

Impacts Environnementaux Et Socioéconomiques De L'exploitation Artisanale De L'or Dans La Partie Centrale Sud De Madagascar : Cas De La Commune Tsarazaza - District De Fandriana – Région Amoron'Imania

Nadia RAZAFIMALALA¹, Pax RAJAONERA², Raymond RAKOTONDRAZAFY¹

¹ Ecole Doctorale Sciences de la Terre et de l'Evolution, Université d'Antananarivo

² Domaine des Sciences et Technologie, Mention Chimie, Université d'Antananarivo



Résumé – Cette étude représente une évaluation des impacts environnementaux et socioéconomiques de l'exploitation artisanale de l'or dans la commune de Tsarazaza en vue de définir des mesures d'atténuation pour minimiser les impacts négatifs de cette activité et d'optimiser ses retombées positives. La méthodologie est basée sur des travaux de terrain en adoptant une approche descriptive et analytique. Cette dernière consiste à observer les procédures d'extraction de l'or et identifier les impacts constatés sur l'environnement pendant toute la chaîne d'exploitation. Des mesures in situ des paramètres physico-chimiques des cours d'eaux ont été effectuées afin d'étudier les menaces de pollution. La matrice de Léopold a été utilisée pour étudier l'interaction des impacts avec les différents composants de l'environnement. La matrice Fecteau a permis d'évaluer leurs niveaux d'importance. Il ressort de cette étude que l'exploitation artisanale de l'or dans cette région génère non seulement des impacts positifs mais aussi beaucoup d'impacts négatifs sur l'environnement. Les impacts négatifs touchent plus particulièrement le milieu biophysique tels que la dégradation du sol et du paysage, le phénomène d'érosion, l'ensablement des rizières et la perte de la couverture végétale. Quant à la pollution des cours d'eau, les valeurs du pH, de la conductivité électrique, du Total Dissolved Solid ainsi que de la salinité sont encore acceptables par rapport à la recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé. Sur le plan socioéconomique, bien que dévastatrice, cette activité offre une opportunité d'emploi et une source de revenu complémentaire pour la population. Pour atténuer les impacts négatifs, il est recommandé de restaurer progressivement les sites miniers. Une revégétalisation est nécessaire pour stabiliser le sol. Pour limiter la pollution des rivières et l'ensablement des bas fonds, il est préférable de créer des bassins de décantation pour le lavage. Pour que cette activité puisse constituer un moteur de développement pour la commune, sa formalisation suivant les textes législatifs en vigueur doit être priorisé.

Mots clés – or; exploitation artisanale ; dégradation ; pollution ; environnement ; Tsarazaza

Abstract – This survey assesses the environmental and socioeconomic impacts of the artisanal mining in the commune of Tsarazaza in the view of defining precautionary measures to minimize the environmental risks caused by mining activities and to optimize the positive impacts for local economy. The methodology is based on fieldwork by adopting descriptive and analytical approach. A close look is taken at gold extraction procedures and any causes of environmental effects and risks. In situ measures of physicochemical parameters of river are chosen to evaluate the threat of pollution. Leopold's matrix has been used to study the interaction between impacts and various environmental components. Fecteau's matrix enables to state its order of importance. This survey reveals that artisanal gold mining causes environmental damages while ensuring local economic growth. The environmental damage affects especially biophysical components such as soil and landscape degradation, erosion, sedimentation and vegetation removal. Concerning water pollution, pH value, Electrical conductivity, Total Dissolved Solid and salinity ensure more or less full compliance with World Health Organization's regulations regarding drinking water. Socially and economically speaking, in spite of its devastating effects, the gold mining offers substantial income, generating jobs for the local population. To compensate for environmental damages, it is highly recommended to gradually restore the mining sites. Forestry plantations are required to stabilize the soil. To limit water pollution and to stop sand bank, ore washing ponds can help. In order to boost economic growth for the commune, strict enforcement of regulations is needed.

Keywords – gold; artisanal mining; degradation; pollution; environment; Tsarazaza.

I. INTRODUCTION

La commune rurale de Tsarazaza est située dans la partie centrale sud de Madagascar. Sur le plan administratif, elle fait partie du District de Fandriana, Région Amoron'Imania. Elle est caractérisée par une topographie très accidentée. Le relief est caractérisé par des vallées encaissées, des collines et des chaînes de montagnes pouvant atteindre les 1900m d'altitude. La direction des écoulements des rivières est globalement Nord- Sud (Fig.1). La commune de Tsarazaza a toujours été connue pour ses potentiels en minéralisation aurifère [1] ; [2]; [3]. Elle appartient au district aurifère d'Ambatolampy [4].

