

Impact de l'exploitation artisanale de l'or sur l'environnement dans le secteur de Dimonika (Massif forestier de Mayombe, Congo)

Claude Melaine Dipakama

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo
Laboratoire de Recherche en Géosciences et Environnement, ENS, UMNG,
Brazzaville, Congo

Noël Watha-Ndoudy

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo
Laboratoire de Géosciences, Faculté des Sciences et Techniques, UMNG,
Brazzaville, Congo

Jean de Dieu Nzila

Laboratoire de Recherche en Géosciences et Environnement, ENS, UMNG,
Brazzaville, Congo

Isidore Nguelet Moukaha

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo
Laboratoire de Recherche en Géosciences et Environnement, ENS, UMNG,
Brazzaville, Congo

Victor Kimpouni

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo

[Doi: 10.19044/esipreprint.5.2024.p234](https://doi.org/10.19044/esipreprint.5.2024.p234)

Approved: 05 May 2024

Posted: 10 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Dipakama C.M., Watha-Ndoudy N., Nzila J.D., Moukaha I.N. & Kimpouni V. (2024).
*Impact de l'exploitation artisanale de l'or sur l'environnement dans le secteur de Dimonika
(Massif forestier de Mayombe, Congo)*. ESI Preprints.

<https://doi.org/10.19044/esipreprint.5.2024.p234>

Résumé

L'orpaillage est très actif dans le secteur de Dimonika et ses environs. Cette activité bien que génératrice de quelques revenus à la population locale, est réputée source de dégradations environnementales. Cette étude vise à évaluer l'impact de l'orpaillage sur l'environnement de ce secteur. La méthodologie adoptée était axée sur les enquêtes, les levés topographiques, l'identification et la description des impacts générés, l'analyse des eaux des

cours d'eau orpaillés et des pertes du couvert végétal à partir des SIG et télédétection. Les résultats montrent que l'orpaillage occupe à plus de 50% les jeunes du secteur, dont l'âge varie entre 20 et 40 ans. On assiste à une avancée alarmante des sites d'orpaillage : gisements alluvionnaires (57%), éluvionnaires (41%) et filoniens (3%), avec des techniques non appropriées, sans respect environnemental, ni mesure de prévention et d'atténuation des impacts générés. Les principaux impacts identifiés sont des excavations pouvant atteindre 8 m de profondeur (29 % sur les sites éluvionnaires contre 15% sur les sites alluvionnaires). Les déchets miniers abandonnés sur ces sites (18 et 17% respectifs). 15% des cours d'eau sont crevassés et déviés sur des longueurs moyennes de 9 m avec pour conséquence la perturbation du régime hydrographique. Avec une turbidité moyenne de 114 NTU, les eaux des cours d'eau orpaillés sont impropres à la consommation selon SEQ-Eau (2003). La végétation n'est pas épargnée de ce désastre, les arbres non coupés tombent parce que déracinés surtout sur les sites éluvionnaires et la perte du couvert végétal s'est rapidement amplifiée et atteint 1058 ha en 2 ans avec l'utilisation des détecteurs de métaux. L'utilisation de ces détecteurs poserait un réel problème en milieu forestier car la régénération de la végétation est très lente à cause des inversions lithologiques qui sont associées à cette méthode.

Mots clés : Orpaillage, détecteurs de métaux, Impacts environnementaux, Mayombe, République du Congo

Impact of gold panning on the environment in the Dimonika sector (Mayombe Forest Massif, Congo)

Claude Melaine Dipakama

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo
Laboratoire de Recherche en Géosciences et Environnement, ENS, UMNG,
Brazzaville, Congo

Noël Watha-Ndoudy

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo
Laboratoire de Géosciences, Faculté des Sciences et Techniques, UMNG,
Brazzaville, Congo

Jean de Dieu Nzila

Laboratoire de Recherche en Géosciences et Environnement, ENS, UMNG,
Brazzaville, Congo

Isidore Nguelet Moukaha

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo
Laboratoire de Recherche en Géosciences et Environnement, ENS, UMNG,
Brazzaville, Congo

Victor Kimpouni

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo

Abstract

Gold panning is very active in the Dimonika sector and its surroundings. This activity, although generating some income for the local population, is known to be a source of environmental damage. This study aims to assess the impact of gold panning on the environment of this sector. The methodology adopted focused on surveys, topographical surveys, the identification and description of the impacts generated, the analysis of water from gold panned rivers and loss of plant cover using GIS and remote sensing. The results show that gold panning employs more than 50% of young people in the sector, whose ages vary between 20 and 40 years old. We are witnessing an alarming advance in gold panning sites: alluvial deposits (57%), eluvial deposits (41%) and lode deposits (3%), with inappropriate techniques, without environmental respect, or prevention and mitigation measures. impacts generated. The main impacts identified are excavations of up to 8 m depth (29% on eluvial sites compared to 15% on alluvial sites). Mining waste abandoned on these sites (18 and 17% respectively). 15% of watercourses are cracked and diverted over average lengths of 9 m, resulting in disruption of the hydrographic regime. With an average turbidity of 114 NTU, the waters of gold panning streams are unfit for consumption according to SEQ-Eau (2003). Vegetation is not spared

from this disaster, uncut trees fall because they are uprooted, especially on eluvial sites, and the loss of plant cover quickly increased and reached 1058 ha in 2 years with the use of metal detectors. The use of these detectors would be a real problem in forest environments, as vegetation regeneration is very slow due to the lithological inversions associated with this method.

Keywords: Gold panning, metal detectors, Environmental impact, Mayombe, Congo Republic

1. Introduction

L'orpaillage consiste à récupérer le métal précieux contenu dans les gîtes qui peuvent être alluvionnaires, éluvionnaires ou filoniens. Cette activité peut être pratiquée sous la forme artisanale ou mécanisée. L'orpaillage artisanal est la récupération de l'or par les procédés simples, en utilisant des outils rudimentaires tandis qu'avec l'orpaillage mécanisé l'or est récupéré par des procédés et outils plus ou moins améliorés (Seydou, 2001; Keita, 2017). L'exploitation artisanale de l'or représente environ un cinquième de la production aurifère mondiale (IGF, 2017; Thomas, 2013) et soutient des dizaines de millions de personnes dans leurs moyens de subsistance (De Doris *et al.*, 2017). L'Afrique Centrale dispose de nombreuses ressources minérales très diversifiées, à l'instar de l'or qui est jugé sous-exploité aujourd'hui et pour lequel la découverte des gisements primaires n'est pas encore effective. Cette région a connu un boom du secteur extractif dans les années 2000 (Soma *et al.*, 2021). Le super cycle du cours des matières premières extractives a considérablement augmenté l'intérêt des investisseurs, conduisant ainsi à une intensification de l'exploration des ressources et une flambée du nombre d'ouvertures de nouvelles mines (Chuhan-Pole *et al.*, 2020). Ainsi, un quart du PIB du continent africain est issu du secteur minier (APP, 2013). C'est le cas de la Sierra Leone et la République Démocratique du Congo, qui contribuent à 75% de leur production nationale par le diamant et l'or (Ouedraogo, 2019). L'exploitation des ressources naturelles en Afrique devrait renforcer la croissance économique, donner aux gouvernements la possibilité de soutenir le développement humain, et créer des emplois (APP, 2013). Malheureusement les retombées économiques et sociales sont extrêmement limitées (Akpédzé Komassi, 2017). En effet, l'absence de cadre politique solide, la non-conformité et peu ou pas d'application des normes environnementales conduisent souvent aux conflits liés à l'utilisation des terres, à des impacts socio-environnementaux néfastes, à la perte de la biodiversité, aux changements des paysages et à des avantages inappropriés pour les communautés locales (Noiraud & Noiraud, 2017; Soko, 2019).

La République du Congo est riche par ses substances minérales, notamment de l'or dont la découverte et l'exploitation semi industrielle a eu lieu au début du XX^{ème} (Sirven, 1973), il faut cependant noter que l'exploitation de l'or au Congo est très marginale et depuis plusieurs décennies uniquement artisanale. Cette exploitation de l'or qui concerne essentiellement les gisements alluvionnaires et éluvionnaires, et rarement filoniens, est répartie sur la quasi-totalité du territoire, et constitue la principale occupation pour environ 5 275 personnes travaillant sur les sites miniers (PAN, 2019). Cette activité bien qu'importante et génératrice des revenus au niveau local, contribue considérablement à la dégradation de l'environnement. C'est le cas du secteur de Dimonika et ses environs faisant partie de la Réserve de Biosphère où l'exploitation artisanale de l'or est à l'origine d'importants dégâts socio-environnementaux qui conduisent actuellement à des catastrophes environnementales.

La présente étude, qui est une contribution à la gestion durable de cette réserve aujourd'hui fortement menacée et dans une situation préoccupante, se propose de caractériser les impacts de l'orpaillage sur le milieu biophysique et humain du secteur.

2. Matériel et méthodes

2.1. La zone d'étude

Le secteur de Dimonika et ses environs est localisé dans la Réserve de Biosphère de Dimonika (RBD) au sein du Massif forestier du Mayombe (Figure 1). C'est précisément dans le district de Mvouti et le département du Kouilou. Cette zone est limitée au Nord par la rivière Loubomo, au Sud par la route nationale n°1, à l'Est par le méridien 12°32'30"E entre la rivière Loubomo et la route nationale n°1 et à l'ouest par le fleuve Kouilou, du confluent de la Loubomo au confluent de la rivière Ngoma na Ngoma, puis par le méridien 12°12'E passant par ce confluent jusqu'à la route nationale n°1 (Décret n° 88/181).

Le réseau hydrographique de la Réserve de la Biosphère de Dimonika est suffisamment dense (Diamouagana, 1995) et le climat de type bas-congolais, marquée par une abondante pluviométrie annuelle qui varie de 1 200 à 1 900 mm. Il est caractérisé par des températures élevées de 25 à 27°C, une saison sèche anormalement longue de 4 à 5 mois, un bilan hydrique déficitaire pendant 2 à 3 mois, une humidité élevée de l'air et une nébulosité très abondante à faible variation saisonnière (Sénéchal *et al.*, 1989).

