



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Impact de l'Orpaillage sur les Ecosystemes Forestiers du Secteur de Souanke, Republique du Congo

Noël Watha-Ndoudy

Faculté des Sciences et Techniques,
Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo

Claude Mélaïne Dipakama

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo

Jean de Dieu Nzila

Ecole Normale Supérieure, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo

Isidore Nguelet-Moukaha

Victor Kimpouni

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p169](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p169)

Submitted: 22 May 2022

Accepted: 10 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Watha-Ndoudy N., Dipakama C.M., Nzila J.D., Nguelet-Moukaha I. & Kimpouni V. (2022). *Impact de l'Orpaillage sur les Ecosystemes Forestiers du Secteur de Souanke, Republique du Congo*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 169.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p169>

Résumé

Ce travail a pour objet de contribuer à la connaissance de l'orpaillage et de ses impacts dans les écosystèmes forestiers du secteur de Souanké au Nord-Ouest de la République du Congo. La méthodologie est basée sur l'inventaire des types et des caractéristiques des exploitations, et sur une évaluation des impacts environnementaux observés à l'aide de la grille de Fecteau et des analyses au spectrophotomètre. La télédétection a servi à l'évaluation de la dégradation forestière. Occupant 18 sites sur les 20 identifiés, l'exploitation artisanale reste dominante (soit 90%) par rapport à celle semi-industrielle. L'exploitation artisanale est pratiquée par des Congolais et certains étrangers (Camerounais, Tchadiens, Congolais de la RDC et des ressortissants des pays Ouest africains,) organisés en équipes légères tandis que l'exploitation semi-industrielle est pratiquée par des sociétés chinoises. Les impacts négatifs relevés sur l'environnement du secteur sont : dégradation du couvert végétal, perturbation du milieu faunique,

excavations, stagnation des eaux et asphyxie des plantes, éboulements, modification du paysage, amoncellements de graviers et morts-terrains, augmentation de la turbidité des eaux, perturbation du régime d'écoulement des eaux, risques d'accident. Les impacts identifiés pour l'orpaillage semi-industriel et artisanal sont respectivement : majeurs (50 % vs 31%) ; moyens (29% vs 15%) ; mineurs (21% vs 54%). La turbidité est supérieure à 500 UTN du point de lavage jusqu'à 1000 m en aval dans les sites mécanisés alors qu'elle décroît rapidement en aval des sites traditionnels. La superficie forestière dégradée par les activités d'orpaillage est évaluée à 934 ha sur 13.912 ha, soit un taux de 6.7%.

Mots-clés: Souanké, Congo, orpaillage, impacts environnementaux, dégradation forestière

Impact of Gold Mining on the Forest Ecosystems in the Souanke Sector, Republic of Congo

Noël Watha-Ndoudy

Faculté des Sciences et Techniques,
Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo

Claude Mélaine Dipakama

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo

Jean de Dieu Nzila

Ecole Normale Supérieure, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo

Isidore Nguelet-Moukaha

Victor Kimpouni

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo

Abstract

The aim of this work is to contribute to the knowledge of gold artisanal mining and its impacts in the forest ecosystems of Souanké sector in the northwest of the Republic of Congo. The methodology is based on an inventory of the types and characteristics of mining operations, and on an assessment of the environmental impacts observed using the Fecteau grid and spectrophotometer analyses. Remote sensing was used to assess forest degradation. Of the 20 sites identified, 18 are dominated by artisanal mining (90%) compared to semi-industrial mining. Artisanal mining is carried out by Congolese and some foreigners (Cameroonians, Chadians, West Africans, and Congolese from the DRC) and organized in small teams, whereas semi-industrial mining is carried out by Chinese companies. The negative impacts

noted on the environment of the sector are degradation of the vegetation cover, environmental disturbance, excavations, stagnation of water and asphyxiation of plants, landslides, modification of the landscape, heaps of gravel and dead land abandoned, increase in water turbidity, disturbance of the flow regime of watercourses, risks of accidents. The impacts identified for semi-industrial and artisanal gold mining are respectively: major (50% vs. 31%), medium (29% vs. 15%), and minor (21% vs. 54%). Turbidity is above 500 NTU from the washing point to 1000m downstream in mechanized sites, whereas it decreases rapidly downstream in artisanal sites. The forest area degraded by gold mining activities is estimated at 934 ha out of 13,912 ha, corresponding to a rate of 6.7%.

Keywords: Souanké, Congo, gold mining, environmental impacts, forest degradation

1. Introduction

La gestion de l'environnement et des ressources naturelles est de nos jours au centre des préoccupations majeures du développement durable. Les écosystèmes forestiers sont sans cesse soumis aujourd'hui à des pressions liées aux activités anthropiques à l'instar des activités d'orpaillage dont les conséquences prennent une allure catastrophique aussi bien sur le milieu physique que sur la biodiversité.

L'orpaillage est une ancienne pratique encore observée de nos jours, qui consiste à concentrer et à extraire l'or en utilisant des méthodes et procédés manuels et semi-mécanisés (Kiemtore, 2012). Cette activité contribue à l'augmentation des revenus des populations locales malgré les conditions difficiles dans lesquelles elle s'opère (Mokam et al., 2016 ; Affessi et al., 2016 ; Bohbot, 2017 ; Hue et al., 2020, Ndiaye, 2020).

En Afrique comme ailleurs dans le monde, l'activité d'orpaillage occupe une place importante dans les économies de certains pays comme la Guyane, le Brésil, le Burkina Faso, le Mali, le Ghana et la Côte-d'Ivoire. Cependant ces activités ont fortement dégradé l'environnement biophysique et humain, se traduisant par la destruction du couvert végétal (Hue et al., 2020, Yao et al., 2019, Palle et al., 2013, Collectif de Guyane, 2005, Seydou, 2001) , la dégradation des sols (Bohbot, 2017 , Roamba, 2013, Sorgho, 2011), la pollution des ressources en eau résultant souvent de l'usage de produits chimiques dans les traitements (Ahoussi et Yapou, 2021, Ndiaye, 2020), le risque d'accident et de contamination des maladies (Richard et al., 2015).

Au Congo, l'orpaillage est pratiqué depuis l'époque coloniale et se développe de nos jours sur toute l'étendue du territoire congolais à l'instar du secteur de Souanké, et semble constituer un moyen de lutte contre la pauvreté. Du fait de son caractère artisanal, complètement informel et illégal, l'Etat

s'implique peu dans cette activité. Ainsi, l'exploitation de l'or se fait de manière anarchique avec des schémas de traitement rudimentaires et semi-mécanisés, et tout ceci génère beaucoup d'impacts négatifs qui conduisent à une dégradation de l'environnement dans les sites d'orpaillage (Moukouity, 2004 ; Solo, 2010 ; Kissama, 2011 ; Mouhani, 2014, Laboundou, 2014 ; Samba, 2015). Le secteur de Souanké a la particularité d'abriter à la fois l'orpaillage traditionnel et l'orpaillage semi-industriel. Cette région ayant été également choisie par le processus REDD pour un programme de gestion durable (FCPF, 2016.) est un fait qui devait susciter un nouvel intérêt pour la connaissance des impacts liés à cette association dans ce secteur.

La présente étude a pour objet d'améliorer les connaissances sur les impacts environnementaux générés par l'activité dans ce milieu afin de proposer des mesures de sauvegarde pour la gestion durable de cet écosystème forestier.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans le district de Souanké, situé au nord-ouest du Congo, dans le département de la Sangha. Les sites se situent à proximité immédiate de la frontière du Congo avec le Cameroun entre les latitudes 01°40' et 02°10' Nord et les longitudes 13°50' et 14°20' Est (figure 1). Vingt (20) sites ont fait l'objet de notre étude dont treize (13) à Elogo (Triplolie1, Triplolie2, Guinée, Kampala, Zoane, Maud1, Balola, Seya, Voula, Nasimdib1, Nasimdib2, Modidoum, Maud2), un (1) à Souanké (kolabia) et six (6) à Elen (Momépiab, Moyibwan, Djaboma1, Djaboma2, Yangadou et Ekokola).