Dans ladite commune, l'exploitation artisanale de l'or n'est pas un phénomène nouveau. Elle a déjà perduré pendant plus de cinquante ans. Le manque de terre cultivable, la répercussion des changements climatiques, les conditions de pauvreté poussent la population à chercher des sources de revenus complémentaires et l'exploitation de l'or apparaît comme un excellent recours [5]. Comme pour la plupart des régions aurifères de Madagascar, il s'agit d'une exploitation informelle qui constitue une activité économique secondaire pour la population [6]. Actuellement, l'exploitation artisanale de l'or offre une opportunité d'emploi et une source de revenus rapide pour les communautés rurales, permettant de couvrir leurs besoins journaliers mais parallèlement, par son ampleur, elle modifie considérablement l'environnement[7]. Ainsi, l'objectif principal de ce travail est d'identifier les principaux enjeux environnementaux et socioéconomiques de l'exploitation artisanale de l'or et d'évaluer leurs ampleurs afin de proposer les solutions envisageables pour minimiser les dégâts.

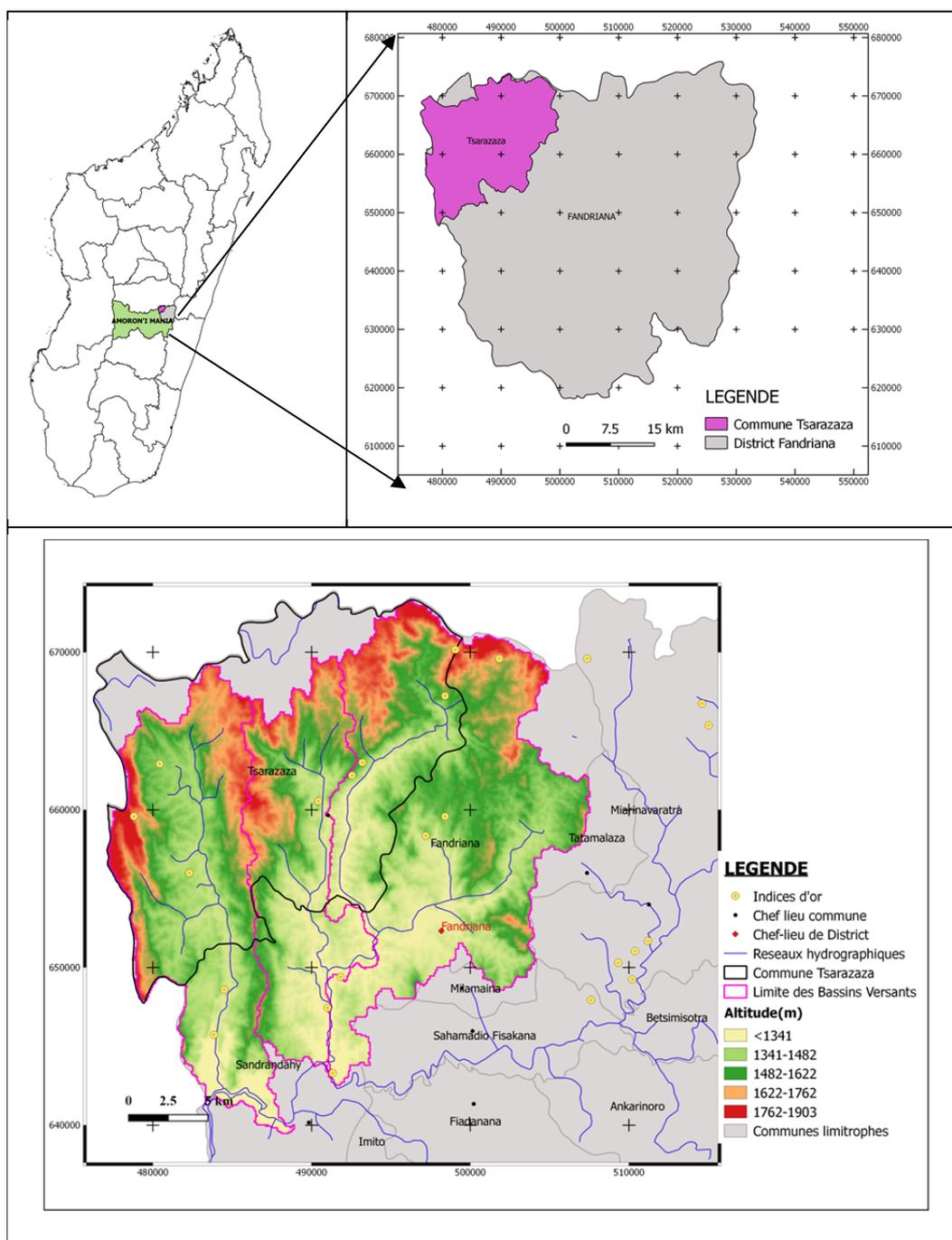


Figure 1 : Carte de localisation et réseau hydrographique de la zone d'étude (Source : Image SRTM, Bases de données 1/ 500 000e FTM, Direction Régionale des mines Amoron'Imania, 2021)

II. MATERIEL ET METHODOLOGIE

2.1. Travaux préparatoires

Les investigations de terrain sont précédées de certaines préparations regroupant les recherches bibliographiques et des travaux cartographiques. Le travail consiste à consulter des documents relatifs à la zone d'étude (monographies, rapports, cartes topographiques et géologiques) et à réaliser les cartes de localisation avec le logiciel Qgis 2.18.

