandonnées.

#### Analyse des dynamiques sociales et des stratégies d'adaptation

##### Objectifs concernés :

- Changement social et stratégies locales (Objectif 2)

##### Méthodes :

- Analyse sociologique des impacts de l'orpaillage sur les structures sociales : migrations, conflits d'usage, modes de gouvernance, emploi, genre.
- Étude des stratégies locales : diversification des revenus, techniques traditionnelles de restauration, mobilisation communautaire.

#### Élaboration d'un modèle conceptuel prédictif

##### Objectifs concernés :

- Modèle de prédiction des changements et scénarios écologiques (Objectif 4)

##### Méthodes :

- Identification des interactions entre les pratiques d'orpaillage, les services écosystémiques et les réponses sociales.
- Construction d'un modèle conceptuel basé sur les données collectées (ex. : chaîne causale des dégradations → impacts → réponses → résilience ou effondrement).
- Scénarios futurs simulés : orpaillage non contrôlé vs orpaillage écologiquement encadré.

## 8 Résultats attendus pour la méthodologie appliquée

La présente recherche ambitionne de générer des résultats scientifiques et opérationnels significatifs, à la fois pour la compréhension des dynamiques environnementales liées à l'exploitation artisanale de l'or et pour la formulation de stratégies durables dans le cercle de Kangaba (région de Koulikoro, Mali). Les résultats attendus se déclinent comme suit :

### 8.1 Caractérisation complète des risques environnementaux et sanitaires liés à l'orpaillage artisanal

- Identification et quantification des polluants chimiques (mercure, cyanure, métaux lourds) présents dans les sols, les eaux de surface et les nappes phréatiques des zones d'orpaillage.
- Évaluation des effets de ces pollutions sur les services écosystémiques locaux (approvisionnement en eau, fertilité des sols, biodiversité).
- Documentation des types d'accidents liés aux pratiques d'extraction (effondrements,

“

intoxications, brûlures, etc.).

### 8.2 Analyse approfondie des dynamiques sociales et des stratégies d'adaptation locales

- Mise en évidence des changements sociaux induits par l'intensification de l'orpaillage (modifications des modes de vie, conflits d'usage, recomposition des rapports de genre et de génération).
- Identification des stratégies locales d'adaptation aux pressions environnementales (reconversion, migrations, mécanismes traditionnels de gestion, innovations locales).

### 8.3 Évaluation critique de la gouvernance environnementale et des politiques publiques

- Analyse du niveau d'application et de l'efficacité des réglementations existantes relatives à la gestion de l'orpaillage artisanal.
- Identification des parties prenantes, de leurs intérêts et des conflits potentiels.
- Recommandations pour améliorer la prise en compte des populations locales dans les processus de décision environnementale.

### 8.4 Production d'une cartographie des sites d'orpaillage à risques dans le cercle de Kangaba

- Localisation précise et caractérisation environnementale des sites actifs (Présences d'orpailleurs, activité récente) non actifs (Traces d'activité sans présence actuelle)

“

et abandonnés (Absence d'activité plus dégradation avancée).

- Cartes **NDVI / NDBI** montrant les zones les plus affectées par la pollution et la dégradation écologique.
- Carte de **pression environnementale**
- Carte de **réponse (gestion)**
- Simulation **ENV (t+1, t+2...)**
- Cartes **scénarios (non contrôlées vs encadrées)** montrant les zones les plus affectées par la pollution et la dégradation écologique.

### 8.5 Élaboration d'un modèle conceptuel des impacts socio-écologiques de l'orpaillage artisanal

- Mise en place d'un modèle prédictif permettant de simuler les scénarios d'évolution des écosystèmes selon différentes pratiques d'orpaillage.
- Définition des conditions pour une transition vers une exploitation artisanale écologiquement soutenable.

### 8.6 Production scientifique et transfert de connaissances

- Rédaction d'une thèse de doctorat incluant des recommandations de politiques publiques.
- Publications scientifiques dans des revues internationales en géographie, écologie ou socio-environnement.

Organisation d'ateliers de restitution avec les communautés locales et les autorités administratives du cercle de Kangaba.