Le milieu d'étude est caractérisé par un climat de type subéquatorial. Il comprend quatre saisons qui alternent avec régularité : deux (2) saisons sèches de décembre à février et de juillet à septembre ; deux (2) saisons des pluies bien équilibrées qui s'étalent de mars à juin et d'octobre à novembre. Les températures annuelles oscillent entre 24,5° et 25,5°, en fonction de l'altitude, et sont adoucies par un régime pluviométrique allant de 1500 à 1700 mm.

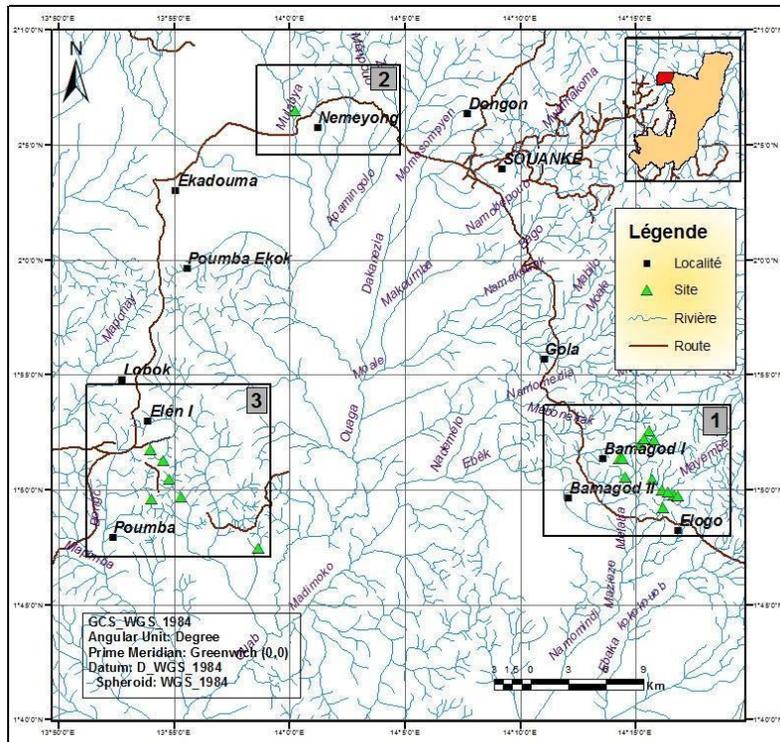


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

Le relief est accidenté, formé de hauts plateaux et de collines (300 à 400 m d'altitude) encadrant d'importantes vallées. Le réseau hydrographique est dominé par le bassin de la Sangha, alimenté par la Ngoko dans la zone de Ouessou. Les cours d'eau Ivindo, Mambili et Lengoué, qui prennent naissance à l'extrême nord, drainent une bonne partie du territoire avant de se jeter dans la Likouala.

La végétation est représentée par la forêt équatoriale primaire, particulièrement dense de plus de trois (3) millions d'hectares et d'une savane à faible superficie, localisée dans la partie Sud du Département (Rollet, 1964 ; Begué, 1967 ; Kouka, 2001).

Les sols prédominants de la Sangha sont des Ferralsols et des Gleysols qui sont favorables à l'agriculture (Bocquier, 1960 ; Martin, 1973 ; Denis et al., 1973).

La géologie de la zone est constituée des formations du socle d'Ivindo à l'Ouest du méridien 14° 30 E et par des formations sédimentaires à l'Est (Gres et Legras, 1965 ; Meloux et al., 1983 ; Desthieux et al. 1993 ; Gatsé et al., 2021).

Les conditions climatiques qui règnent dans la région, associées à un relief vallonné, conduisent à une altération poussée des roches, aboutissant ainsi à la formation des sols épais et comportant des niveaux gravillonnaires minéralisés qui sont recherchés par les orpailleurs. Le réseau hydrographique dense regorge des matériaux décapés sur les flancs des collines et drainés

Le Milieu humain du département de la Sangha qui s'étend sur une superficie de 55.800 km², compte une population de 104 366 habitants avec une densité très faible de 1,87 hbt/km². Cette population est surtout localisée le long des axes routiers, fluviaux, dans les chantiers forestiers et dans les principaux chefs-lieux de districts de Ouesso : Sembé, Souanké, Pokola et Mokeko (Groupe de la Banque Africaine de Développement, 2015).

2.2. Méthodologie

La méthodologie utilisée était basée sur les activités suivantes : (i) les enquêtes, sous forme d'entretien par focus groupes avec un échantillon de 50 orpailleurs sélectionnés au niveau des sites d'exploitation (Vilatte, 2007) ; (ii) l'identification et l'analyse des impacts générés par l'orpaillage sur l'environnement à l'aide d'une liste de contrôle des impacts. Cette analyse reposait sur la détermination de trois (3) critères fondamentaux qui sont la durée, l'étendue et l'intensité des impacts ; (iii) l'estimation de l'importance des impacts sur les composantes du milieu en faisant une interaction entre la durée, l'étendue et l'intensité des impacts à partir de la grille de Fecteau (CEH, 2015) ; (iv) les mesures de la turbidité à l'aide du spectrophotomètre SpectroDirect/PC spectro II et (v) l'estimation des superficies forestières perdues au niveau des sites d'orpaillage à partir des images satellitaires de Landsat 8 en utilisant les logiciels ENVI 4.8, Arcgis 10.5 et Qgis 3.8.2 (N'da *et al.*, 2008, Randrianarijaona, 2017, Bitiesse *et al.*, 2017).

3. Résultats

3.1. Types d'exploitation de l'or dans la zone d'étude

Sur 20 sites recensés, l'orpaillage traditionnel est pratiqué sur 18 sites recensés, soit un taux de 90% dans la zone étudiée et l'orpaillage semi mécanisé, minoritaire (10%), n'est pratiqué sur 2 sites (figure 2).

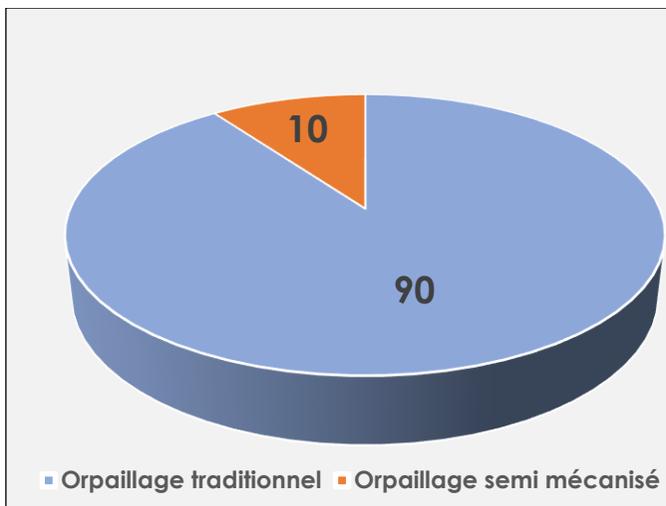


Figure 2. Proportions des types d'exploitation dans le secteur de Souanké

3.2. Répartition et organisation des orpailleurs sur les sites d'exploitation

Les figures 3 et 4 présentent la répartition des actifs de la filière de l'or dans le secteur. Sur les sites d'exploitation enquêtés, 91% des orpailleurs sont de nationalité Congolaise et 9% de nationalité étrangère. Les Congolais, constitués des Bakwélés, des Djèmes et d'autres ethnies, exploitent de façon artisanale. Les étrangers viennent de la Chine, du Cameroun, du Tchad, de l'Afrique de l'ouest et de la RDC. Les chinois pratiquent de l'exploitation semi-industrielle alors que le reste des étrangers fait de l'exploitation artisanale (figure 3).