2.2. Travaux de terrain

Les travaux de terrain se sont effectués en deux temps : le premier en décembre 2020 et le second en novembre 2021. La première tâche consiste à repérer des sites d'orpaillage et à collecter des informations sur la géologie, les techniques d'extraction de l'or ainsi que sur les aspects socioéconomiques de l'orpaillage. C'est également l'occasion d'étudier l'interaction entre les processus d'extraction de l'or et les impacts générés sur les différents composants de l'environnement pendant et après l'extraction du minerai. Ceci permet d'établir la relation de causes à effets et de faire un bilan sur les changements environnementaux à l'échelle locale et régionale. Pour se faire, la matrice de Léopold (TABLEAU I) a été utilisée pour l'identification des impacts [8]. Elle permet de faire la corrélation entre les activités minières sources d'impacts et les milieux récepteurs.

Le matériel utilisé pendant les travaux de terrain sont : un GPS (Global Positioning System) pour la localisation des sites d'exploitation et des sites de lavage, un appareil photo numérique pour les illustrations, un double décimètre pour mesurer la profondeur des puits miniers. Pour quantifier la pollution des eaux de surface, des mesures in situ des paramètres physico-chimiques ont été effectuées à l'aide d'un multiparamètre portatif « ISOLAB Laborgeräte GmbH » . Les résultats obtenus ont été traités par Microsoft Office Excel puis comparées à la norme de potabilité de l'eau recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé[9]. Les grandeurs mesurées sont : la température, la conductivité électrique, le TDS (Total Dissolved Solids) et la salinité.

TABLEAU I. MATRICE D'IDENTIFICATION DES IMPACTS (LEOPOLD, 1971)

		Milieux récepteurs						
		Aspects biophysiques					Aspects socioéconomiques	
Activités sources d'impacts	Impacts	Faune	Flora	Eau	Sol	Paysage	Santé	Economie

2.3. Analyse des données

Les niveaux d'importance des impacts identifiés sont ensuite évalués par la matrice Fecteau (TABLEAU II) [10]. Il s'agit d'une évaluation qualitative de l'intensité des dégâts environnementaux. Les critères d'évaluation sont : l'étendue, la durée et l'intensité des dégâts. L'étendue peut être ponctuelle, locale ou régionale. La durée de l'impact est courte lorsque l'impact est temporaire et dure au plus quelques semaines ou mois, moyenne lorsque l'impact dure quelques années et dont l'effet est réversible ou longue lorsque l'impact est permanent et l'effet est irréversible. L'intensité peut être faible lorsque l'impact affecte un ou deux aspects de l'environnement, moyenne lorsqu'il affecte au moins trois aspects de l'environnement ou forte lorsqu'il affecte tous les aspects de l'environnement. L'importance de l'impact peut être mineure, moyenne ou majeure. Un niveau d'importance majeure signifie que les modifications entraînées sont importantes sur la composante affectée et se traduisent par des perturbations importantes au niveau de ses caractéristiques ou de sa qualité. Un niveau d'importance moyen signifie que l'impact entraîne des perturbations sur la composante du milieu touché qui modifie son utilisation, ses caractéristiques ou sa qualité. Un impact de niveau d'importance mineure signifie qu'il ne provoque que de faibles modifications sur la composante environnementale visée.

TABLEAU II. GRILLE D'EVALUATION DE L'IMPORTANCE DES IMPACTS (FECTEAU, 1997)

Intensité	Etendue	Durée	Niveau d'importance
Forte	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Majeure
		Courte	Majeure
	Locale	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
	Ponctuelle	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne

Moyenne	Régionale	Courte	Mineure
		Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
	Locale	Courte	Moyenne
		Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
	Ponctuelle	Courte	Moyenne
		Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
Faible	Régionale	Courte	Mineure
		Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
	Locale	Courte	Mineure
		Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
	Ponctuelle	Courte	Mineure
		Longue	Mineure
		Moyenne	Mineure

Les différentes incidences identifiées sont ensuite classées en fonction de leur nature ou qualité (Q), de leur importance (I) et de leur probabilité d'occurrence (P) (TABLEAU III). La qualité de l'impact peut être positive ou négative. Elle est négative lorsqu'il y a un désavantage causé par l'exploitation aurifère. Par contre, elle est positive lorsqu'il y a un avantage. L'importance de l'impact peut être mineure, moyenne ou majeure. La probabilité d'occurrence (P) est la possibilité de survenu de l'impact. Elle peut être certaine, probable, ou rare.

TABLEAU III. MATRICE DE HIERARCHISATION DES IMPACTS

Critères	Symboles/Cotes	Qualification
Qualités de l'impact (Q)	(+)	Positif
	(-)	Négatif
Importance (I)	1	Mineure
	2	Moyenne
	3	Majeure
Probabilité d'occurrence (P)	4	Certaine
	3	Probable
	2	Rare

Ces critères définissent la criticité (C) de l'impact (TABLEAU IV) Elle peut être évaluée par la formule suivante:

$$I*Q*P= C [11]$$

Les impacts qui présentent des niveaux de criticité élevés seront priorisés dans la prise de décision.