Le relief de la zone est très accidenté avec des vallées profondes et encaissées, des versants ravinés et des lignes de crêtes étroites.

La géologie de cette zone est essentiellement caractérisée par des niveaux conglomératiques, de quartzites et de schistes en alternance,

fortement plissées et traversées par des veinules centimétriques à métriques de quartz (Mouhani Mbizi-Massala, 2012). La déformation se manifeste par le développement de plis et d'écaillles ou de chevauchements tectoniques à différentes échelles (Sénéchal *et al.*, 1989 ; Diamouangana, 1995).

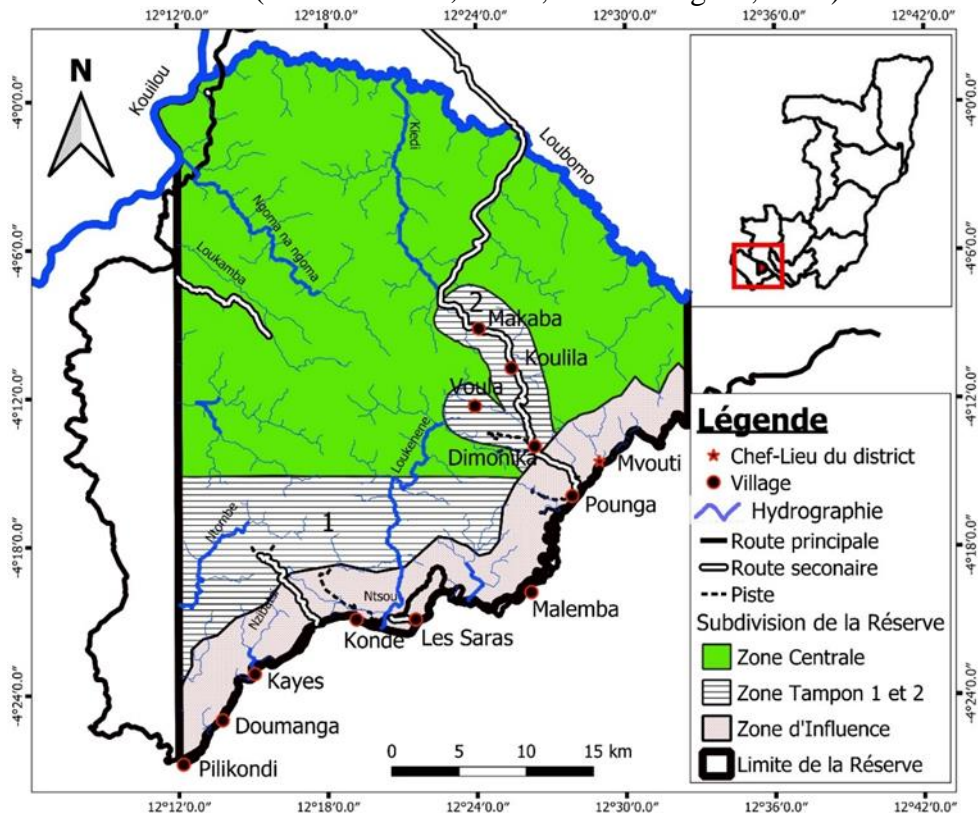


Figure 1 : Carte de localisation de la Réserve de la Biosphère de Dimonika

2.2. Approche méthodologique

La méthode utilisée pour la collecte de données est basée sur une combinaison des enquêtes, des observations de terrain, des levés GPS et le prélèvement d'échantillons d'eau de surface (Allou, 2020).

Les **enquêtes**, ont été réalisées, à l'endroit des agents des structures publiques de tutelle à Brazzaville (Ministères des Mines et de la Géologie, Ministère de l'Economie Forestière, Ministère du Tourisme et de l'Environnement), des autorités locales et des orpailleurs des six (06) villages de la réserve (Voula, Dimonika, Pounga, Les Saras, Kondé et Mani). Les autorités locales et les structures publiques de tutelle ont fait l'objet d'entretiens individuels, pour connaître leurs rôles et implications dans la gestion de la réserve et compléter les informations recueillies auprès des orpailleurs sur le terrain. Les orpailleurs par contre ont été interviewés à partir d'un questionnaire (Vilatte, 2007 ; EL Hioui *et al.*, 2008), afin

d'identifier les techniques d'exploitation et leur mode d'organisation ainsi que leurs connaissances des conséquences de l'orpaillage sur l'environnement. Les critères de choix des répondants sont la présence effective des enquêtés, l'expérience, le niveau de connaissance et de compréhension de la question (Goh, 2016 ; Goh, 2016a ; Diallo & Diaby, 2021 ; AMINES *et al.*, 2021). Cinq (05) agents des structures publiques, six (06) chefs de villages et 72 orpailleurs ont été enquêtés, soit un total de 83 personnes. En outre, les impacts générés par l'orpaillage sur le sol, la végétation, les eaux de surface et les cours d'eau orpaillés ont été identifiés à partir des observations de terrain, sur la base d'une liste de contrôle qui a permis de noter l'existence ou non des changements dus à l'activité d'orpaillage, en complément des enquêtes (Digbo *et al.*, 2021). Les levés GPS ont été réalisés à partir d'un GPS de marque ETREX 32x, afin de cartographier les sites d'exploitation et de faciliter le traitement d'image satellitaires. Les échantillons d'eau de surface ont été prélevés sur les rivières orpaillées, notamment en amont des sources éventuelles de contamination constituées par les zones d'exploitation, au niveau desdites zones et en aval, suivant le sens d'écoulement d'eau. Les eaux ont été conditionnées dans des bouteilles en plastique (Diallo *et al.*, 2014) de 0,5 L préalablement lavées et rincées trois fois à l'eau du site à prélever (Acheampong *et al.*, 2013 ; Yao Kouassi et Ahoussi Kouassi, 2020). Les mesures de pH, température (T°C) et conductivité électrique (CE) des eaux ont été effectuées *in situ*, à l'aide d'un appareil de mesure multi-paramètres de marque HANNA (Yoboue, 2017; Illatou, 2021).

Les analyses de turbidité, des matières en suspension (MES) et de l'oxygène dissous ont été faites au laboratoire de l'Institut national de Recherche des Sciences Exactes et Naturelles (IRSEN). La turbidité a été mesurée à l'aide d'un Spectromètre de marque PCSpectro II, les matières en suspension par filtration des eaux à travers une membrane et le séchage à 105°C, l'oxygène dissous grâce à un oxymètre de laboratoire. Les teneurs des paramètres physico-chimiques obtenues ont été comparées aux valeurs seuils du Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau des cours d'eau (SEQ-Eau, 2003).

Le traitement et l'analyse des données ont été effectués avec plusieurs logiciels. Les fiches d'enquêtes ont été saisies et dépouillées à partir du logiciel Sphynx 2, la cartographie des sites d'orpaillage à l'aide du logiciel SIG QGis (Voundi, 2021). Les images satellitaires Landsat ont été traitées à partir des logiciels Erdas Imagine 2014. Toutes les données sur les eaux et les impacts identifiés ont été traités à l'aide des logiciels Excel, GraphPad prism 8, SPSS statistics 25 et Jamovi 2.3.21.

3. Résultats et Discussion

3.1. Répartition spatiale des sites d'orpillage

Au total, 36 sites d'orpillage ont été identifiés et cartographiés dans le secteur, notamment 15 sites éluvionnaires soit 41%, 1 site filonien soit 3% et 20 sites alluvionnaires soit 57%. Leur répartition est donnée par la figure 2. Ainsi, le secteur de Dimonika est dominé par des sites éluvionnaires, par contre à Pounga et Les Saras ce sont des sites alluvionnaires qui dominent.

- 19 sites dans le secteur de Dimonika dont 07 alluvionnaires, 11 éluvionnaires et 01 filonien ;
- 01 site éluvionnaire dans le secteur de Bouda (ancien village) ;
- 04 sites alluvionnaires à Pounga ;
- 12 sites à Les Saras (09 sites alluvionnaires, 03 sites éluvionnaires).

La distribution spatiale des sites identifiés (figure 2) montre qu'ils sont concentrés et inégalement répartis dans la partie sud de la Réserve et, particulièrement dans la zone d'influence et les deux (02) zones tampons. D'après l'article 13 du décret n°88/181 du 1 mars 1988, portant création de la réserve de la Biosphère de Dimonika, toutes autres activités en dehors de l'agriculture et la cueillette sont interdites dans la Réserve, ce qui justifie l'illégalité des sites d'orpillage dans ladite réserve.

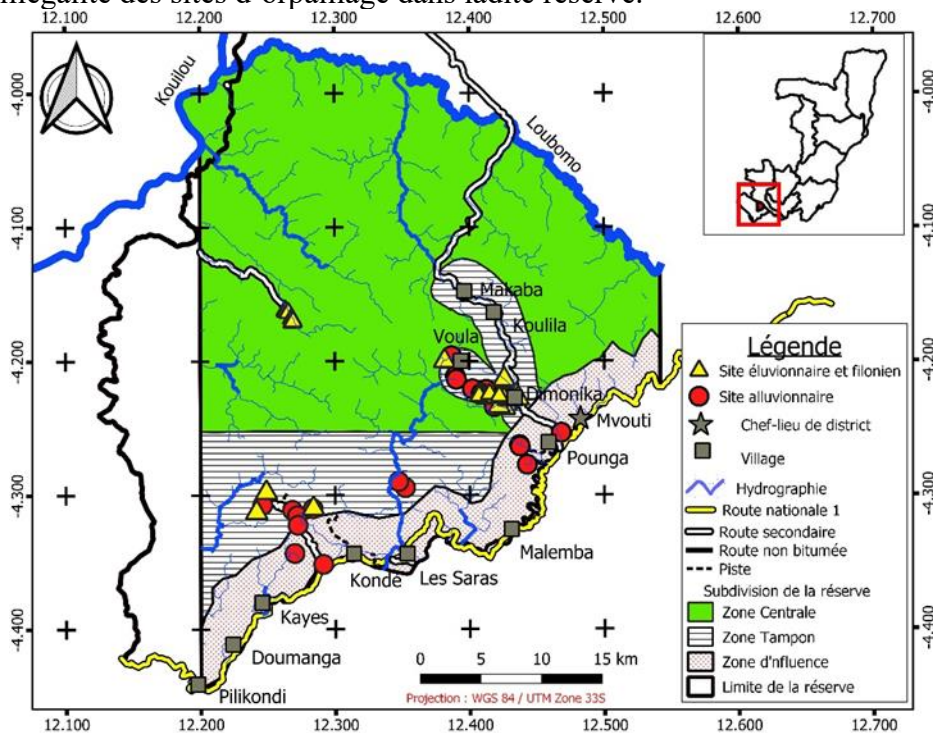


Figure 2 : Répartition spatiale des sites d'orpillage dans le secteur de Dimonika