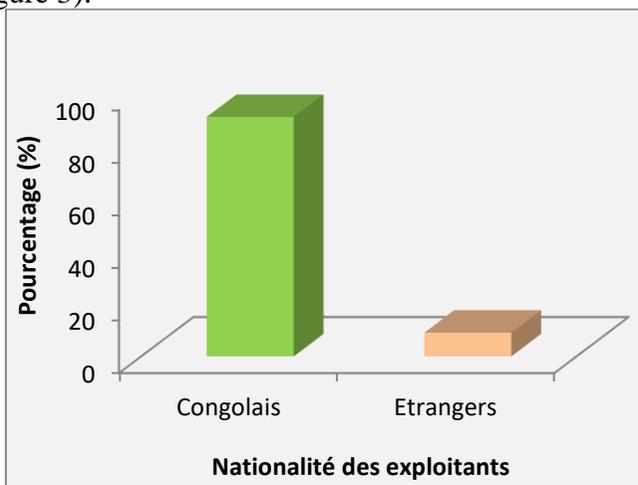


Figure 3. Répartition des nationalités

Ces exploitants s’organisent en équipes et rarement en individualité sur les sites d’orpaillage. Le nombre moyen d’orpailleurs par équipe de travail est de 5 personnes sur les sites étudiés. Toutefois, ce nombre varie selon les groupes ethniques et le volume de travail à réaliser.

3.3. Techniques d’exploitation de l’or

L’exploitation de l’or dans le secteur de Souanké passe par 3 phases : la phase de prospection, la phase de préparation du site sélectionné et la phase d’exploitation proprement dite. Les techniques d’exploitation et les outils utilisés pendant l’exploitation sont rudimentaires et manuels dans les sites traditionnels et semi-mécanisés (tableau I).

Tableau I. Outils utilisés pendant les différentes phases de l’orpaillage dans le secteur de Souanké

Phases d’exploitation	Activités	Outils ou moyens utilisés	
		Exploitation artisanale	Exploitation semi mécanisée
Prospection	Défrichage	Machettes, pelle, pioche	Pelle hydraulique
	Sondage	Barre à mine, pelle, pioche	Pelle hydraulique
	Test	Batée	Batée
Préparation du site	Dégagement de la végétation	Machettes, pelle traditionnelle, pioche	Pelle hydraulique
	Approvisionnement en eau	Motopompe, batée	Motopompe
	Extraction	Pelle traditionnelle, Echelle, Bidons en plastique	Pelle hydraulique
Exploitation	Stockage des graviers	Pelle, Bidons en plastique	Pelle hydraulique
	Lavage	Caisses de débouillage	Laveries (petites et grandes)
	Exhaure	Batée, motopompe	Motopompe
Récupération de l’or	Récupération de l’or	Batée, Papiers, Feuilles	Batée, Papiers, Feuilles

3.3.1. Phase de prospection

Pendant la prospection, les orpailleurs commencent par foncer des puits jusqu’à atteindre la couche minéralisée caractérisée par la présence des graviers. Ensuite, les sondeurs font des tests à la batée si la couche minéralisée est présente. Enfin, lorsque la batée réalisée montre une vingtaine de minuscules fragments (paillettes ou pépites) appelés “points d’or”, la zone est dite fertile en substances minérales. En cas d’absence de gravier et que la batée montre moins d’une vingtaine de points d’or, les orpailleurs abandonnent la zone et continuent les recherches le long des rivières.

3.3.2. Phase de préparation des sites

La préparation des sites consiste à dégager le couvert végétal dans la zone fertile, à installer les matériels et le campement si nécessaire, et à approvisionner les sites en eau. Pour l'approvisionnement des sites en eau, les orpailleurs acheminent de l'eau des rivières environnantes vers le lieu de stockage à l'aide des motopompes. Lorsque la rivière est très éloignée, ils font passer l'eau d'une excavation à une autre. Par ailleurs, les cours d'eau peuvent être détournés en creusant un chenal artificiel jusqu'au lieu de stockage.

3.3.3. Phase d'exploitation

L'exploitation est une phase qui consiste à creuser dans le but d'extraire le gravier, à laver et à récupérer le minerai d'or.

- *Extraction*

Les orpailleurs procèdent premièrement au décapage de la couche stérile et ensuite à l'extraction de la couche minéralisée. Celle-ci est stockée quelque part sur le site ou dans une excavation avant d'être lavée. Pendant l'extraction, les eaux souterraines envahissent les excavations, elles sont alors évacuées à l'aide des motopompes pour faciliter le travail. Dans les sites traditionnels, le creusage se réalise en fonction de la profondeur du gravier avec des pelles et des pioches. Lorsque la couche payante est peu profonde, le creusage se fait de façon simple avec un seul compartiment. Cependant lorsqu'elle est profonde, on creuse en créant des gradins ou des galeries (Photo 1). Au niveau des sites semi-industriels, le creusage se fait avec des excavateurs (Photo 2), soit de façon simple, soit sous forme de gradins en tenant compte de la facilité de circulation des engins.

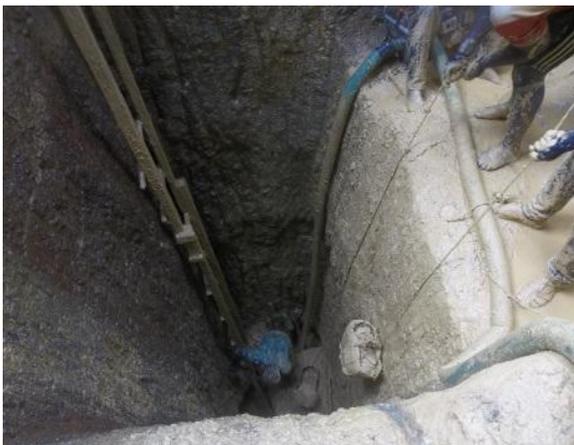


Photo 1. Extraction manuelle du gravier sur le Site Ekokola



Photo 2. Extraction semi-mécanisée du gravier sur le Site Maud 1

- *Lavage*

Au niveau des sites traditionnels, les orpailleurs utilisent les outils rudimentaires pour laver les graviers extraits. Ils utilisent la caisse de débouillage pour séparer les éléments grossiers (graviers) des éléments moins grossiers et fins (sable, argiles). L'eau est actionnée avec un seau ou un morceau de bidon et déversée dans la caisse. Les éléments fins sont entraînés dans l'eau alors que les éléments grossiers et lourds sont retenus dans la caisse de débouillage. Les éléments sableux sont ensuite lavés à la batée pour obtenir le concentré (minéraux lourds).

Dans les sites semi-industriels, le système de lavage comprend un bassin de stockage d'eau, deux laveries (petite et grande) et un bassin de rétention des sédiments. Dans un premier temps, le gravier est lavé au niveau de la grande laverie. L'eau provenant du bassin de stockage est pompée sous forte pression sur le gravier chargé dans la grande laverie, séparant ainsi le sable des argiles et des graviers. Un tapis ou moquette retient le sable et laisse passer les fins dans le bassin d'accumulation des sédiments (Photo 3).

Les sédiments arrivés dans le bassin d'accumulation sont acheminés vers la petite laveuse à l'aide des tuyaux métalliques où ils vont être soumis à un deuxième traitement. A côté, les paysans sont autorisés à faire des coups des caisses c'est-à-dire retraiter les sédiments dans l'espoir de trouver l'or qui a pu échapper au système de récupération semi-industriel (Photo 4).

- *Exhaure*

Les orpailleurs atteignent souvent la nappe phréatique pendant le creusage dans les sites traditionnels. La présence d'eau en provenance des nappes souterraines dans les excavations empêche le bon déroulement des activités. Pour pallier ce problème, les orpailleurs utilisent les batées ou les motopompes pour vider l'eau des excavations.

Au niveau de l'orpaillage semi-mécanisé, l'exhaure se fait pendant le lavage. En effet les eaux chargées de-sédiments au niveau du bassin d'accumulation et évacuées vers la petite laverie sont par la suite rejetées dans la nature.



Photo 3. Lavage traditionnel sur le site Guinée



Photo 4. Lavage semi mécanisé sur le site Maud 1

- *Récupération de l'or*

La technique de récupération est la même pour les deux types d'exploitation (traditionnelle et semi mécanisée). Le concentré des minéraux lourds obtenu après le lavage à la batée, est ensuite séché soit au soleil soit au feu. Après le séchage, l'or est séparé d'autres minéraux par soufflage.