TABLEAU IV. MATRICE D'EVALUATION DE LA CRITICITE

Impacts	Qualité de l'impact (Q)	Importance (I)	Probabilité d'occurrence (P)	Criticité (C)

III. RESULTATS

3.1. Localisation des sites d'orpaillage

La descente sur terrain a permis de recenser 48 sites d'orpaillage dont 31 déjà abandonnés et 17 encore en exploitation (Fig.2). Les principales zones d'orpaillage se trouvent dans la partie Nord Est de la commune, en amont de la rivière Ambatomanana. Cette rivière draine la partie Est de la commune avec un écoulement de direction général Nord-Sud. Elle irrigue les parcelles rizicoles situées dans la partie sud de la commune.

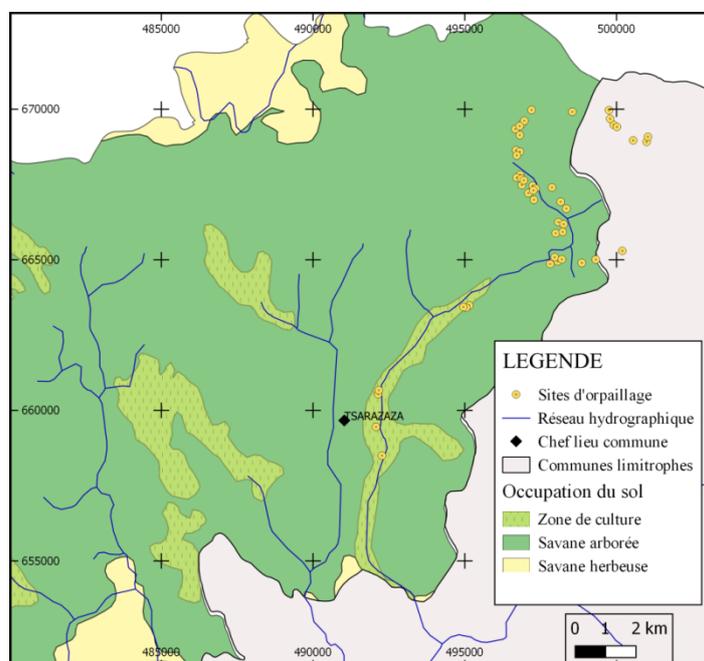


Figure 2 : Carte d'occupation du sol avec localisation des sites d'orpaillage dans la commune de Tsarazaza (Source : Bases de données 1/ 500 000^e FTM, données de terrain 2020 et 2021).

3.2. Caractérisation sommaire de la minéralisation

Deux types de minéralisation ont été identifiés dans la zone d'étude (figure 3) :

- Une minéralisation primaire contenue dans des altérites, des pegmatites et des veines de quartz discontinues d'épaisseurs millimétriques à centimétriques encaissées dans des roches métamorphiques fortement altérées.
- Une minéralisation secondaire représentée par des terrasses alluviales anciennes ainsi que des alluvions récentes. Les minerais sont composés de sédiments terrigènes à grains fins tels les argiles, les sables ainsi que des éléments grossiers comme les galets et les blocs associés à des minéraux lourds tels la magnétite, la pyrite et l'or.

3.3 Méthodes d'exploitation de l'or

L'exploitation se fait par des méthodes d'extraction et de traitement rudimentaires avec des outils très simples tels que pelles, pioches, seaux et des pièces métalliques diverses. En général, l'exploitation comporte six étapes : enlèvement de la terre végétale et des niveaux stériles (décapage), creusage des puits, remontée du minerai, concassage, lavage du minerai par batée et enfin la récupération des grains d'or.

3.3.1. Exploitation des gisements primaires

Pour ces types de gisement, afin d'atteindre les niveaux minéralisés, les orpailleurs creusent des puits verticale ou plus ou moins inclinées de diamètres et de profondeurs variables (Fig. 3A). Au fur et à mesure du fonçage du puits, des prélèvements pour essais de lavage à la batée sont faits à chaque changement d'apparence des formations traversées. Ce travail s'arrête lorsqu'on rencontre des niveaux minéralisés. Les tas de minerais sont acheminés vers la surface pour le lavage. Pour les gisements

filoniens, à part le creusage de puits, les filons de quartz sont concassés manuellement avec un marteau pour libérer les grains d'or. L'or est séparé des minéraux des gangues par un lavage à la bâtée (Fig. 3B).

3.3.2. Exploitation des gisements secondaires

Pendant la saison pluvieuse, l'orpaillage se pratique directement dans le lit vif des cours d'eau. Les sédiments aurifères sont prélevés seulement à quelques centimètres de profondeurs par des pelles et passent directement au lavage par batée (Fig. 3D). En saison sèche, les cours d'eaux sont déviés ; les orpailleurs créent des barrages pour obtenir le maximum de minéraux lourds (Fig. 3E) avant de passer à la séparation densimétrique. Toujours en période d'étiage, l'exploitation des alluvions sur les berges nécessite le creusage de puits jusqu'à atteindre la couche minéralisée. La profondeur varie de 1 à 3m de profondeur. Les graviers aurifères seront remontés à la surface pour le lavage (Fig.3F). Pour l'exploitation des terrasses, les couches à graviers minéralisés sont exploitées par des puits. Les sédiments seront ensuite acheminés vers les cours d'eau proches pour le lavage.