3.2. Caractérisation des sites d'orpaillage

3.2.1. Etat des sites d'orpaillage

La figure 3 montre que 83% des sites du secteur étudié sont en exploitation contre 13% des sites au repos et 7% des sites abandonnés, ce qui justifie l'ampleur des activités d'orpaillage dans le secteur. Les sites dits actifs sont en exploitation au moment des enquêtes, ceux au repos sont momentanément abandonnés pour des raisons diverses (jouissances diverses, problèmes sanitaires, problèmes sociaux). Les sites inactifs désignent ceux qui ont été exploités et abandonnés par les orpailleurs. Les raisons d'abandon des sites sont principalement les faibles rendements du gisement ou les conflits d'utilisation des terres. Cependant, il est nécessaire de noter qu'un site abandonné peut à tout moment faire l'objet d'une nouvelle exploitation tout comme un site exploité peut être abandonné à tout moment, surtout lorsque la concentration d'or exploité devient faible.

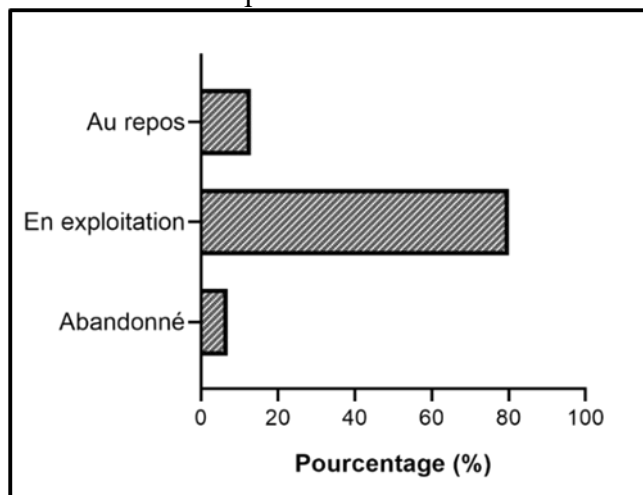


Figure 3 : Etat des sites d'orpaillage pendant la période d'observation

3.2.2. Profil socio-démographique des artisans

On note une dominance des hommes (97.2%) par rapport aux femmes qui n'ont été visibles que sur le site de Dimonika (Figure 4). Cette tendance est également observée par Karembe, (2020) à Kenieroba au Mali et Digbo *et al.* (2021) en Côte d'Ivoire. Pourtant auparavant au Mali 90% du traitement des minerais était fait par les femmes (Parker et Wood, 2006). Les femmes sont accompagnées souvent de leurs conjoints ou de leurs frères ; aucun groupement de femmes orpailleurs n'a été observé pendant les enquêtes. Sur les sites d'orpaillage, les femmes sont plus dans le commerce, la débauche et accessoirement dans l'agriculture.

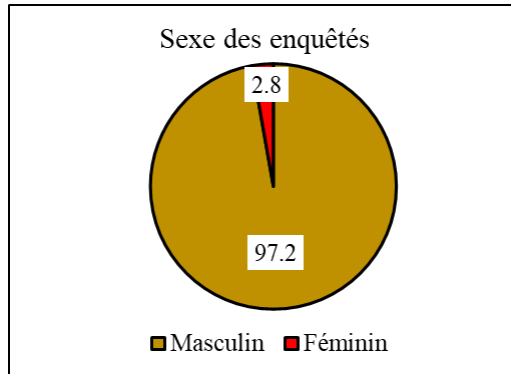


Figure 4 : Répartition du sexe des enquêtés

69.5 % des orpailleurs enquêtés sont jeunes, dont l'âge varie entre 20-40 ans (62.3%) et 10-20 (7.2%) (figure 5) et ils sont plus présents à Dimonika (36.2%) et à Les Saras (30.4%). Les mêmes résultats ont été obtenus en Afrique de l'Ouest où les jeunes gens, très mobiles, tentent de résoudre leurs difficultés économiques en s'engageant dans l'extraction de l'or (Grätz, 2004 ; Diallo, 2019). Les orpailleurs ayant un âge supérieur ou égale à 40 ans sont de moins en moins présents sur les sites d'orpaillage (27.4 %). Cette catégorie des orpailleurs est plus représentée à Dimonika et à Les Saras (13%). Cette tendance s'explique par le fait que les jeunes du secteur sont au chômage et font recours aux activités d'orpaillage pour subvenir à leur besoin. En Afrique de l'Ouest francophone, 50% des chômeurs sont jeunes (OIF, 2018) et ils se tournent de plus en plus vers l'Exploitation Minière Artisanale et à Petite Echelle (Diallo, 2019). Les enfants orpailleurs de moins 10 ans sont peu nombreux dans la zone (environ 3%). Ils sont soit accompagnés de leurs parents et apportent de la main d'œuvre supplémentaire, soit indépendants. Les enfants indépendants, présents sur les sites sont en général ceux qui sont déscolarisés et qui passent leur temps à la recherche de l'or pour leur subsistance. La proportion des enfants présents dans les sites miniers apparait ici plus faible que celle enregistrée au Burkina Faso (63%) selon Zabsonré *et al.* (2016).

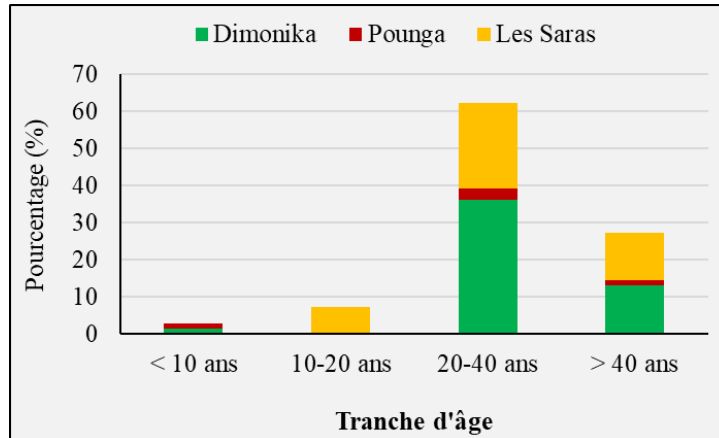


Figure 5 : Répartition des âges des orpailleurs dans les différentes localités enquêtées

Du point de vue nationalité, les nationaux sont en général dominants sur les sites d'orpaillage (66.1%) par rapport aux étrangers (33.8%) (Figure 6). La population la plus élevée des orpailleurs étrangers se rencontre sur les sites de Les Saras (21%) par rapport à Dimonika (13%). Et les étrangers sont essentiellement représentés par les originaires de la République Démocratique du Congo (95,8 %) suivi des Maliens (4,2 %). On note également la présence des Burkinabés, lesquels ont refusé de répondre à l'enquête. Cette cohabitation sur les sites est semblable à celle constatée au Nigeria où celle-ci sert d'échanges d'expérience sur les techniques d'exploitation et de traitement (OIT, 2019).

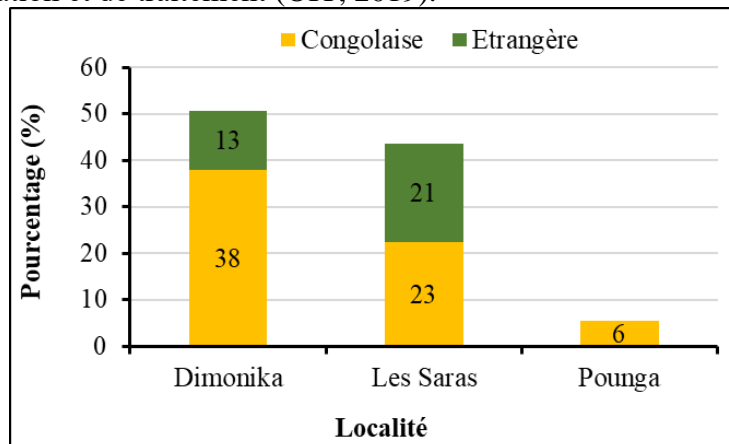


Figure 6 : Répartition de la nationalité dans les différents sites enquêtés

L'analyse statistique des résultats (test exact de Fisher) ne montre aucune différence significative du sexe (p -value : 0.551), de la nationalité (p -value : 0.050) dans les localités enquêtées. Par contre elle est significative au niveau de l'âge (p -value : 0.038).

3.2.3. Appartenance des sites d'orpillage

Selon la figure 7, la majorité des sites exploités par les orpailleurs appartiennent aux chefs terriens (42%) et à un individu (31%). Les sites à libre accès représentent 12% des sites enquêtés. Ces espaces libres sont souvent exploités par les congolais qui se disent posséder les droits d'usufruit. Par contre les orpailleurs étrangers qui exploitent ces espaces libres sont taxés par les autorités administratives (chef du village en collaboration avec la sous-préfecture et les agents des Eaux et Forêts). Les sites appartenant aux chefs terriens sont en effet exploités par autorisation, moyennant un (01) gramme d'or à la fin de la semaine. Le non-respect du versement hebdomadaire des orpailleurs est frappé par une interdiction d'exploiter dans ladite zone. Ces sites sont à 28% exploités par les étrangers. Lorsque le site est occupé par une coopérative (groupe d'individu), le Ministère des Mines et de la Géologie (MMG) délivre une autorisation d'exploitation à celle-ci.