3.4. Impacts identifiés

Les activités d'orpaillage réalisées dans le secteur de Souanké génèrent des impacts négatifs sur le milieu biophysique (végétation, sol, paysage, faune, eau) et le milieu humain (sécurité). On constate la perte du couvert végétal, les excavations, la formation des lacs, les éboulements, la dégradation de la qualité des eaux liée à l'augmentation de leur turbidité, la modification du paysage, les tas de graviers et morts terrains abandonnés, l'assèchement des cours d'eau, la perturbation des eaux souterraines, la perturbation de l'habitat faunique, les déchets abandonnés, les accidents, les nuisances sonores, le sur-alluvionnement des cours d'eau, l'asphyxie des plantes.

Les excavations, la perte du couvert végétal, la modification du paysage, l'amoncellement de graviers et les morts terrains abandonnés, la perturbation des ressources fauniques, et l'augmentation de la turbidité des eaux sont les plus fréquemment observés sur les sites d'orpaillage ; la perturbation des eaux souterraines, les nuisances sonores, la formation des lacs, le sur-alluvionnement, les déchets abandonnés et les accidents présentent une fréquence moyenne alors que l'éboulement, l'assèchement des cours d'eau et l'asphyxie des plantes ont une fréquence faible car ils ne sont observés que dans quelques sites (Maud 1, Maud 2, Guinée) (figure 4).

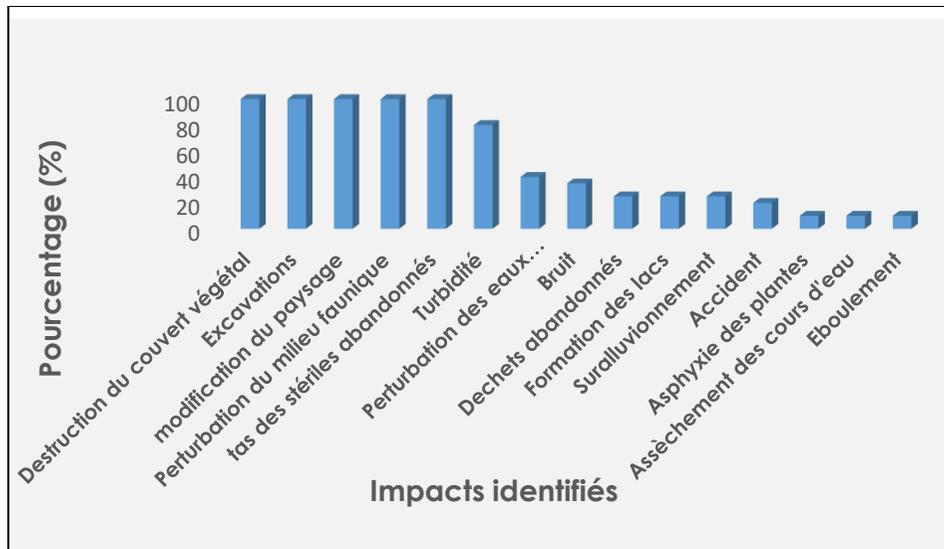


Figure 4. Proportions des impacts identifiés sur les sites d'orpaillage

3.4.1. Description des impacts identifiés sur le milieu biophysique

- ***Sur la végétation et la faune***

Les activités de l'orpaillage semi-industrielle ou traditionnelle dans le secteur de Souanké engendrent la perte et la dégradation des ressources forestières, aussi bien floristiques que fauniques de la zone. En effet, le défrichage lors de la recherche des zones minéralisées, la coupe des bois pour la déviation des cours d'eau et le soutènement des puits, le déboisement pendant la préparation des sites et l'exploitation de l'or, le déversement des eaux de lavage du minerai dans la forêt sont là des activités à l'origine de la perte du couvert végétal et de l'asphyxie des plantes. Ces activités perturbent également le milieu faunique car occasionnant l'éloignement des animaux qui perdent leurs habitats (Photos 5 et 6).



Photo 5. Perte du couvert végétal (Maud 1)



Photo 6. Asphyxie de la végétation (Maud 2)

Après traitement et classification de l'image Landsat 8 de l'année 2017, la superficie forestière dégradée par les activités d'orpaillage dans cette zone est évaluée à 934 ha sur une superficie de 13.912 ha, soit 6.7% (Figure 5).

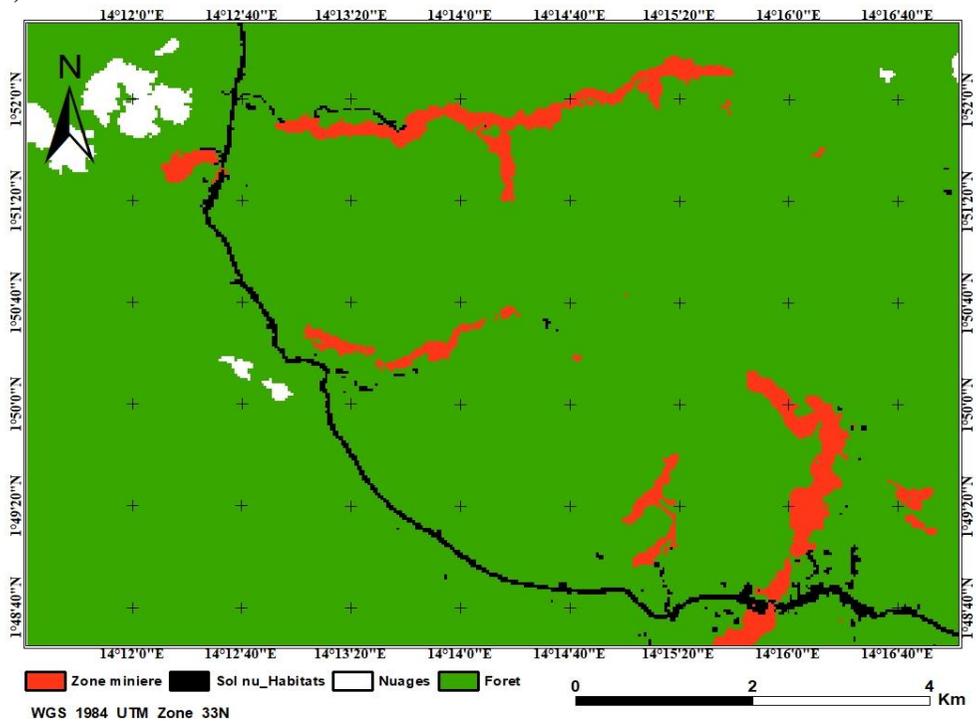


Figure 5. Carte d'occupation des sites d'orpaillage dans la zone

- *Sur le sol et le paysage*

Les impacts de l'orpaillage générés sur le sol sont identifiés à toutes les étapes de l'exploitation artisanale et semi-mécanisée de l'or.

Lors de la prospection, des puits sont foncés laissant ainsi des trous çà et là. Pendant la phase d'exploitation, on observe, après extraction du minerai, la présence des trous, des excavations, la formation des lacs, les éboulements, les tas de gravier, des morts terrains et les déchets abandonnés, ce qui dégrade durablement le sol car il n'est pas reconstitué après l'exploitation (photo 7-12).

Le volume des excavations et des tas de terrils sur les sites dépend du type d'exploitation et de la fréquence des activités. Il est plus énorme au niveau des sites semi-mécanisés à cause de la facilité des opérations liée aux outils utilisés (pelles hydrauliques, laveries mécanisées, motopompes etc...).

Ces excavations ne sont pas remblayées à la fin d'exploitation des sites. Elles sont par la suite remplies d'eau formant ainsi des lacs. Les éboulements ne sont pas fréquents dans le secteur ; ils ne sont identifiés que dans les sites artisanaux de Guinée et Ekokola. Tous ces impacts identifiés pendant et après l'exploitation du minerai d'or, modifient largement le paysage.



Photo 7. Excavation sur site semi-mécanisé (Maud 1)



Photo 8. Excavation, site traditionnel (Ekokola)



Photo 9. Formation des lacs dans un site semi-mécanisé (Maud 1)



Photo 10. Stagnation des eaux, site traditionnel (Tripoli 2)



Photo 11. Eboulement, site traditionnel (Guinée)



Photo 12. Abandon des graviers et morts terrain, site semi-mécanisé (Maud 1)

- *Sur les ressources en eau*

L'eau joue un rôle capital dans l'orpaillage car elle intervient dans presque toutes les étapes de l'exploitation. On observe les sites d'exploitation de l'or tout au long des cours d'eau, ce qui prouve à suffisance son importance dans le processus d'extraction de l'or.