Figure 3: Photos illustrant les principaux types de gisement d'or et leurs modes d'exploitation. A : Puits miniers dans les gisements primaires B: Filons de quartz aurifères C : Concassage et lavage des veines de quartz aurifère. D, E : Exploitation par batée dans les lits vifs. F: Orpaillage sur les berges des cours d'eau.

3.4. Identification des impacts de l'orpaillage sur l'environnement

La matrice de Léopold (TABLEAU V) fait ressortir treize impacts environnementaux de l'orpaillage. Les composantes biophysiques sont les principales touchées négativement. Ce sont : la faune et la flore, l'eau, le sol et le paysage. Sur le plan socioéconomique, l'exploitation de l'or présente deux aspects. Elle crée de l'emploi et améliore les revenus des ménages, donc un aspect bénéfique mais parallèlement, elle engendre des conséquences désastreuses sur les activités de subsistance de la population et constitue un manque à gagner pour les recettes communales.

TABLEAU V. LES DIFFERENTS IMPACTS DE L'ORPAILLAGE SUR L'ENVIRONNEMENT

Activités sources d'impacts	Impacts identifiés	Milieux récepteurs						
		Aspects biophysiques					Aspects socioéconomiques	
		Faune	Flore	Eau	Sol	Paysage	Santé	Economie
Défrichage et décapage	Perte du couvert végétale	x	x		x	x		
Excavation	Erosion			x	x	x		x
	Infertilité du sol				x			x
	Risque d'accident						x	
	Glissement de terrain					x	x	
Dépôts de stériles	Modification du paysage				x	x		
Lavage de minerais dans les cours d'eaux	Pollution physique des cours d'eaux	x		x			x	x
	Perturbation du régime hydrologique			x				
	Ensablement des rivières			x				
	Perte de terre agricole							x
Vente journalière de l'or	Source de revenu							x
	Emploi							x
Collecte d'or hebdomadaire	Non paiement de ristournes et de redevances minières							x

3.5. Manifestation des différents impacts sur l'environnement

3.5.1. Perte du couvert végétal

Les excavations pour atteindre les horizons aurifères nécessitent souvent un défrichage préalable entraînant la disparition de plusieurs espèces végétales notamment des savanes arborées et des savanes herbeuses (Fig. 4A). La déforestation accélère ensuite la vitesse de l'infiltration des eaux pluviales dans le sol et favorise l'instabilité des pentes aboutissant aux phénomènes de glissements de terrain (Fig.4B).



Figure 4: Photos illustrant l'état des sites après exploitation. A : Déforestation B : Glissement de terrain

3.5.2. Raréfaction de la faune aquatique

L'absence des poissons a été constatée dans les rivières proches des sites d'orpaillage. Ceci est probablement lié à la pollution de l'eau. En effet, les résidus de lavage libèrent une quantité élevée de matières en suspension dans les eaux de surfaces entraînant un environnement impropre à la vie aquatique.

3.5.3. Pollution des ressources en eau

Les impacts de l'activité d'orpaillage sur la quantité des ressources en eaux sont multiples. En effet, l'entraînement des stériles par les eaux de ruissellement, l'érosion des flancs des collines, les résidus de lavage des minerais entraînent un suralluvionnement des rivières. En période d'étiage, les cours d'eau sont complètement asséchés. La teneur anormalement élevée de matières en suspension dans ces cours d'eau se manifeste par l'aspect boueux et trouble des cours d'eau (Fig.5).



Figure 5 : Pollution physique de la rivière Ambatomanana. A : Forte turbidité (Source : Image Google Earth, juillet 2019), B : Suralluvionnement et assèchement de la rivière.

Le TABLEAU VI résume les valeurs des paramètres physico-chimiques des cours d'eaux aux environs des sites d'orpaillage. Le site 1 est localisé en amont des sites d'orpaillage, loin des villages donc isolé de toute perturbation anthropique. Il peut être considéré comme site témoin. L'écoulement de surface à travers les substrats rocheux à l'ombre des végétations est à l'origine de la fraîcheur de l'eau et de sa couleur claire. L'eau est légèrement basique et faiblement minéralisée avec un pH égal à 7,33 et une conductivité égale à 25,9 μ S/cm. Pour les sites 2 et 3, la température de l'eau varie avec la température ambiante. Sa couleur varie de rouge brique à grisâtre selon la composition minéralogique et la composition en matière organique des sédiments qui passent au lavage. Le pH de l'eau diminue par rapport à celui du site témoin, mais encore proche de la neutralité. Une augmentation des valeurs de la conductivité et du TDS est constatée sur les deux sites. La variation de ces trois paramètres s'explique par la diffusion des éléments chimiques provenant des résidus de lavage vers les eaux de surface. Néanmoins, les

valeurs mesurées in situ ne dépassent pas les recommandées par l'OMS. Pour les ressources en eaux situées en aval des sites d'orpaillage (site 4), les valeurs des paramètres physico-chimiques dépendent de l'intensité et de la fréquence des processus de lavage qui sont très variable au cours de la journée. En conséquent, la couleur de l'eau ainsi que les valeurs des paramètres physico-chimiques varient en fonction des charges en suspension et en fonction de la distance par rapport au site d'orpaillage. Ainsi, pour le site 4, les valeurs de la conductivité et celles du TDS connaissent une légère diminution par rapport aux sites de lavage.