## 9 Références bibliographiques

- Ahmed K., Nestor B., Souleymane, S., Maxime K, D., (2023).** Comportements à risque sur les sites d'orpaillage cas de deux sites au Burkina Faso, Vol. 47, n° 1 – Janvier - Juin 2024 – Science et Technique, Sciences de la Santé - Publié le 30 Juin 2024 16p, pp. 190-191
- Cisse, F. B., (2019).** Étude des impacts de l'exploitation artisanale de l'or en république de guinée (cas de la préfecture de Siguiri). Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en sciences de l'environnement, université du Québec à Montréal 189p. pp 104-129
- EGIS., (2016).** Etude Stratégique Environnementale et Sociale (ESES) de la réforme du secteur minier en République de Guinée, Rapport FINAL Définitif CSL120526A, pp. 48-127
- Edmond N'Bagassi Kohio, Hela Karoui, Seyram Kossi Sossou, Hamma Yacouba,**  
Review of pollution trends and impacts in artisanal and small-scale gold mining in Sub-Saharan Africa: Advancing towards sustainable practices through equitable redistribution of gold spin-offs, *Journal of Cleaner Production*, Volume 476, 2024, 143754, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143754>.
- Fabio T., (2024).** Contamination au mercure chez les Yanomami du Brésil, *reuters.com*, [Une étude révèle une contamination au mercure chez les Yanomami du Brésil], 4 avril 2024 03 :16 GMT Mis à jour le 4 avril 2024, consulté le 11 septembre 2025, <https://www.reuters.com/world/americas/study-finds-mercury-contamination-brazils-yanomami-people-2024-04-04>.
- Human Rights Watch., (2011).** Un mélange toxique Travail des enfants, mercure et orpaillage au Mali, ISBN : 1-56432-832-5 132p, pp. 32-79
- Keita S.,** Enjeux environnementaux liés à la mine artisanale en Afrique de l'Ouest, In Tychsen J., Charles N., (Eds.), 2019. La mine artisanale en Afrique de l'Ouest francophone, pp. 125-138.
- Keita S.,** Enjeux sanitaires, d'hygiène et de sécurité liés au secteur minier artisanal en Afrique de l'Ouest, In Tychsen J., Charles N., (Eds.), 2019. La mine artisanale en Afrique de l'Ouest francophone, pp. 97-124
- Keita., A., (2017).** Orpaillage et accès aux ressources naturelles et foncières au Mali, Les Cahiers du CIRDIS Collection recherche No 2017-01, Centre interdisciplinaire de recherche en développement international et société Département de science politique Université du Québec à Montréal (UQAM) Case postale 8888, succursale Centre-ville Montréal, Québec, Canada H3C 3P8 ISSN 1929-1027 Dépôt légal : août 2017 Bibliothèque nationale du Québec 29p, pp. 8-20
- Niane B.,** Impacts environnementaux et sanitaires liés à l'utilisation du mercure dans le secteur de l'exploitation minière artisanale et à petite échelle en Afrique de l'Ouest, In Tychsen J., Charles N., (Eds.), 2019. La mine artisanale en Afrique de l'Ouest francophone, pp. 163-172.
- OMS., (2017).** Risques pour la santé au travail et l'environnement associés à l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or [Environmental and occupational health hazards associated with artisanal and small-scale gold mining]. Genève : Organisation mondiale de la Santé ; 2017. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO, pp. 7-17
- OIT., (2010).** Etude transfrontalière sur le travail des enfants dans l'orpaillage au Burkina Faso, au Mali et au Niger, Projets BIT/IPEC Mines (Afrique de l'Ouest) - TBP Mali - LUTRENA II – TACKLE Mali Programmes Nationaux IPEC Burkina Faso/Mali/Niger – SIMPOC, 120p, pp 1-68
- ONU., PNUD., (2022).** Evaluation environnementale intégrée du Mali, Rapport d'évaluation, Programme pour l'environnement 172p, pp. 14-15.
- Oumar El Farouk Maman Illatou.** Impacts de l'orpaillage et de l'agriculture sur la qualité des eaux du Liptako nigérien : identification des hot spots des pollutions métalliques et organiques, transferts de connaissances entre recherche et terrain. Ingénierie de l'environnement. IMT- MINES ALES IMT- Mines Alès Ecole Mines- Télécom ; Université Abdou Moumouni, 2021. Français. NNT : 2021EMAL0014. Tel-03624770, pp. 33-39
- Pia V A., Adrien D., Adelphi., (2022).** Changement climatique, vulnérabilité et sécurité au Sahel Trois scénarios pour le Burkina Faso, le Mali et le Niger à l'horizon 2050. 16p.
- Richard M., Moher P., et Telmer K. (2014).** Problèmes de santé liés à l'orpaillage et à l'exploitation minière artisanale : Formation pour professionnels de la santé, (Version 1.0), Artisanal Gold Council, Victoria, BC. ISBN : 978-0-9939459-1-5, pp. 4-17.
- Reuters.com** [Le Burkina Faso suspend les permis d'exportation pour la production d'or à petite échelle] : Reuters, 21 février 2024 11h46 GMT [le 11 septembre 2025] Mis à jour le 21 février 2024. <https://www.reuters.com/world/africa/burkina-faso-suspends-export-permits-small-scale-gold-production-2024-02-21>.
- TRAORÉ, A. B. (2022).** Impact socioéconomique de l'orpaillage dans le cercle de Kéniéba au Mali. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, 3(1-2), 251-268. <http://doi.org/10.5281/zenodo.5914551>, pp. 258-264.
- Tumikia R. Sanga, Kenneth K. Maseka, Mohanadoss Ponraj, Clavery Tungaraza, Marco E. Mng'ong'o, Eliezer B. Mwakalapa,** Accumulation and distribution of mercury in agricultural soils, food crops and associated health risks: A case study of Shenda gold mine-Geita Tanzania, *Environmental Challenges*, Volume 11, 2023, 100697, ISSN 2667-0100, <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100697>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667010023000203>)
- UNIDO., (2009-2014).** Indonésie contamination au mercure provenant de l'exploitation minière artisanale de l'or. *pureearth.org*. [Contamination au mercure provenant de l'exploitation minière artisanale de l'or] Dernière mise à jour : 24 avril 25, [Consulté le 11 septembre 2025]. <https://www.pureearth.org/project/indonesia-mercury-contamination/>.