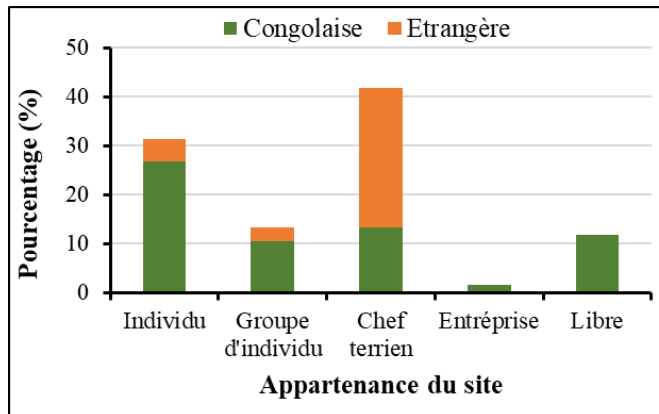


Figure 7 : Appartenance des sites d'orpillage

3.2.4. Mode d'organisation des orpailleurs et fréquence des activités

L'orpillage est une activité qui est en générale artisanale avec un faible taux de mécanisation dans le secteur étudié. Cette exploitation artisanale, demande de la force physique et de la main d'œuvre additionnelle, c'est la raison pour laquelle 91.7 % des orpailleurs s'organisent (Figure 8) souvent en groupes ou équipes. On rencontre rarement les exploitations individuelles (6.9 %) et encore moins en coopérative (1.4 %). Le nombre de personnes par équipe, varie selon les sites et le volume du travail à effectuer. Sur l'ensemble des sites enquêtés, un pourcentage de 48.4 % des groupes, présentait un nombre variant entre 5 et 10 orpailleurs, 46.8% des groupes avaient un nombre < 5 orpailleurs et 4.8 % des groupes > 10 orpailleurs. Un seul groupe d'orpailleurs, fonctionnant sous forme d'une coopérative a été identifié avec un nombre de 25 orpailleurs. Ils se partagent les tâches et à la fin de la journée la production est partagée de façon équitable. Il faut noter

que l'or produit dans la zone est vendu sur place auprès des comptoirs qui sont souvent des lieux de vente des produits alimentaires et de la boisson. Ainsi donc, l'or produit dans la journée par les orpailleurs est souvent échangé contre des produits alimentaires et surtout la boisson. Par conséquent, les orpailleurs sont exposés à l'ivrognerie et à la débauche et se retrouvent sans économie. Le travail d'orpaillage au sein des sites est permanent à 91.4 % et temporaire à 8.6 % (figure 9). On note une similitude avec la Guinée où les périodes d'exploitation d'or sont devenues quasiment permanentes (Arnould, 2019).

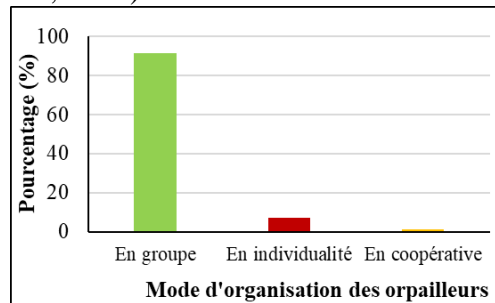


Figure 8 : Mode d'organisation des orpailleurs

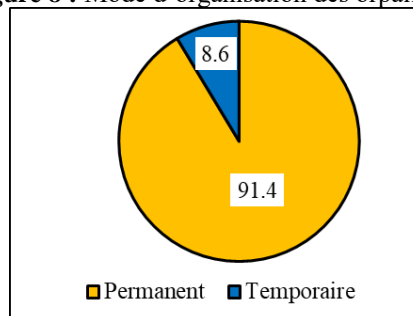


Figure 9 : Fréquence d'activité d'orpaillage

3.2.5. Types de gisements exploités

Au total trois (03) types des gisements sont exploités dans le secteur de Dimonika et ses environs, à savoir les gisements alluvionnaires (57% des sites), les gisements éluvionnaires (40%), et filoniens (3 %) (figure 10, photo 1 à 4). 26% des sites alluvionnaires ont été identifiés à Les Saras contre 20% à Dimonika et les éluvionnaires sont dominants dans le secteur de Dimonika (32%) par rapport à Les Saras (9%). Le gisement filonien (3%) a été observé uniquement à Dimonika. Ces observations sont comparables à celles effectuées au Mali (Sanogo *et al.*, 2019). L'exploitation filonienne au Congo est récente dans le secteur par rapport à d'autres types de gisements (Aidara et Badiane, 2020). Au niveau des montagnes (gisements éluvionnaires et filoniens) dans le Mayombe, l'exploitation se fait soit sur les piémonts, soit sur les flancs de montagne, en suivant les traces de minéralisation. En

revanche, au niveau des rivières (gisements alluvionnaires), l'or est exploité soit sur le lit vif des rivières soit sur les terrasses. Sur les flancs de montagnes, on note une tendance à la mécanisation de l'activité par l'utilisation des machines de détection de métaux et des broyeurs. Rares sont les orpailleurs qui utilisent le système d'adduction d'eau sur les pieds et flancs de montagnes à cause du coût élevé du matériel (motopompes, tuyaux) ; ce qui explique l'afflux des orpailleurs vers les gisements de montagne ou l'activité apparait moins pénible à cause de l'utilisation de cette technique.

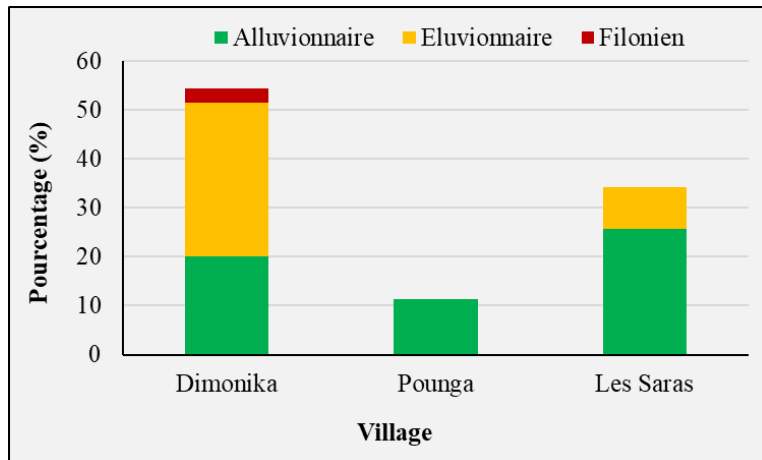


Figure 10 : Types de gisements exploités par village



Photo 1 : Exploitation artisanale avec détecteur des métaux, d'un gisement éluvionnaire



Photo 2 : Exploitation artisanale d'un gisement alluvionnaire



Photo 3 : Exploitation artisanale d'un gisement éluvionnaire avec adduction d'eau



Photo 4 : Exploitation artisanale d'un gisement filonien

3.2.6. Mode d'exploitation

Deux principaux modes d'exploitation sont identifiés dans le secteur étudié. Il s'agit de l'exploitation à ciel ouvert et de l'exploitation souterraine (Figure 11, photo 5 et 6). Ces modes d'exploitation ont aussi été identifiés au Mali (Seydou, 2001), au Burkina Faso (Sawadogo, 2021) ; Soma *et al.* (2021) et en Côte d'Ivoire (Affessi *et al.*, 2016). L'exploitation du minerai d'or se déroule à 97% à ciel ouvert contre 3% en souterrain (par galeries) sur les sites étudiés (figure 5, photo 3 et 4). L'exploitation à ciel ouvert est observée au niveau des rivières et des montagnes. Elle est pratiquée lorsque le niveau minéralisé est généralement proche de la surface. Ce mode d'exploitation consiste à décaper le niveau stérile ou non exploitable et creuser dans la zone à exploiter pour atteindre la minéralisation et l'en extraire. Il laisse en place des excavations (puits) de différentes formes et tailles, en fonction de l'orientation et de la profondeur de l'horizon minéralisé. Sur certains sites, à l'instar des sites où les détecteurs de métaux sont utilisés (gisements de montagne), ces excavations sont parfois remblayées au rythme de la progression de l'activité. Par contre l'exploitation souterraine est à peine observée au niveau des montagnes. Elle est généralement utilisée pour les gisements profonds dont la minéralisation se trouve à plusieurs mètres de profondeur. Le risque d'accident (mort par asphyxie et par éboulement des terres) associé à ce mode d'exploitation est très élevé, mais les orpailleurs bravent ce risque pour leur survie.

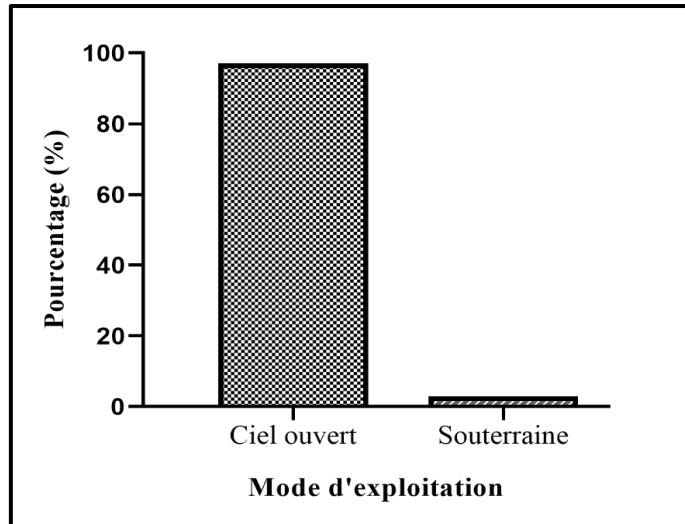


Figure 11 : Mode d'exploitation du minerai d'or



Photo 5 : Exploitation semi-mécanisée à ciel ouvert [© Dipakama]



Photo 6 : Exploitation artisanale souterraine (galerie) [© Nguelet-Moukaha]

3.2.7. Techniques d'exploitation du minerai d'or

Deux techniques sont utilisées par les orpailleurs du secteur de Dimonika et ses environs : la technique artisanale traditionnelle sur 95 % des sites, c'est le cas du secteur de Souanké au nord de la République du Congo où l'exploitation artisanale reste dominante à 90 % (Watha-Ndoudy *et al.*, 2022) et la technique artisanale semi-mécanisée (5 %) (figure 12). Toutes les deux techniques passent par la prospection, la préparation du site (figure 13); le creusement ou fonçage de puits qui commence par le décapage du niveau stérile et ensuite, l'extraction du niveau minéralisé ; le traitement et la récupération du minerai. Et selon les types d'exploitation (artisanale traditionnelle, artisanale semi mécanisé), les techniques et outils ne sont pas les mêmes.