Les exploitants atteignent les eaux souterraines à quelque mètre de profondeur selon les sites lors du creusage. Ils font alors usage des motopompes ou des batées pour évacuer cette eau. Ce qui impacte négativement la qualité et la quantité des eaux souterraines (Photo 13). Il en est de même lorsque le lavage du minerai ne se fait pas directement sur le lit du cours d'eau, les orpailleurs détournent les chenaux, drainent les eaux des cours d'eau à l'aide des motopompes ou encore d'une excavation à une autre lorsque le cours d'eau est très éloigné du point de lavage. Elle est alors stockée dans les bassins de rétention pour être ensuite utilisée pendant le lavage des

minerais (photo 14). Ces opérations perturbent la dynamique des cours d'eau et conduisent à leur assèchement (photo 15). Ces eaux de lavage sont ensuite retournées dans les cours d'eau après usage. Quand l'exploitation se fait directement sur le lit vif des cours d'eau, on assiste au sur-alluvionnement des cours d'eau et à l'augmentation de la turbidité des eaux à proximité des sites d'exploitation (photos 15 à 18).

Les mesures de la turbidité des eaux de deux rivières caractéristiques, la rivière Maziézé qui draine un site d'exploitation semi industrielle et la rivière Kolabia pour l'exploitation traditionnelle, ont montré que la rivière Maziézé présente une turbidité de 8 UTN en amont du point de lavage et supérieure à 500 UTN du point de lavage du minerai jusqu'à 1000 m en aval de ce point. La rivière Kolabia en revanche présente une turbidité de 11 UTN en amont du point de lavage, elle augmente à 360 UTN au niveau de la zone de lavage et diminue progressivement en aval. Ces résultats montrent que les eaux sont plus turbides en aval de l'exploitation semi-industrielle par rapport à l'exploitation traditionnelle.



Photo 13. Perturbation des eaux souterraines



Photo 14. Stagnation des eaux dans un bassin de rétention



Photo 15. Turbidité (rivière Mazieze)



Photo 16. Turbidité (rivière Kolabia)



Photo 17. Assèchement du cours d'eau (Maud 1)



Photo 18. Sur-alluvionnement d'un cours d'eau en aval du site (Maud 1)

- *Sur le milieu humain*

L'impact de l'orpaillage sur la sécurité des orpailleurs dans le secteur de Souanké est fonction de leurs conditions de travail et des techniques utilisées. Les orpailleurs travaillent dans les conditions précaires, sans mesure de sécurité (photos 19 et 20). Il a été noté la présence d'engins, de tuyaux, des déchets et excavations sur les sites (photo 21). Les sites exploités sont abandonnés sans remise en état, avec des épaves métalliques et plastiques. Ces modifications couplées au manque des équipements de protection individuelle augmentent les risques d'accidents à l'endroit des orpailleurs et ils sont par conséquent exposés aux blessures et même à la mort.



Photo 19. Conditions de travail des orpailleurs (site Balola)



Photo 20. Conditions de travail des orpailleurs (site Ekokola)



Photo 21. Présence des engins sur les sites (Maud 1)



Photo 22. Présence des tuyaux sur les sites (Maud 1)



Photo 23. Epave de générateur abandonné sur le site de Moyibona



Photo 24. Epave de laverie abandonnée sur le site Djaboma 1

3.5. Caractérisation et évaluation des impacts

Dans le secteur de Souanké, les impacts environnementaux et sociaux générés par les activités d'orpaillage ont une valeur négative c'est-à-dire qu'on assiste à une détérioration de l'environnement biophysique et humain. Dans les sites semi-mécanisés, 14 impacts ont été identifiés dont 71% des impacts ont une intensité forte et 14% ont une intensité moyenne à faible (tableaux II). Sur les 13 impacts identifiés sur les sites artisanaux, 38% des impacts ont une intensité forte alors que 31% des impacts ont une intensité moyenne à faible (tableau III).

Au niveau des sites semi-mécanisés, la durée des impacts est longue pour 57% contre 46% dans les sites artisanaux. Le pourcentage des impacts à durée moyenne est plus élevé au niveau des sites mécanisés (21%) et celui des impacts à durée courte est élevé dans les sites artisanaux (38%).

Globalement, selon le tableau IV, l'importance des impacts est plus significative dans les sites semi-mécanisés (50% d'importance majeure, 29% d'importance moyenne, 21% d'importance mineure) que dans les sites traditionnels (31% d'importance majeure, 15% d'importance moyenne et 54% d'importance mineure).

Ces impacts sont tous identifiés sur l'environnement immédiat des sites d'orpaillage sauf la turbidité qui s'étend jusqu'à plus de 1000 m en aval des sites semi- mécanisés.

Tableau II. Caractérisation et Evaluation des impacts identifiés sur les sites semi industriels

Milieu récepteur	Eléments valorisés de l'Environnement	Impacts identifiés	Paramètre de caractérisation						Evalua tion	
			Valeur	Nature	Intensité	Etendue	Durée	Persistance	Importan ce absolue	
Biophysique	Paysage	Modification du paysage	-	D	F	P	L	Irr	Majeure	
	Végétation	Perte du couvert végétal	-	D	F	P	L	Irr	Majeure	
		Asphyxie des plantes	-	D	F	P	L	Irr	Majeure	
	Faune	Perturbation du milieu faunique	-	I	M	P	M	Rév	Moyenne	
	Eau	Augmentation de la turbidité	-	D	F	L	C	Rév	Moyenne	
		Assèchement du chenal	-	D	F	P	L	Irr	Majeure	
		Sur-alluvionnement	-	D	f	P	M	Rév	Mineure	
		Perturbation des eaux souterraines	-	D	F	P	M	Rév	Moyenne	
	Sol	Excavations	-	D	F	P	L	Irr	Majeure	
		Formation des lacs	-	D	F	P	L	Irr	Majeure	
		Tas de graviers et stériles abandonnés	-	D	F	P	L	Irr	Majeure	
		Déchets abandonnés	-	D	M	P	L	Rév	Moyenne	
	Humain	Sécurité/Santé	Accident	-	D	F	P	C	Rév	Mineure
			Bruit	-	D	f	P	C	Rév	Mineure

Valeur : négative (-) ; positive (+). Etendue : ponctuelle (P) ; locale (L). Nature : directe (D) ; indirecte (I). Intensité : forte (F) ; moyenne (M) ; faible (f). Durée : longue (L) ; moyenne (M) ; courte (C). Persistance : réversible (Rév.), irréversible (Irr.).

Tableau III. Caractérisation et Evaluation des impacts identifiés sur les sites artisanaux

Milieu récepteur	Eléments valorisés de l'Environnement	Impacts identifiés	Paramètre de caractérisation					Evaluation	
			Valeur	Nature	Intensité	Etendue	Durée	Persistance	Importance absolue
Biophysique	Paysage	Modification du paysage	-	D	F	P	L	Irr	Majeure
	Végétation	Perte du couvert végétal	-	D	F	P	L	Irr	Majeure
	Faune	Perturbation du milieu faunique	-	I	M	P	M	Rév	Moyenne
	Eau	Augmentation de la turbidité	-	D	F	P	C	Rév	Mineure
		Sur-alluvionnement	-	D	f	P	M	Rév	Mineure
		Perturbation des eaux souterraines	-	D	M	P	C	Rév	Mineure
	Sol	Excavations	-	D	F	P	L	Irr	Majeure
		Formation des lacs	-	D	F	P	L	Irr	Majeure
		Tas de graviers et stériles abandonnés	-	D	M	P	L	Rév	Moyenne
		Déchets abandonnés	-	D	f	P	L		Mineure
Eboulement		-	D	f	P	C	Rév	Mineure	
Humain	Sécurité/Santé	Accident	-	D	M	P	C	Rév	Mineure
		Bruit	-	D	f	P	C	Rév	Mineure