TABLEAU VI. RESULTATS DES MESURES IN SITU DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DE SURFACE

Paramètres physico-chimiques	Unités	Site1 : Site témoin	Site 2 : Site de lavage	Site 3 : Site de lavage	Site 4 : Aval des sites de lavage	Recommandation OMS
Température	°C	21,5	27,9	28,6	27,5	
Conductivité	µS/cm	25,9	21,5	38,5	37,2	≤400
pH		7,33	7,14	7,25	7,44	6,5≤pH≤8,5
TDS	ppm	17,2	14,2	25,6	24,4	≤600
Salinité	g/l	0,013	0,010	0,018	0,018	-

3.5.4. Impacts socioéconomiques

3.5.4.1. Santé

L'abandon des puits sur les versants et sur les berges des rivières expose la population à des danger surtout en saison de pluie. Pour les sites d'exploitation situés près des villages ou des sentiers, la présence des puits abandonnés déstabilise les versants et favorise les risques d'éboulement. En période de crue, ces puits constituent un piège pour la population et les animaux qui traversent la rivière. La pollution physique des eaux de surface ne permet pas leur utilisation domestique, risquant de déclencher de nombreuses maladies.

3.5.4.2. Economie

3.5.4.2.1. Source d'emploi et de revenu

Les impacts socioéconomiques de l'exploitation artisanale de l'or se présentent sous plusieurs aspects. Sur le plan social, cette activité entraîne de multiples changements au niveau du mode de vie de la population. Autrefois, si l'agriculture et l'élevage étaient les principales activités économiques de la population, actuellement elles sont totalement délaissées puisque l'orpaillage constitue un moyen de survie grâce à la vente rapide de l'or. Néanmoins, cette activité est génératrice d'emploi puisqu'elle ne nécessite pas de compétence particulière. Les travaux durs comme l'excavation des puits sont généralement assurés par les hommes et le lavage est souvent réservé aux femmes. Sur le plan économique, l'orpaillage constitue un revenu rapide pour la population rurale. Les produits sont vendus journalièrement à un collecteur local (un épicier). Le pesage se fait grâce à une petite balance et des grains de paddy. Un gramme d'or équivaut à trente grains de paddy. En moyenne, un orpailleur obtient quotidiennement une quantité d'or équivalente à deux grains de paddy soit égale à 0,6 décigramme. En novembre 2021, un grain de paddy d'or est vendu à 5000 Ariary soit à peu près 1,25 \$. Un orpailleur gagne donc 2,50 \$ par jour. La plupart du temps, ces orpailleurs ne touchent pas leurs gains mais les échangent avec des produits de première nécessité comme le sucre, le café, l'huile et le tabac.

3.5.4.2.2. Manques à gagner pour l'Etat

L'orpaillage dans la commune de Tsarazaza est une activité clandestine malgré les nombreuses tentatives des organismes d'Etat comme l'Agence National de l'Or pour formaliser cette activité. Les principales failles se trouvent d'une part au niveau du non application des lois en vigueur notamment du code minier et d'autre part le manque de volonté d'implication des acteurs concernées (autorités locales, orpailleurs, collecteurs...) dans les différentes démarches. Les entretiens avec les dirigeants locaux ont permis de savoir que la mairie de la commune de Tsarazaza ne possède pas de données statistiques ni sur les effectifs des orpailleurs et des collecteurs ni sur la quantité d'or réellement produite dans la commune. Le circuit de l'or depuis le lieu d'extraction jusqu'à la commercialisation reste flou. Cette situation constitue un manque à gagner pour l'Etat en termes de

ristournes et de redevances minières.

3.5.4.2.3. Pertes de terres cultivables

L'ensablement des parcelles rizicoles figure parmi les impacts directs de l'orpaillage (Fig.6). Le phénomène d'érosion ainsi que le lavage de minerais dans les cours d'eau en sont les principales causes. Actuellement, une importante surface rizicole en aval des sites d'orpaillage est recouverte par des boues et des sables.



Figure 6: Ensablement des rizières dû au débordement de la rivière

3.6. Evaluation de l'importance des impacts

La matrice d'évaluation du TABLEAU VII fait ressortir treize impacts environnementaux dont neuf impacts d'importance majeure (69,23%), trois impacts d'importance moyenne (23,07%) et un impact d'importance mineure (7,70%) .