La prospection consiste à rechercher les indices attestant de la présence de l'or sur le site. Lorsque les indices d'or sont signalés à une quantité intéressante (au moins 10 points d'or par batée), les orpailleurs installent le matériel pour l'exploitation. Au cas contraire le site est abandonné. Il faut signaler que le secteur étudié a fait l'objet d'une exploitation de l'or depuis l'époque colonial par la société de Armand Vigoureux, fondateur du village Dimonika en 1940, ce qui facilite la phase de prospection car ses zones déjà exploitées sont connues par les orpailleurs qui y repassent de temps à autre.

La préparation du site consiste à défricher le site, faire le terrassement pour faciliter l'installation de la base vie et des équipements. On procède aussi à la déviation des cours d'eau, au stockage ou à l'adduction d'eau nécessaire au traitement du minerai d'or

Le fonçage, commence par le décapage du niveau stérile, non exploitable. Il met à nu le niveau graveleux ou minéralisé qui doit être extrait en laissant en place des excavations ou des puits dont la taille, la forme (carré, rectangle, ovale) et le type (puits simples peu profond, puits profonds en gradins) varient selon l'épaisseur et l'orientation de la couche minéralisée. Pour éviter les éboulements et consolider les fronts de taille, des murs de soutènements sont érigés avec des troncs d'arbres coupés dans les forêts (dans l'exploitation de montagne), ou avec des rejets miniers constitués de graviers et troncs d'arbres (dans l'exploitation de rivière et de bas de pente). Au niveau de la technique artisanale traditionnelle, les graviers extraits sont *regroupés sous forme de tas* et directement *lavés* (par débouillage) au niveau des sites alluvionnaires et éluvionnaires. Dans la technique associée au détecteur de métaux (sites éluvionnaires) le gravier est étalé avant d'être survolé par l'engin pour la détection des grains d'or. Le lavage du gravier minéralisé se fait dans une caisse de débouillage qui surplombe une queue appelée long-tom. Cette caisse dispose d'un tamis de fond qui sépare les éléments grossiers des éléments fins. Les éléments grossiers sont immédiatement rejetés après lavage et examen visuel, tandis que les fins dégoulinent à travers la pente du long-tom le long duquel sont placés un tapis et des rfiles qui retiennent la fraction lourde. Ces éléments fins sont par la suite récupérés et concentrés à la batée pour enfin récolter les grains d'or. Le lavage du gravier minéralisé, se fait soit sur place au niveau du site exploité, soit après transport vers les rivières pour la facilité d'accès à l'eau. Le transport de minerai se fait dans les zones moins riches en rivières. Il devient désormais rare avec l'arrivée des détecteurs de métaux. Au niveau de la technique au détecteur de métaux, les spécialistes, généralement constitués d'étrangers font passer le détecteur au-dessus de la couche étalée de gravier et les grains d'or sont détectés et récupérés après un moment de fouille car celui-ci détecte tout type de métaux. La méthode d'utilisation des détecteurs

de métaux est rapide et très facile mais son inconvénient est de ne pas détecter les grains d'or fins qui auraient pu être récupérés après le lavage à la caisse et à la batée. Cette technique induit une dégradation rapide du couvert végétal car les creusements effectués coupent ou déchaussent les racines des arbres qui finissent par tomber.

Du point de vue historique, il faut souligner l'évolution constatée dans la pratique de l'orpaillage dans ce secteur. Entre les années 1935 et 1954, l'or du secteur du Mayombe a été exploité de façon semi-industrielle par les sociétés coloniales (Schwartz & Lanfranchi, 1990). Depuis, cette exploitation poursuivie par les populations locales est dite artisanale car utilisant essentiellement des outils rudimentaires. Confrontés à des problèmes de santé, d'accidents, de difficultés de trouver l'eau pour laver les graviers minéralisés sur les lieux d'exploitation (gisement de montagne), les orpailleurs ont introduit l'utilisation des chariots manuels et les cyclomoteurs pour le transport du tout-venant vers les rivières ou sont placés des rampes de lavage actionnées par des motopompes. Une toute récente évolution de la technique artisanale traditionnelle est apparue depuis l'an 2020 avec l'utilisation des détecteurs de métaux.

Au niveau de la technique semi mécanisée, le gravier extrait pendant la phase du fonçage est d'une part *concassée manuellement* à l'aide d'une masse pour le réduire en petite taille, **broyé et lavé** à l'aide d'un moulin pour séparer des éléments grossiers des éléments fins. Ici, le tamis est directement lié à la machine de broyage et le lavage se fait avec des détergents. Les éléments fins piégés sur le tapis du long-tom sont récupérés et concentrés à la batée pour la récupération des grains d'or. D'autres part, le gravier extrait à partir des pelles mécaniques, est directement **lavés à la batée** et l'or est récupéré juste après le lavage. Ceci est observé au niveau des sites exploités par les chinois (Planche I, photo 7 à 18). Il faut noter que les phases et les techniques d'exploitation de l'or sont quasiment les mêmes que celles observées en Côte d'ivoire et au Burundi. La différence se situe au niveau du traitement du minerai d'or. En effet, selon PAN, (2019) ; Affessi, Koffi Koffi, et al. (2016), la technique d'extraction d'or est semi mécanisée et la récupération d'or se fait au mercure, ce qui ne semble pas être observé dans notre cas.

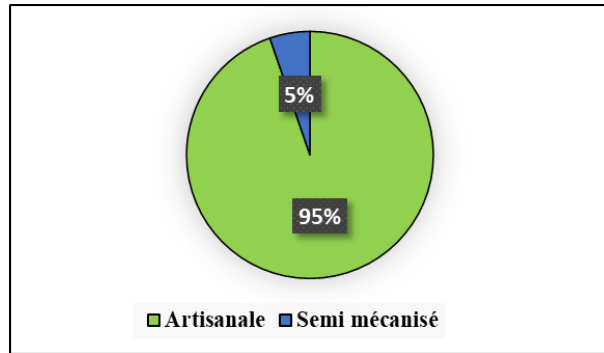


Figure 12 : Techniques d'exploitation du minerai d'or

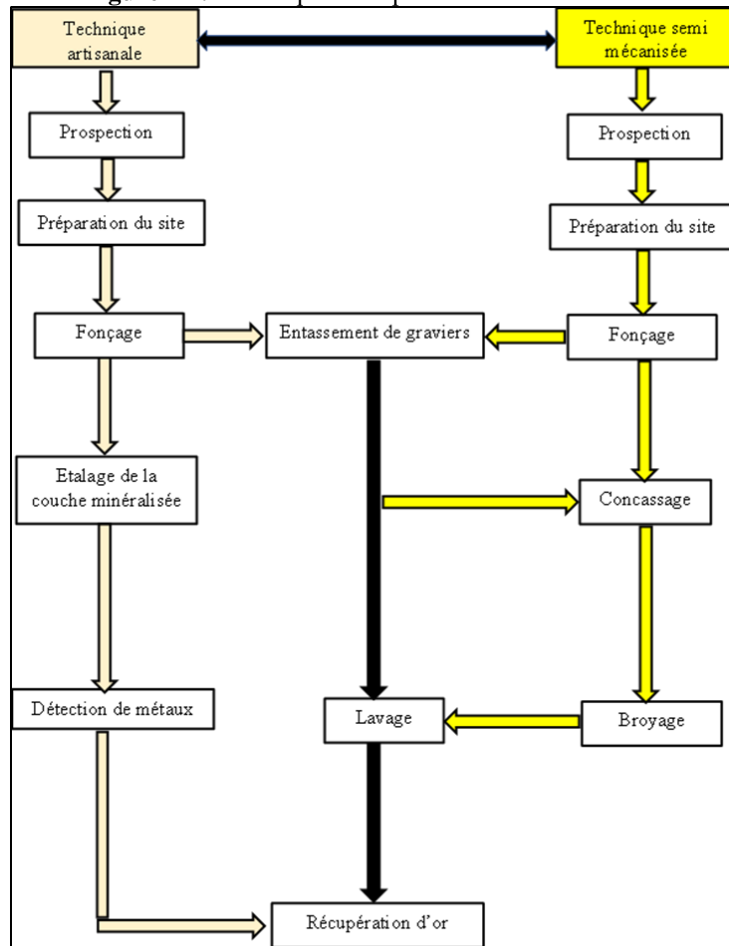


Figure 13 : Flowsheet de l'orpaillage dans le secteur de Dimonika et ses environs