Valeur : négative (-) ; positive (+). Etendue : ponctuelle (**P**) ; locale (**L**). Nature : directe (**D**) ; indirecte (**I**). Intensité : forte (**F**) ; moyenne (**M**) ; faible (**f**). Durée : longue (**L**) ; moyenne (**M**) ; courte (**C**). Persistance : réversible (**Rév.**), irréversible (**Irr.**)

Tableau IV. Fréquence de l'importance absolue des impacts identifiés

Importance absolue des impacts identifiés (%)	Sites mécanisés	Sites artisanaux
Majeure	50	31
Moyenne	29	15
Mineure	21	54

4. Discussion

L'orpaillage est pratiqué de façon traditionnelle dans 90% des sites dans le secteur de Souanké, en utilisant des techniques et outils rudimentaires, à l'exception faite des motopompes qui sont parfois utilisés pour l'exhaure. Cette situation est due à la faiblesse des moyens des orpailleurs de la zone de Souanké. On compte à peine le nombre des artisans miniers qui exploitent la zone en utilisant les outils mécanisés. Ce résultat corrobore les observations faites par Seydou, 2001 au Mali, où les méthodes d'extraction et de traitement sont rudimentaires, et les postes mécanisés en nombre très limité.

Les orpailleurs s'organisent souvent en équipe de 5 personnes sur les sites compte tenu du volume et même de la pénibilité du travail. Ils ne sont pas organisés en coopérative dans ce secteur, comme cela a été constaté dans d'autres localités où se développent les activités d'orpaillage au Congo (Bemy, 2008 ; Solo, 2010 ; Kissama, 2011 ; Laboundou, 2014). Cette observation est contraire à celle réalisée au Cameroun où les orpailleurs travaillent en coopératives et sont associés à des structures d'appui qui leur apportent le soutien logistique (matériel et technique) nécessaire à l'exercice de leur activité, (Nguelpjou & Manyacka, 2008).

Les impacts environnementaux et sociaux négatifs générés par l'activité d'orpaillage (artisanale et semi-mécanisée) dans le secteur sont nombreux sur la végétation et la faune, le sol, le paysage, les ressources en eau et la sécurité humaine.

Sur la végétation, on note la perte du couvert végétal, l'asphyxie des arbres et la perturbation de l'habitat faunique. L'installation des orpailleurs au niveau des sites d'exploitation nécessite le défrichage, le déracinement des arbres et même la coupe des bois. Ces activités sont à l'origine de la perte du couvert végétal, évaluée à une superficie de 934 ha en 2017. Celle-ci, correspondant à un taux de dégradation forestière de 6,7%, ce phénomène constitue l'un des impacts environnementaux les plus visibles de la zone de Souanké. Il faut noter que ce taux pourrait être sous-estimée à cause des difficultés liées à l'identification par télédétection des sites d'orpaillage sous le couvert forestier comme affirmé par Laperche *et al.*, 2008. Cependant, il

faut relever que ce taux est largement supérieur au taux moyen de déforestation au niveau national qui a été estimé à 0,052% selon FCPF, 2016. Ce type d'impact a aussi été identifié à l'est du Cameroun par Voundi, 2021, au Burkina Faso par Soma *et al.*, 2021 et en Côte d'Ivoire par Hue *et al.*, 2020, lesquels affirment que l'activité de l'orpaillage contribue significativement à la perte de certaines espèces ligneuses. Palle *et al.*, 2019 ont montrés que les espèces végétales subissent une forte mortalité sur les sites miniers, pouvant atteindre 100 % avec peu de régénération possible. L'asphyxie des plantes identifié est une exception au Congo, qui serait ici due à un défaut d'oxygénation racinaire causée par un mauvais drainage. Ce phénomène est en effet observé dans les zones tempérées où un hiver très pluvieux maintien des terrains inondés pendant une longue période, empêche la respiration et asphyxie littéralement les arbres. Concernant la faune, on note une perturbation de celle-ci, se traduit par l'éloignement des espèces fauniques et la destruction de leur habitat. Ceci est occasionné par la destruction du couvert végétal, couplé aux activités de fonçage, la circulation des engins, l'ambiance et la nuisance sonore sur les sites miniers. Cette observation corrobore avec celle de Digbo *et al.*, 2021. Le paysage est modifié avec un aperçu frappant à perte de vue par les excavations, la formation des lacs, les éboulements, les déchets abandonnés, les tas de graviers et morts terrains abandonnés sur le sol. Comme affirmé par Sanda *et al.*, 2019 au Niger où ces impacts sur le paysage sont d'une grande intensité.

Concernant les ressources en eau, on note une augmentation de la turbidité des eaux de surface orpaillées, le sur-alluvionnement et l'assèchement des cours d'eau ainsi que la perturbation des eaux souterraines, liée aux activités de creusage des puits mettant à nu les nappes phréatiques de la zone d'étude. Soma *et al.*, 2021, ont ainsi remarquer la présence de matières solides en suspension et l'augmentation de la turbidité de l'eau dans les cours d'eau où est lavé le sable aurifère au Burkina Faso. Djangbedja *et al.*, 2018 affirment que l'orpaillage entraîne l'envasement et l'ensablement des lits des rivières. Ces résultats vont aussi dans le même sens que ceux trouvés par Affessi *et al.*, 2016, lesquels confirment également la modification des flux de la nappe phréatique par les activités d'orpaillage.

Les impacts sur le milieu humain sont beaucoup marqués par les accidents et les nuisances sonores. Les conditions de travail sont précaires (Richard *et al.*, 2015), ce qui conduit aux accidents qui se manifestent souvent par les blessures, les morsures de serpents et occasionnellement la mort d'homme enregistré au niveau des exploitations souterraines après éboulement. Contrairement à Fode, 2019 où le taux de mortalité liée à l'orpaillage est en croissance dans la région de Siguiri et de ses environs, dans le secteur de Souanké, ce type d'accident est encore timide. Ces accidents sont liés au manque de mesure de sécurité, à la présence des engins, épaves

métalliques et plastiques, les excavations abandonnées et remplies d'eau sur les sites. Les nuisances sonores affirmé par Lala, 2019, proviennent par contre des vibrations des engins au niveau des sites semi mécanisés et, des bruits occasionnés par l'ambiance sur les sites ainsi que les machines servant à pomper l'eau hors des puits de mine (motopompe) et à extraire et traité les minerais pelle mécanique, laverie).

On peut y ajouter les conséquences immédiates qui sont l'érosion des sols et la pollution chimique des eaux même si elles n'ont pas été évaluée. Ces impacts sont ceux déjà observés dans d'autres pays comme la Guyane, le Mali, le Sénégal et la Cote d'Ivoire, par Harimalala, 2003 ; Sorgho, 2011 ; Collectif de Guyane, 2015 ; Palleet *al.*, 2013 ; Bohbot, 2017; Yao *et al.*, 2019 ; Ndiaye, 2020 ; Ahoussi et Yapo, 2021.

Les mêmes impacts identifiés dans le secteur de Souanké ont également été signalés dans la partie sud du Congo par Moukouity, 2004 ; Bemy, 2008 ; Solo, 2010 et Kissama, 2011, à l'exception de l'asphyxie des plantes qui est exclusivement liée à l'orpaillage semi-industriel et au rejet des eaux de lavage du minerai dans la forêt, uniquement observé dans le secteur de Souanké. Ces impacts sont pratiquement les mêmes que ceux observés dans d'autres Pays comme le Burkina Faso, le Cameroun, le Mali, le Sénégal et la Côte d'Ivoire (Kahitouo, 2012 ; Bamamen, 2013 ; Kiemtore, 2012 ; Ngo Minyem, 2012 ; Ndiaye, 2020 ; Ahoussi et Yapo, 2021), sauf certains impacts cités par ceux-ci et qui ne sont pas observés dans le secteur de Souanké comme les émissions de poussière, la pollution du sol et des eaux par des produits chimiques (mercure, cyanure) du fait que les techniques d'exploitation ne sont pas les mêmes et que les analyses chimiques restent à faire.