TABLEAU VII. MATRICE D'ÉVALUATION DES IMPACTS

Milieux récepteurs	Impacts identifiés	Intensité	Etendue	Durée	Importance
Faune et Flore	Perte du couvert végétale	Forte	Régionale	Longue	Majeure
Sol	Erosion	Forte	Régionale	Longue	Majeure
	Infertilité du sol	Forte	Ponctuelle	Longue	Majeure
	Risque d'accident	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Paysage	Modification du paysage	Forte	Régionale	Longue	Majeure
	Glissement de terrain	Faible	Ponctuelle	Courte	Mineure
Eaux	Pollution des cours d'eaux	Forte	Régionale	Longue	Majeure
	Perturbation du régime hydrologique	Forte	Régionale	Longue	Majeure
	Ensablement des rivières	Forte	Régionale	Longue	Majeure
Economie	Perte de terre agricole	Forte	Régionale	Longue	Majeure
	Source de revenu	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
	Emploi	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
	Non paiement de ristournes et de redevances minières	Forte	Régionale	Moyenne	Majeure

3.7. *Hierarchisation des impacts*

Le tableau VIII fait ressortir que l'exploitation artisanale de l'or dans la zone d'étude engendre beaucoup plus d'impacts négatifs que positifs. Le niveau de criticité -12 attribué aux impacts sur le milieu biophysique signifie que cette activité modifie intensément tous les composantes de ce milieu: végétation, sol, eau. Ces impacts doivent faire l'objet d'une réhabilitation immédiate puisqu'ils induisent d'autres problèmes majeurs comme l'ensablement des rizières qui présente également un niveau de criticité -12. Sur le plan socioéconomique, la contribution de l'orpaillage sur le revenu des ménages est de +8, un apport assez bas par rapport au coût de la vie à la difficulté des travaux d'extraction. Une attention particulière devra être portée sur la commercialisation et les techniques d'exploitation pour augmenter la production. Des mesures radicales doivent également prises pour éradiquer la collecte informelle des produits pour que la commune puisse bénéficier des ristournes et des redevances minières.

TABLEAU VIII. MATRICE DE HIERARCHISATION DES IMPACTS

Impacts Identifiés	Qualité de l'impact	Importance	Probabilité d'occurrence	Criticité
Perte du couvert végétale	(-)	3	4	-12
Erosion	(-)	3	4	-12
Infertilité du sol	(-)	3	3	-9
Risque d'accident	(-)	2	3	-6
Modification du paysage	(-)	3	4	-12
Glissement de terrain	(-)	1	2	-2
Pollution des cours d'eaux	(-)	3	4	-12
Perturbation du régime hydrologique	(-)	3	4	-12
Ensablement des rivières	(-)	3	4	-12
Perte de terre agricole	(-)	3	4	-12
Source de revenu	(+)	2	4	+8
Emploi	(+)	2	4	+8
Non paiement de ristournes et de redevances minières	(-)	3	4	-12

IV. DISCUSSION

Comme dans la plupart des régions aurifères de Madagascar, l'orpaillage dans la commune de Tsarazaza est une activité très controversée. D'une part, elle augmente le revenu pour la plupart des ménages, mais parallèlement, elle altère d'une manière significative toutes les composantes de l'environnement : physique, biologique et humain. Les conséquences désastreuses se manifestent depuis les sites d'exploitation qui se trouvent majoritairement dans la partie Nord Est de la commune et s'étendent sur toute la partie sud. Les résultats obtenus par la présente étude démontrent que ce sont les milieux biophysiques qui présentent des niveaux d'impacts de criticité élevée. Les impacts négatifs sont directement liés à trois facteurs : type de gisement exploité, techniques d'exploitation et le trait hydrogéomorphologique de la région. Quelque soit le type de gisement exploité, le décapage est la principale source de disparition de nombreuses espèces végétales. Pour les gisements primaires, la difficulté d'accès conjuguée à la faible teneur favorisent l'abandon de puits sur des versants à pentes abruptes accélérant le phénomène d'érosion qui est l'une des principale cause de suralluvionnement des zones en aval des sites d'orpaillage. L'extraction du métal précieux