3.2.8. Outils utilisés par les orpailleurs

La figure 14 montre la fréquence d'utilisation des outils par l'orpaillage. Dans la zone, l'activité se pratique à 91 % avec des outils rudimentaires, et fait recours à la main d'œuvre et à la force physique des

orpailleurs. Ce résultat est semblable à celui indiqué par Watha-Ndoudy *et al.* (2022) au nord de la République du Congo et aux observations de DIDR (2014), selon lesquelles les creuseurs des minerais du Kivu en RDC, travaillent principalement à mains nues et avec des outils rudimentaires et le taux de mécanisation y est très faible dans le secteur (8.8 %). C'est le cas en République Centrafricaine (RCA) où l'artisanat minier est caractérisé par une haute intensité de main d'œuvre et un faible niveau de mécanisation (Jaillon & De Brier, 2019) ; et au Nigéria où les artisans miniers utilisent des techniques peu adaptées et des outils rudimentaires les exposant aux risques d'accidents graves pour des rendements bien en deçà du possible (OIT, 2019). Les outils les plus souvent utilisés sont les caisses de débouage, utilisées pour laver le graviers (19,6 %) ; les pelles (Niane, 2019) pour creuser, stocker et charger le gravier dans la caisse de débouage (12,8) ; les barres à mine pour tester la présence ou non du gravier et détacher les gros blocs (12,5) ; les machettes utilisées pour le désherbage et coupés les racines des arbres (10,8) ; les batées pour préparer les concentrés de minéraux lourds (7 %) ; les détecteurs des métaux qui servent à détecter tous types de métaux y compris l'or par fouille du minerai après l'extraction du niveau minéralisé et étalage de celui-ci (6,8 %). Ce résultat est contraire à celui obtenu par (Grégoire & Gagnol, 2017 ; Sawadogo, 2021), qui stipule que les détecteurs de métaux sont utilisés au Burkina Faso et au Niger pour la prospection des indices d'or et non comme instrument pour l'exploitation et la récolte de l'or. Arnould (2019) et Sawadogo (2021) affirment que les détecteurs de métaux sont également utilisés en Guinée et au Burkina Faso et ils constituent des nouvelles technologies de recherche de l'or dans les secteurs. Les pioches par contre, servent à détacher les gros blocs et déraciner les arbres (6,4 %) et les torches à piles, pour éclairer les lieux de campement (5 %). Les outils comme les haches (Aidara et Badiane, 2020) pour couper les arbres (4,7 %) ; les seaux pour l'exhaure des puits d'exploitation et l'approvisionnement en eau pour le lavage du gravier (4,1 %) ; les motopompes pour l'adduction d'eau (2,4 %) ; les sacs servant au transport du gravier (2,4 %) ; les masses pour concasser les gros blocs (1,4 %) ; les pelles mécaniques, pour creuser et charger le gravier (1,0 %) ; les broyeurs et laveurs mécaniques, pour le broyage des blocs de tout-venant et le lavage (1,0 %) sont moins utilisés car ils sont identifiés uniquement sur quelques sites d'orpaillage semi mécanisés, encore faiblement représentés dans le secteur étudié. Les autres outils, notamment les tuyaux et les fils de fer sont rarement observés sur les sites d'exploitation, avec respectivement 0,7 et 0,3 % d'occurrence.

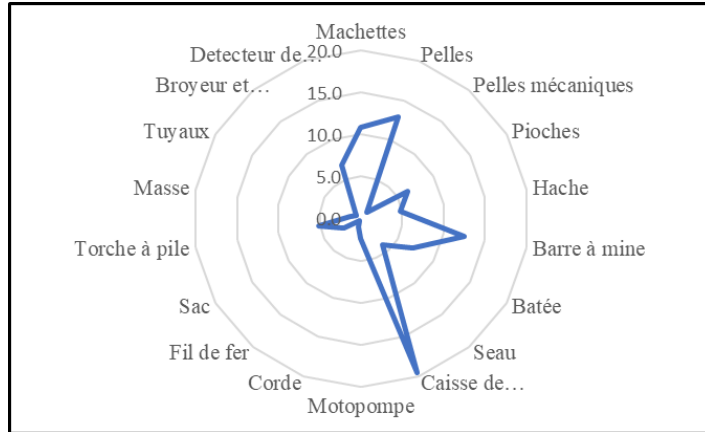


Figure 14 : Outils utilisés par les orpailleurs dans le secteur de Dimonika

Planche I : Phase d'exploitation du minerai d'or



Photo 7 : Prospection (puits de sondage)



Photo 8 : Préparation du site artisanal



Photo 9 : Fonçage du puits, site artisanal



Photo 10 : Fonçage d'un puits dans un site semi mécanisé



Photo 11 : Mur de soutènement dans un site éluvionnaire



Photo 12 : Mur de soutènement des berges dans un site éluvionnaire (piémont) ou alluvionnaire



Photo 13 : Entassement de gravier avant lavage



Photo 14 : Broyage et lavage semi-mécanisé



Photo 15 : Etalage de la couche minéralisée



Photo 16 : Débouage (Lavage à partir d'une caisse)



Photo 17 : Lavage à la batée et récupération d'or



Photo 18 : Détection et récupération de l'or

3.3. Impacts des exploitations

3.3.1. Impacts directs sur l'environnement biophysique

La figure 15 présente les impacts générés sur cet environnement par les activités d'orpaillage. On note la destruction du couvert végétal, l'élargissement du lit des cours d'eau, l'assèchement et la déviation des cours d'eau, la dégradation de la qualité des eaux de surface, l'inversion lithologique, les excavations et les tas de stériles abandonnés sur les sites, et la stagnation des eaux. Ces observations ont déjà été relevées dans les pays d'Afrique centrale notamment en République du Congo (Watha-Ndoudy *et al.*, 2022) et en Afrique de l'ouest (Bamba *et al.*, 2013 ; Keita, 2019 ; Digbo *et al.*, 2021). Il a été noté que ces impacts environnementaux sont fonction du type de gisements exploités mais aussi de l'importance de l'activité. La dégradation de la qualité des eaux de surface (15%), l'élargissement du lit des cours d'eau (6%), l'assèchement (6%) et la déviation des cours d'eau (15%) sont observés sur les sites exploitant les gisements de rivières. L'inversion lithologique, les excavations et la destruction du couvert végétal sont des impacts observés dans les sites de montagne à une fréquence élevée par rapport aux sites de rivières. Les tas de stériles abandonnés et la stagnation des eaux sont présents à des fréquences pratiquement similaires dans les deux types d'exploitation (4 % des sites de rivière, 5% des sites de montagne).

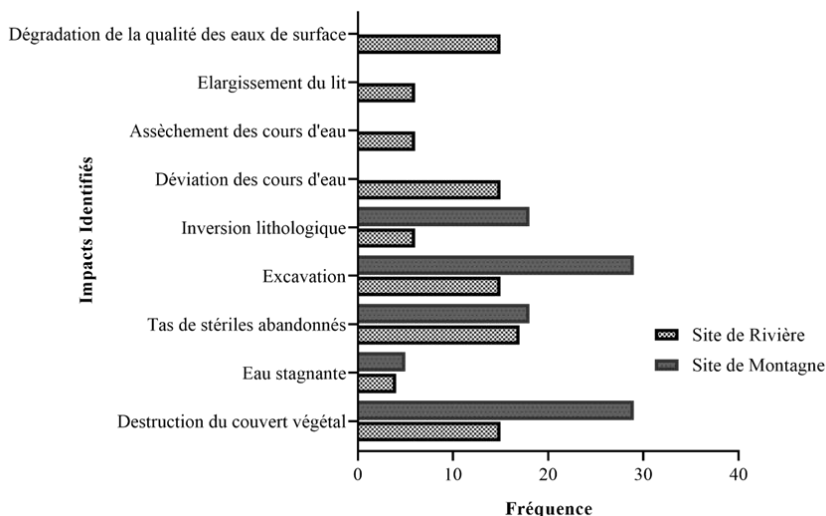


Figure 15 : Fréquence d'impacts observés sur les sites d'orpaillage

3.3.2. Qualité physicochimique des eaux de surface

Il sied de rappeler que 58.1% des sites d'orpaillage de la zone d'étude exploitent les gisements de rivières ou alluvionnaires (figure 10) d'une part. Et d'autres part, l'eau est indispensable sur toutes les phases d'exploitation

du minerai d'or. Cette ressource en eau est ainsi exposée aux risques de dégradation de sa qualité, se traduisant par la modification de certains paramètres physico-chimiques. Les résultats sur les paramètres physico-chimiques des eaux analysées sont consignés dans le tableau 1. Il apparaît que le pH des eaux de surface de la zone d'étude varie entre 4.7 et 6.8, avec une moyenne de 6.2 ± 0.6 unités de pH. Ces valeurs de pH varient moins d'un cours d'eau à l'autre, ce qui justifie des valeurs d'Ecart type de 0.6. Ces eaux sont jugées de bonne qualité de par leur pH (compris entre 6.0 et 9), selon le Système d'Evaluation de la Qualité des eaux de cours d'eau (SEQ-Eau). Elles sont acides et cette acidité est probablement liée au contexte géologique traversé par les cours d'eau de la zone étudiée (Gaagai, 2017), mais aussi à la dégradation de la matière organique apportée par le couvert forestier (De Mérona *et al.*, 2001 ; Dedieu, 2014 ; Melun et Le Bihan, 2020). Ces résultats corroborent ceux de Ngouala Mabonzo (2020, qui a montré que les eaux souterraines du Mayombe sont acides, avec un pH qui varie entre 4,4 et 6,6 pour une moyenne de 5,6 unités de pH.

La valeur minimale de la température est de 22°C et la maximale est de 28°C . La valeur moyenne de l'ensemble des sites étudiés est de $25 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$. Celle-ci dépasse légèrement l'intervalle limite du SEQ-Eau. Selon Ngouala Mabonzo (2020), les eaux souterraines du Mayombe ont une température moyenne de 26.2°C . Cette valeur est légèrement supérieure à celle obtenue dans le cas de notre étude, notamment sur les eaux de surface bien que les études précédentes aient déjà montré que dans la zone tropicale humide, la température moyenne des eaux est de 30°C , (Rodier, 1984; Eblin *et al.*; 2014 ; Yao Kouassi & Ahoussi Kouassi ;2020). Cette valeur moyenne, inférieure à 30°C dans notre cas, pourrait être influencer par le drainage minier acide (DMA), qui constitue un problème environnemental non négligeable dans les zones minières (Dudka & Adriano, 1997).

En ce qui concerne la Conductivité Electrique, les valeurs oscillent entre $3.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ et $61 \mu\text{S}/\text{cm}$, avec une valeur moyenne de $29 \pm 16.7 \mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs sont faibles par rapport au référentiel du SEQ-Eau (180-2500). Cette faiblesse de la Conductivité Electrique pourrait être lié à la position géographique des points de prélèvements, situés en tête des bassins versants de la Loukéné et de Mavemba. Ces teneurs sont inférieures à celles obtenues par Fouad *et al.*, (2014) et Makhoukh *et al.* (2011) et elles caractérisent les eaux peu minéralisées.

La teneur en Oxygène Dissous varie entre 0.9 et 2.3 mg/L, ces eaux de surface sont dites de très mauvaise qualité car sa teneur en Oxygène Dissous est inférieure à 3 mg/L alors qu'elle doit être supérieur ou égale à 6 mg/L selon la SEQ-Eau. Cette situation pourrait entrainer la disparition de la flore et de la faune aquatique (Keita, 2019).