5. Conclusion et Recommandations

Il ressort de cette étude que l'activité d'orpaillage dans le secteur de Souanké est source des nombreux impacts environnementaux et sociaux. Les impacts observés sont les excavations, la perte du couvert végétal, la modification du paysage, la présence des tas de graviers et morts terrains abandonnés sur les sites, la perturbation du milieu faunique, la formation des lacs, l'augmentation de la turbidité, l'assèchement des cours d'eau, la perturbation des eaux souterraines, les déchets abandonnés, les accidents, le bruit, le sur-alluvionnement des cours d'eau, les éboulements, l'assèchement des cours d'eau et l'asphyxie des plantes. Ces impacts sont plus significatifs dans les sites mécanisés (50% d'importance majeure, 29% d'importance moyenne, 21% d'importance mineure) que dans les sites artisanaux (31% d'importance majeure, 15% d'importance moyenne et 54% d'importance mineure). On assiste à une véritable catastrophe car les sites sont dégradés et abandonnés sans réhabilitation. Il n'y a aucun plan de gestion environnementale mise en œuvre, ni respect des exigences sécuritaires aussi

bien pour l'exploitation semi-industrielle que pour l'exploitation artisanale, ce qui augmente les risques d'accidents.

Face à cette situation, des mesures doivent être prises pour mieux gérer l'environnement des milieux affectés les activités d'orpaillage. Les actions suivantes devraient être menées :

- ✓ Sensibiliser les orpailleurs sur l'ampleur des impacts environnementaux et sociaux liés à l'orpaillage. Il s'agira de promouvoir un guide de bonnes pratiques au profit des différents acteurs impliqués dans l'orpaillage.
- ✓ Renforcer le cadre institutionnel et réglementaire du secteur minier artisanal. Il faut d'abord procéder à établir un système de recensement et de contrôle des sites d'orpaillage, ensuite organiser les artisans en groupements de producteurs aux fins d'un renforcement de capacité, et inciter tous les acteurs de l'orpaillage à la restauration des sites dégradés et la revégétalisation systématique.
- ✓ Mettre en place un système de délivrance d'autorisations ou de permis d'exploitation artisanale dans les différentes zones potentielles des gisements, avec obligation de respecter le guide de bonnes pratiques.

Ce travail a pu mettre en évidence les incidences de l'orpaillage sur les milieux physique, biologique et humain dans les écosystèmes forestiers du secteur de Souanké. Les travaux de recherche devraient se poursuivre la détermination des niveaux de contamination en éléments traces métalliques ou métaux lourds dans les différents milieux. Ainsi, une cartographie détaillée des sites d'orpaillage permettra d'organiser des campagnes de prélèvements des échantillons des sols, des eaux et des ressources halieutiques et d'y effectuer des analyses chimiques.

References:

1. Affessi A.S., Koffi K.G. J.C., Sangare M., 2016. Impacts sociaux et environnementaux de l'orpaillage sur les populations de la région du Bounkani en Côte d'Ivoire. European Scientific Journal vol.12, No.26, pp. 288-306.
2. Ahoussi K. E. et Yapo A. P., 2021. Étude de la minéralisation des eaux de surface en éléments traces métalliques (ETM) des zones d'orpaillage de la sous-préfecture de Kokumbo, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Afrique SCIENCE 19(4) (2021) 36 – 50. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>.
3. Bamamen Bisil. H.E., 2013. Contribution à l'étude des impacts de l'exploitation minière sur le développement durable : cas du massif

- forestier Ngoyla – Mintom. Mémoire assainissement et restauration de l'environnement, Faculté des Sciences, Université Yaoundé 1, 57p.
4. Begué L., 1967. Chronique phytogéographique : les forêts du nord de la République du Congo (Brazzaville). Bois et forêts des tropiques n°111, pp. 63-67.
 5. Bemy B., 2008. Les activités de l'orpaillage et leurs impacts sur l'environnement du sillon de Mayoko (Masif du Chaillu-Congo). Mémoire CAPES, ENS/UMNG, Brazzaville, 83p.
 6. Bitiesse C., Wandan E.N., N'da H.D., 2017. Apport de la télédétection pour le suivi spatiotemporel de l'occupation du sol dans la région montagneuse du Tonkpi. European Scientific Journal Vol.13, No.15, pp. 310-329.
 7. Bohbot J., 2017. L'orpaillage au Burkina Faso : une aubaine économique pour les populations, aux conséquences sociales et environnementales mal maîtrisées », EchoGéo [En ligne], 42 | 2017. <http://journals.openedition.org/echogeo/15150> ; doi : <https://doi.org/10.4000/echogeo.15150>
 8. Bocquier G., 1960. Caractérisation de quelques profils pédologiques observés dans le district de Souanké (République du Congo). ORSTOM-IEC, Paris, 8p.
 9. Mark B. & Shanomae R. (2010). L'impact environnemental et social de l'orpaillage au Guyana in Tourrand J.F., Sayago D., Bursztyn M., Drummond J.A. (2010). L'Amazonie un demi-siècle après la colonisation. Hors collection, éd. Quae, pp. 99-111.
 10. CEH, 2015. Etude d'impact environnemental et social du projet de renforcement et d'extension des réseaux électriques des villes de Niamey, Dosso, Maradi, Zinder, Tahoua, Agadez et Tillabéri, Société Nigérienne d'électricité (NIGELEEC), République du Niger, 106p.
 11. Denis B. ; Jamet R. ; Martin D., 1973. - Projet de développement de la culture du cacaoyer dans la région de la Sangha. Etude pédologique. Tome 1 : Texte. ORSTOM, Brazzaville, 171p.
 12. Desthieux F., Boudzoumou F., Malounguila-Nganga D., Mouanda, Moumpossa R., Ondongo C., Ongouya A. & Nzaba M., 1993. Notice explicative de la carte géologique du Congo au 1/1.000.000. Ministère des Moines et de l'Energie, Brazzaville, 32p.
 13. Dialga I., 2013. Du boom minier au Burkina Faso : opportunité pour un développement durable ou risque de péril pour les générations futures-Mémoire de recherche, Institut d'Economie et de management de Nantes-IAE, Université de Nantes, 88p.
 14. Digbo, G. A., Tchehi, Z. F. J., Dalougou, G. D., & Ouattara, L. (2021). Exploitation artisanale de l'or et transformations de la vie rurale à Zaïbo, dans le département de Daloa (centre-ouest, Côte d'Ivoire).

- International Journal of Current Research, 13(04), pp. 17084-17090.
<https://doi.org/10.24941/ijcr.41051.04.2021>.
15. Djangbedja M., Vodounou J. B. K., Zimari T. A-N. et Tchamie Thiou K. T., 2018. L'orpaillage et le développement durable à Kéméni et à Kpaza dans le centre du Togo. *Annales des Lettres et Sciences Sociales de l'Université de Parakou*, Volume 1, Numéro 1, 21p.
 16. FCPF, 2016. Document de Programme de Réductions des Émissions (ER-PD) Sangha-Likouala, République du Congo, 326p.
 17. FODE B. C., 2019. Étude des impacts de l'exploitation artisanale de l'or en République de Guinée (cas de la préfecture de Siguiri). Mémoire, Université du Québec, Montréal, 176p.
 18. Gatsé E.C., Yuling X., Adamako-Ansah K. & Yunwei Q., 2021. Petrology, geochemistry and U-Pb-Lu-Hf isotopes of granitoids from the Ivindo basement complex of the Souanké area, Republic of Congo: insights into the evolution of archean continental crust. *Geological Journal*. 4219.
 19. Gres H.B., & LeGras, M. (1965). Mission Ouesso : Première. Deuxième et troisième campagnes. Rapports. BRGM BRA 65 A7, BRGM BRA 66 A3, BRGM BRA 66 A7.
 20. Groupe de la Banque Africaine de Développement, 2015. Projet de route Ketta Djoum et de facilitation des transports sur le corridor Yaoundé-Brazzaville-phase 2, n° du projet p-z1-db0-083, multinational Cameroun – Congo, département : OITC, division : OITC1, 31p.
 21. Harimalala H., 2003. Evaluation environnementale stratégique des activités minières à Madagascar : mémoire de fin d'étude d'ingénieur en géologie ; 80p.
 22. Hue B. F. F., Kambire B. et Alla D. (2020). Mutations environnementales Mutations environnementales liées à l'orpaillage à Ity (Ouest de la Côte d'Ivoire). *Annales de l'Université de Moundou, Série A-FLASH Vol.7(2)*, Juin. 2020, aflash-revue-mdou.org, p- ISSN 2304-1056/e-ISSN 2707-6830
 23. Kahitouo H., 2012. Réalisation d'un diagnostic environnemental pour l'amélioration de la performance environnementale de l'orpaillage au Burkina Faso : cas du site de Kampti, Mémoire de Master, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Burkina Faso, 73p.
 24. Kiemtore I., 2012. Impacts environnementaux et risques sanitaires de l'exploitation artisanale de l'or : cas du site aurifère de Bouere dans la province du Tuy (Burkina Faso). Mémoire de Master, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Burkina Faso, 53p.