dans les paléoalluvions et alluvions récentes entraîne la destruction des berges et un apport massif en sédiments (graviers, de sables et d'argiles...) qui va perturber l'écoulement des rivières. Ce phénomène impacte sur l'approvisionnement en eaux nécessaire pour les différentes activités économiques de la région. Les impacts majeurs sur les ressources en eaux sont : la pollution physique qui se manifeste par leur forte turbidité ainsi que leur assèchement. La comparaison des valeurs des paramètres physico-chimiques mesurés in situ avec celles recommandées par l'OMS démontrent que la pollution chimique n'est pas à craindre à court terme. De plus, les orpailleurs n'utilisent pas pour le moment des produits chimiques pour l'amalgamation de l'or. Sur le plan économique, comme conséquence directe de l'orpaillage, en 2020, les autorités locales signalent l'ensablement de 800 hectares de rizières. Une baisse de la production rizicole de cette commune est donc à craindre dans quelques années à venir. A partir de l'analyse des impacts sur le milieu biophysique, le point focal des désastres se trouve au niveau du non restauration des sites d'exploitation ainsi que du rejet des résidus de lavage dans les eaux de surface. Les activités qu'il faut entreprendre dans un bref délai sont : sur le plan technique, une restauration progressive des sites miniers qui inclut le rebouchage des puits suivie d'une plantation d'espèces végétales adéquates comme *Vetiveria zizanoides* [12]. Pour protéger les ressources en eaux, deux issues sont recommandés : interdiction de lavage direct de minerais dans les rivières et création de bassins de sédimentation pour le lavage [13]. Actuellement, comme pour plusieurs pays du monde, l'utilisation de la télédétection constitue un système de surveillance de l'orpaillage très efficace [14]. Sur le plan socioéconomique, des efforts de formalisation de la filière or doivent être mis en place pour qu'elle puisse apporter des profits pour tous les acteurs (mairie, artisans miniers, opérateurs miniers...) Ainsi la mise en place d'un système de groupement d'orpailleur est la meilleure alternative. Ainsi, la commune pourra recenser les orpailleurs. Ceci va contribuer à l'embellissement de la recette communale à travers les cartes d'orpailleur. De même, la vente des produits réservés aux collecteurs agréés est également recommandée. Ainsi, il n'est pas difficile de se rendre compte de la quantité d'or produite dans la région et d'en pouvoir bénéficier des ristournes et des redevances minières [15]. Ces différentes recettes pourront subvenir aux constructions d'infrastructures de développement telles les routes, écoles, hopitaux... ainsi qu'aux travaux d'électrification de la commune.

V. CONCLUSION

La commune de Tsarazaza a un énorme potentiel aurifère. Nombreux sont les sites d'orpaillage déjà abandonnés, beaucoup sont encore en pleine exploitation et certainement d'autres gisements prometteurs restent à découvrir. A côté de cet énorme potentiel, l'environnement se dégrade à grande vitesse. L'impact de l'orpaillage sur l'environnement est en relation directe avec les traits géomorphologiques de la région, les techniques d'exploitation utilisées et le type de gisement exploité. La dégradation de l'environnement se constate localement depuis le site d'orpaillage jusqu'à l'échelle régionale. A long terme, ces effets seront irréversibles. Ainsi, pour que l'orpaillage puisse constituer un moteur de développement pour la commune, la formalisation de cette activité dans un bref délai est primordiale. Ceci permet d'instaurer un système de gestion de l'orpaillage en termes de production, collecte et de commercialisation des produits, mais également de réduire les impacts sur l'environnement.

REFERENCES

- [1] M. Rajaoherinirina, « Contribution à l'étude de la métallogénie de l'or de Fandriana (Secteur Ambolotara) », Université d'Antananarivo, 1992.
- [2] I. Ravelomanantsoa, « Contribution à l'étude de gisement d'or de Fandriana », Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Université d'Antananarivo, 1996.
- [3] V. Rasamimanana, « Approche sur la mise en place du gisement d'or d'Antandrokazo Miarinavaratra », Ecole Supérieure Polytechnique Antananarivo, Université d'Antananarivo, 2014.
- [4] R. D. Tucker, S. G. Peters, J. Y. Roig, H. Théveniaut, et C. Delor, « Cartes géologiques et métallogéniques de Madagascar à 1/1 000 000 », BRGM, juin 2012.
- [5] V. M. Rabearisaona, « Les activités de l'orpaillage dans la vallée d'Ambatomanana Tsarazaza (Betsileo Nord, région Amoron'Imania) », Faculté des lettres et des Sciences Humaines, Département de géographie, Université d'Antananarivo, 2016.
- [6] Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, « Monographie de la région Amoron'Imania », juin 2003.
- [7] Région Amoron'Imania, « Politique Environnementale Régionale Amoron'Imania », 2006.
- [8] L. B. Leopold, F. E. Clarke, B. B. Hanshaw, et J. R. Balsley, « A Procedure for Evaluating Environmental Impact », p. 19.
- [9] Organisation mondiale de la Santé, Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. intégrant le premier additif, 4e éd + 1er additif. Genève: Organisation mondiale de la Santé, 2017. Consulté le: 14 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/258887>

- [10] M. Fecteau, « Etude d'impact environnementale : analyse comparée des méthodes de cotation », Université du Québec, Rapport de recherche., 1997.
- [11] Kouakou KG ; Kambiré B ; Alla DA, « Évaluation des impacts de l'orpaillage sur les composantes de l'écosystème naturel dans le Yaourè (Côte d'Ivoire) », p. 13, 2021.
- [12] T. C. Rakotonanahary, J. C. Randriamboavonjy, L. Rajoelison, et F. M. Rabenilalana, « Etude des relations entre la pluie, le sol, le relief, la couverture végétale et l'érosion dans la région de Mandraka », p. 106, 2008.
- [13] M. H. Rakotondravony, « Contribution dans l'amélioration de l'orpaillage à Madagascar. Cas de Dabolava et d'Ibity », Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Université d'Antananarivo, 2015.
- [14] V. Gond, M. Petit, et collab., « Potentiel de la télédétection pour la surveillance de l'orpaillage : rapport final convention de consultance institutionnelle IRD-Conseil Régional », p. 22, 2004.
- [15] Chambre des mines de Madagascar, « Monographie du secteur minier à Madagascar », p. 62, 2014.