La teneur des matières en suspension (MES) est comprise entre 0.5 et 4.6 mg/L, avec une moyenne de 2.6 ± 1.4 mg/L. Celle-ci varie moins sur les sites étudiés et ces eaux sont dites de très bonne qualité à cause de sa faible valeur moyenne selon le SEQ-Eau.

Les résultats de la turbidité montrent que celle-ci présente une valeur minimale de 4.0 et maximale de 352.0 NTU, avec une valeur moyenne de 114.4 NTU. Cette valeur moyenne de la turbidité dépasse largement la norme du SEQ-Eau (≤ 1 NTU), ces eaux sont classées de très mauvaise qualité. Ceci s'expliquerait du fait que les cours d'eau de la zone d'étude sont surexploités par les orpailleurs et cette activité d'orpaillage rend très turbide les eaux des cours (Keita, 2019 ; Hue *et al.*, 2020), traduisant ainsi un état de pollution des rivières devenant impropres à la consommation et perturbant la faune aquatique. Selon Vigouroux *et al.* (2005 et 2006), la forte turbidité des cours d'eau est une caractéristique des secteurs orpaillés. Cette augmentation de la turbidité contribue aussi à la perturbation de la photosynthèse et diminue la teneur en oxygène dissous des eaux, en raison de la présence de colloïdes biodégradables. Au Burkina Faso, une turbidité de 400 NTU a été obtenue pendant la saison pluvieuse dans le bassin versant de Doubegué (Robert, 2014), et la plupart des eaux de surface atteignent un niveau de turbidité supérieur à 200 NTU.

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés dans les zones d'orpaillage du secteur de Dimonika

Paramètre	N	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart type
pH	14.0	6.2	4.7	6.8	0.6
T (°C)	14.0	24.9	22.0	27.9	2.0
CE (µS/cm)	14.0	29.0	3.0	61.0	16.7
Oxygène dissous (mg/L)	14.0	1.4	0.9	2.3	0.5
MES (mg/L)	14.0	2.6	0.5	4.6	1.4
TU (NTU)	14.0	114.4	4.0	352.0	134.5

Les corrélations entre ces paramètres physico-chimiques ont été réalisées. Le tableau 2 nous montre que les corrélations sont significatives (p -value < 0.05) entre l'Oxygène Dissous-Température (p -value = 0.006), Turbidité-pH (p -value = 0.001), Turbidité-Oxygène Dissous (p -value = 0.03), Turbidité-Matières en Suspension (p -value = 0.02). On remarque une corrélation positive entre l'Oxygène Dissous-Température (0.646), Turbidité-Oxygène Dissous (0.511) et Turbidité-Matières en Suspension (0.538) et négative entre Turbidité-pH (-0.773). Les corrélations positives indiquent que les paramètres physico-chimiques évoluent dans le même sens tandis que celles négatives évoluent dans le sens contraire.

Tableau 2 : Matrice de corrélation entre les variables sur l'ensemble des stations étudiées

Paramètre	pH	T (°C)	CE ($\mu\text{S/cm}$)	OD (mg/l)	MES (mg/l)	TU (NTU)
pH	1.000					
p-value						
T (°C)	-0.326	1.000				
p-value	0.128					
CE ($\mu\text{S/cm}$)	-0.047	-0.142	1.000			
p-value	0.437	0.314				
OD (mg/l)	-0.525	0.646	0.190	1.000		
p-value	0.027	0.006	0.258			
MES (mg/l)	-0.409	0.049	0.407	0.194	1.000	
p-value	0.073	0.433	0.074	0.254		
TU (NTU)	-0.773	0.385	-0.155	0.511	0.538	1.000
p-value	0.001	0.087	0.299	0.031	0.023	

3.3.3. Impact sur les cours d'eau

S'agissant des cours d'eau, les orpailleurs exploitent le lit majeur et même le lit mineur des cours d'eau. Ils utilisent des techniques jugées dégradantes pour les cours d'eau, comme l'installation des digues pour dévier le chenal principal (PAN, 2019) et protéger les berges pour empêcher les éboulements (photo 19 à 21). Ces digues, sont de plusieurs types, selon les sites et selon le contexte géologique. 44% des sites étudiés ont des digues en argile et en gravier. Le reste des sites (56%), utilisent les cailloux, les pierres, l'association bois-argile, gravier-argile, et cailloux-gravier. Ces différents types des digues (figure 16) peuvent avoir en moyenne une longueur de $9,4\pm 5,2$ m, avec une largeur de $1,6\pm 1,5$ m et une hauteur de $0,42\pm 0,1$ m (figure 17). Nous assistons aussi au creusement des berges (Digbo *et al.*, 2021) et du lit, modifiant ainsi la largeur et la profondeur du lit des cours d'eau (Melun et Le Bihan, 2020). Les déchets miniers (tas de gravier) produits au cours de l'extraction de la couche stérile et de la récupération du minerai d'or, sont directement entassés dans le lit des cours d'eau. Ceci a pour conséquence, la perturbation du régime hydrique conduisant parfois à la destruction ou à l'assèchement des cours d'eau.



Photo 19 : Installation d'une digue et déviation du chenal principal d'un cours d'eau



Photo 20 : Tas de stériles abandonnés et destruction du chenal principal



Photo 21 : Creusage de la berge d'un cours d'eau

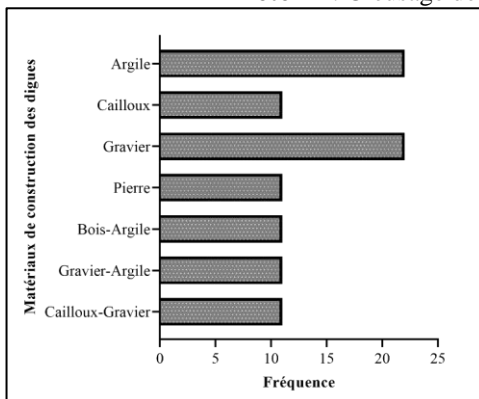


Figure 16 : Différents types des digues

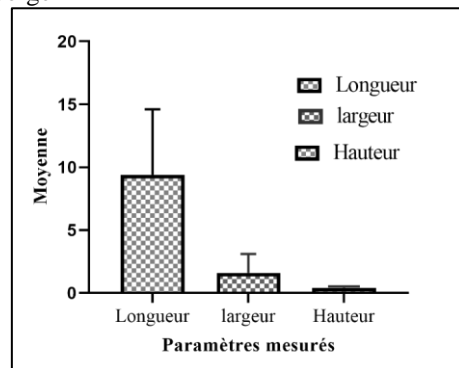


Figure 17 : Caractéristiques des digues

3.3.4. Impact sur le sol

Au total quatre (04) types d'impacts sont identifiés sur le sol des sites d'orpaillage. Il s'agit des eaux stagnantes, les inversions lithologiques, les excavations et tas de stériles abandonnés. Ces impacts ont déjà été observés au niveau des sites de Kéméni et Kpaza au Togo où alternent excavations et tas de stériles abandonnés (Minkilabé *et al.*, 2018).

Les excavations sont des trous mis en place par le creusement par décapage du niveau stérile et extraction de la couche minéralisée. 29% des sites de montagnes présentent des excavations et 15% de sites alluvionnaires. Leur fréquence d'apparition sur les sites étudiés est fonction du type d'exploitation, des méthodes utilisées et aussi du rythme d'exploitation. Les excavations se présentent sous deux (02) formes : en forme simple (photo 22) ou en gradins (photo 23). La hauteur moyenne d'excavations sur les sites alluvionnaires est de 8 m, elle est de 4 m sur les sites éluvionnaires. Notons que, la faible hauteur moyenne d'excavation observée sur les sites éluvionnaires est liée à une faible épaisseur de la couche minéralisée sur ces sites. Ces excavations occupent une superficie moyenne de 115 m² sur les sites éluvionnaires et de 72 m² sur les sites alluvionnaires (figure 18). On assiste à une dégradation irréversible des sols, liée à l'abandon des puits miniers et galeries non réhabilités après exploitation, des tas de stériles miniers abandonnés et les inversions lithologiques qui amènent les éléments de profondeur vers la surface et vice versa. Cette situation défigure grandement le paysage (Affessi *et al.*, 2016 ; Digbo, 2021), modifie la composition des sols qui s'appauvrissent au fil du temps (Keita, 2019), impacte le processus de régénération de la végétation, expose les orpailleurs aux risques d'accidents (Abdou Amadou, 2020) et accélère les phénomènes d'éboulement et d'érosion des sols (Minkilabe *et al.*, 2018 ; Soma *et al.*, 2021).

Les tas de stériles (photo 24) sont des déchets miniers qui sont abandonnés sur les sites d'orpaillage après exploitation (Keita, 2019). Ils sont souvent constitués des débris du niveau décapé non exploitable et des graviers. Ces tas se présentent soit sous forme ovale, soit sous forme allongée. Mais sur les sites de montagnes, ces tas de stériles prennent souvent des formes allongées, du fait qu'au niveau de ces derniers, les orpailleurs utilisent la technique dite de « l'étalage » qui consiste à étaler premièrement le niveau stérile et ensuite le niveau minéralisé en couche mince au-dessus de celui-ci pour faciliter la détection de l'or par la machine appelée détecteur des métaux. Le volume moyen des tas de stériles abandonnés est de 62 m³, avec une superficie moyenne de 81 m² au niveau des sites de montagnes et 60 m³, avec une superficie moyenne de 32 m² au niveau des sites alluvionnaires (figure 19). Ces tas de stériles défigurent le paysage et peuvent perturber la structure et la fertilité des sols

Les eaux stagnantes (photo 25) sont observées de façon timide (4 % des sites de rivière et 5% des sites de montagne) dans l'ensemble des sites d'orpaillage. Elles ont déjà été signalées en Afrique Centrale par Niane (2019). Elles sont occasionnées par la présence d'excavations qui sont par la suite remplies d'eau de la nappe phréatique, de pluies et du débordement du lit mineur au niveau des sites alluvionnaires. Ceci augmente le risque d'accident à l'endroit des orpailleurs et constitue un lieu propice au développement des moustiques (Fernes, 2019).