25. Kissama M.D., 2011. L'orpaillage et son impact sur l'environnement du massif forestier du Mayombe : cas du secteur de Kakamoeka-centre, Mémoire de maîtrise de géographie. FLSH, UMNG, Brazzaville, 115p.
26. Kouka L. A., 2001. Biotopes et diversité des groupes phytogéographiques de la flore du parc national d'Ozala (Congo Brazzaville). Systematics and geography of plants, n°71, pp. 827-835.
27. Laboundou R., 2014. L'orpaillage et son impact sur l'environnement de la zone Ngoyboma-Lebaye (District de Kéllé, Congo). Mémoire de Master Faculté des Sciences et Techniques, UMNG, Brazzaville, 37p.
28. Lala O., 2019. Orpaillage artisanal et développement rural. Mémoire de Thèse, Université de Laval, Québec, 152p.
29. Laperche V., Montanovanh M., Thomassin J.F., 2008. Synthèse critique des connaissances sur les conséquences environnementales de l'orpaillage en Guyane, Rapport BRGM/RP-56652-FR, 73p.
30. Martin D., 1973. – Les sols des cacaoyères de la Sangha. ORSTOM, Brazzaville, 60p.
31. Meloux J., Bigot M. & Viland J.C., 1983. Plan Minéral de la République Populaire du Congo. Ministère des Mines et de l'Energie, Brazzaville, 270p.
32. Mokam S.A.B., Tsikam M.C., 2016. Impact de l'exploitation artisanale de l'or sur les populations de Kambélé, Région de l'est Cameroun., Centre d'excellence pour la gouvernance des industries extractives en Afrique francophone, Natural resources gouvenance institute, Oil, Gas and Mining for development, 30p.
33. Mouhani Bizi Masala E., 2012. L'orpaillage et ses impacts dans l'environnement dans le secteur de M'vouti (Mayombe-Congo). Mémoire, DEA, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, 100p.
34. Moukouiti C., 2004. Les activités d'orpaillage et leurs impacts sur l'environnement dans le sillon de Zanaga (Massif du Chaillu, Congo). Mémoire CAPES, ENS/UMNG, 62p.
35. N'da H.D., N'guessan E.K., Wajda M.E., Affian K., 2008. Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire). Revue Télédétection, 2008, vol. 8, n° 1, pp. 17-34
36. Ndiaye K., 2020. Le développement de l'orpaillage, son impact environnemental et sanitaire dans le sud-est du Sénégal : exemple du site aurifère de Bantako. Mémoire de Master de Faculté des Sciences, Université de Liège, Belgique, 82p.
37. Ngo Minyem K., 2012. Realisation d'un diagnostic environnemental pour l'amélioration de la performance environnementale de

- l'orpaillage au Burkina Faso : cas du site de Gombledougou, Mémoire de de master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Burkina Faso, 85p.
38. Nguelpjougou D., Manyacka E., 2008. Exploitation minière artisanale dans la province de l'Est Cameroun : Cas du département de la Boumba et Ngoko ; Etat des lieux, Constat, Analyse et recommandation, CED, Cameroun, 65p.
 39. Palle D.A.I., Watou F., Kourouna, S., 2013. L'effet de l'exploitation artisanale de l'or sur les ressources forestières à Siguiri en Guinée.
 40. https://www.sifee.org/static/uploaded/Files/ressources/actes-des-colloques/Bamako/session-5/B_Palle_etal_comm.pdf
 41. Palle D.A.I., Wade, Kourouma, S. 2019. Effets de l'exploitation artisanale de l'or sur les ressources forestières à Siguiri, République de Guinée
 42. Randrianarijaona H.A., 2017. Suivi environnemental de la ceinture verte de Makira, Madagascar, par télédétection : Evaluation des changements d'occupation du sol et de l'efficacité de la gestion contractualisée des forêts, Master de spécialisation en sciences et gestion de l'environnement, Filière nature et Territoires, ULG - Faculté des Sciences - département des Sciences et gestion de l'environnement, UCL - Faculté des Bioingénieurs, 54p.
 43. Richard M., Moher P., Hamza D., 2015. La santé dans l'orpaillage et l'exploitation minière artisanale : Un manuel pour instructeurs, Artisanal Gold Council, Victoria, BC. ISBN : 978-0-9939459-3-9, 69p.
 44. Roamba J., 2014. Risques environnementaux et sanitaires sur les sites d'orpaillage au Burkina Faso : cycle de vie des principaux polluants et perceptions des orpailleurs (cas du site Zougnazagmligne dans la commune rurale de Bouroum, région du centre-nord), Master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement. Fondation 2Ie, Ouagadougou 01, Burkina Faso, IFU 00007748B, 72p.
 45. Rollet B., 1964. Introduction à l'inventaire forestier du Nord Congo. Rapport au gouvernement de la République du Congo n°1782, Rome, Brazzaville, 44p.
 46. Samba Z.G., 2013. Caractérisation des placers et évaluation des impacts de l'orpaillage et du diamminage sur l'environnement du secteur Lébama M'pama (Massif du Chaillu-Congo). Mémoire de Master ès Sciences et Techniques, Faculté des Sciences et Techniques, UMNG, Brazzaville, 34p.

47. Sanda I., Ado M., Amadou S., Dabal Souna B., Moutari A., 2019. Le secteur minier artisanal et le rôle du Service géologique au Niger, In Tychsen J., Charles N., (Eds.), 2019. La mine artisanale en Afrique de l'Ouest francophone, pp. 251-260.
48. Seydou K., 2001. Etude sur les mines artisanales et les exploitations minières à petite échelle, MMSD project, IIED, n°80, Mali, 53p.
49. Solo G.B., 2011. L'orpaillage et son impact sur l'environnement du massif forestier du Mayombe : cas du secteur de Dimonika, Mémoire de maîtrise, Faculté des lettres et des sciences humaines département de géographie, UMNG, 74p.
50. Soma, A., Compaore, N. épouse B., & Yameogo, L., 2021. Orpaillage, mutations environnementales et risques sanitaires dans le sous-bassin versant du fleuve Mouhoun au Burkina Faso. *Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, 4(7), pp. 99-112.
51. Sorgho, F., 2011. Evaluation environnementale et sociale des sites d'orpaillage et stratégies de compensation : cas du site de Mankarga dans la commune de Boudry au Burkina Faso, master spécialisé en gestion durable des mines, 2011, 52p.
52. Vilatte J.C., 2007. Méthodologie de l'enquête par questionnaire, Laboratoire Culture & Communication, Université d'Avignon, Grisolles, 56p.
53. Voundi E. Extractivisme minier dans l'Est-Cameroun et controverses socio-environnementales : quelles perspectives pour un développement paisible des communautés locales ? *Belgeo*. URL: <http://journals.openedition.org/belgeo/48699>. DOI: <https://doi.org/10.4000/belgeo.48699>
54. Yao, K. A., Yoro, B. M., Adou Yao, C. Y., & Amany, Y. C., (2019). Enjeux des activités humaines dans le maintien de la diversité végétale des forêts marécageuses de la Sous-préfecture de Grand-Lahou sur le littoral ivoirien. *European Scientific Journal*, Vol.15, No.15, pp 206-228. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n15p206>.