Les inversions lithologiques (photo 26) c'est-à-dire la modification de la succession des couches sont en réalité observées sur tous les sites d'orpaillage (rivières et montagnes), car la couche minéralisée et exploitable se situe sous la couche stérile ne présentant aucune minéralisation. Mais en fonction des sites étudiés, elles ont été identifiées à 18% sur les sites éluvionnaires et 6% sur les sites alluvionnaires. Cette modification de la succession des couches lithologiques contribue à la dégradation de la qualité des sols et rend difficile la régénération de la végétation (Schimann, 2005 ; Melun et Le Bihan, 2020).



Photo 22 : Excavation de forme simple



Photo 23 : Excavation en forme de gradins



Photo 24 : Tas de stériles abandonnés



Photo 25 : Eau stagnante

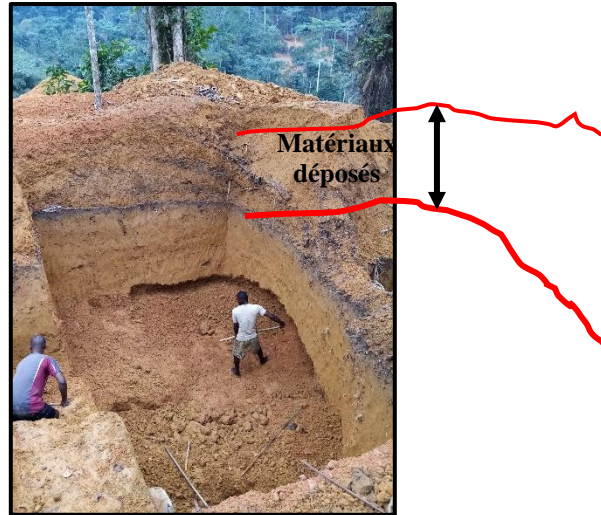


Photo 26 : Inversion lithologique

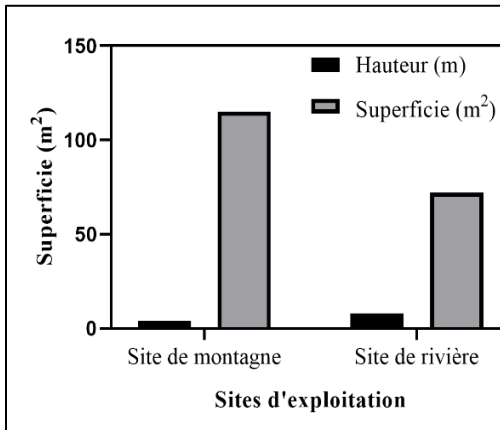


Figure 18 : Hauteur et superficie occupée par les excavations

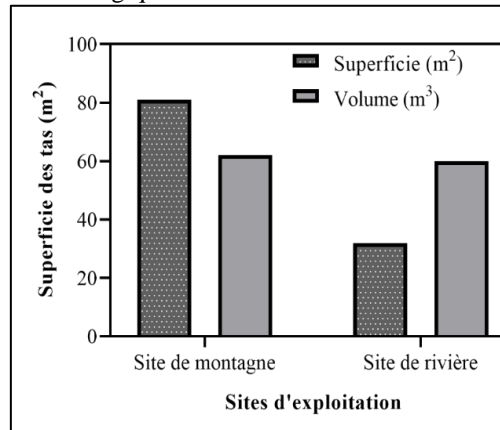


Figure 19 : Volume et superficie occupée par les tas

3.3.5. Impact sur la végétation

Les activités d'orpaillage commencent par la préparation du site, qui se traduit par le défrichage, l'abattage et dessouchage des arbres. Pendant l'exploitation, on assiste à l'abattage progressif et au dessouchage des racines des arbres qui se fait de façon manuelle à l'aide des machettes et hache au niveau des sites artisanaux traditionnels et à l'aide des pelles mécaniques au niveau des sites semi mécanisés. Ce qui entraîne la destruction du couvert végétal à 67% dans les sites de montagne et 33% dans les sites de rivières. Celle-ci a pour conséquence la disparition de la forêt mature et la mise en place des jachères. Ce résultat est semblable aux observations de Hue *et al.* (2020) et Digbo (2021) en Cote d'Ivoire. On assiste à une régénération lente sur les sites abandonnés à la suite de la destruction du couvert végétal et du fait des inversions lithologiques liées

surtout à l'utilisation des détecteurs des métaux (Sawadogo, 2021). La vitesse de déforestation est aujourd'hui très alarmante au niveau des sites de montagne, ceci à cause de la technique et outils nouvellement instaurés et jugés très dégradants d'une part. Il s'agit de la technique utilisant les détecteurs de métaux, qui consiste à extraire et étaler le niveau minéralisé, pour y tester la présence ou non de l'or à l'aide d'un détecteur et le récupérer par fouille. A cause de la relative réduction de la pénibilité associée à cette méthode, les creusements se font même là où on n'est pas assuré d'avoir de l'or et les excavations sont abandonnées sans réhabilitation, ce qui provoque la chute des arbres restant avec des racines déchaussées. Il s'agit d'autre part de l'utilisation des pelles mécaniques. Cette situation couplée à la multiplicité des sites d'orpaillage et en l'absence d'une surveillance régulière par les services des eaux et forêts (Aidara et Badiane, 2020), perturbe l'écosystème forestier du milieu (Fode Bakary, 2019 ; Soma *et al.*, 2021;) (photo 27). Une évaluation par des techniques SIG estime la dégradation forestière du secteur à une superficie 1058 ha en 2 ans.



Photo 27 : Perte du couvert végétal suite à la technique des détecteurs de métaux (site Bangoulou, Dimonika)

Conclusion

L'exploitation artisanale de l'or est une activité largement répandue dans le secteur de Dimonika et ses environs. Celle-ci jadis semi-mécanisée et légale dans le secteur au 20^e siècle, est devenue aujourd'hui la principale activité socioéconomique des populations locales et se pratique à 95% de façon artisanale et illicite. Elle mobilise de nombreuses personnes notamment des jeunes (62.3%) dont l'âge varie entre 20 et 40 ans, dont 66.7% de nationaux. En ce qui concerne les orpailleurs étrangers, les originaires de la RDC sont les plus représentés avec 95,8 % suivi des Maliens et des burkinabés totalisant 4,2 %. Les orpailleurs s'organisent souvent en équipes ou en groupes (92 %) et rarement en individualité car c'est une activité qui demande une forte intensité de main d'œuvre. Les sites

occupés par ces orpailleurs (les étrangers souvent) appartiennent à 72 % aux chefs terriens et y sont exploités moyennant une redevance de 1 gramme d'or par semaine. Le reste des sites dits libres est géré par les autorités locales. Les gisements exploités sont les gisements de rivières ou alluvionnaires (51%) et de montagne avec 46% des gisements éluvionnaires et 3 % filoniens. 97% des gisements sont exploités à ciel ouvert et 3% sous forme de galerie et notamment pour les gisements de montagnes. On remarque une forte concentration des étrangers sur les sites alluvionnaires éloignés des localités, souvent dans le but de s'échapper aux taxes à verser. Les techniques utilisées dans la zone sont à 95 % artisanale utilisant des outils rudimentaires. Mais ces derniers temps on assiste à une ruée vers l'utilisation des outils modernes, notamment les détecteurs de métaux et les broyeurs au niveau des sites de montagne. Cette activité d'orpaillage bien que génératrice des revenus pour les populations locales, impacte cependant le milieu environnemental. En effet, l'orpaillage pratiqué dans le secteur de Dimonika et ses environs contribue à la déforestation, à la perte de la biodiversité, à la dégradation de sols avec l'abandon des tas de stériles, des puits miniers non remblayés et l'inversion de la lithologie du sol, modifiant ainsi le paysage avec pour conséquences le ralentissement de la vitesse de régénération de la végétation et la modification de la structure et de la texture des sols. L'utilisation des détecteurs de métaux récemment introduite apparaît très destructrice du couvert végétal avec une perte de 1058 ha en 2 ans. On assiste également à la dégradation de la qualité des eaux de surface qui se traduit une turbidité élevée les rendant impropres à la consommation. Afin de limiter la dégradation de cette forêt il serait judicieux d'imposer à tous les exploitants un guide de bonne conduite et surtout d'interdire l'utilisation des détecteurs de métaux à défaut de revoir leur utilisation uniquement dans la prospection comme cela se passe ailleurs.

Déclaration de financement : Nous remercions le Conservation Action Research Network (CARN) pour leur appui financier qui a facilité la collecte des données.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

References:

1. Abdou Amadou, S. (2020). Evaluation des impacts de l'exploitation artisanale de l'or sur le site d'orpaillage de Komabangou (Liptako),

- Niger), Niger, [Mémoire]. Uliège, UClouvain. <https://lib.uliege.be>, 68p.
2. 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 (Cote d'Ivoire). *European Scientific Journal*, ESJ, 12(26), 288p. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n26>, 288p.
 3. Aidara M. et Badiane S.D. (2020). Etude exploratoire des effets de l'exploitation artisanale de l'or sur le paysage forestier dans la commune de Khossanto (Sénégal), *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, Numéro 8, pp141-160
 4. Akpédzé Komassi, A. (2017). Double défi de l'industrie minière en Afrique subsaharienne : droits humains et changements climatiques. Mémoire, Université de Sherbrooke. 94p. https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/10566/Awovi_Akpedze%CC%81_Komassi_MEnv_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
 5. Allou, T. K. (2020). Secteur informel et marché d'emplois : L'image de l'artisanat minier au nord de la Côte d'Ivoire, *Canadian Journal of Tropical Geography*. 7(2), pp. 22-28.
 6. APP. (2013). *Equité et Industries Extractives en Afrique Pour une gestion au service de tous [Rapport sur les progrès en Afrique]*, 120p.
 7. Arnould D. (2019). Quel apport du PROJEG dans la gouvernance du secteur minier en Guinée l'or en partage. La participation des orpailleurs au développement local, AFD, 42p.
 8. Bouka Owoko, R., & N'Zobo, R. E. (2011). Les peuples autochtones de la République du Congo : discrimination et esclavage. *Observatoire Congolais des Droits de l'Homme (OCDH)*.
 9. Chuhan-Pole, P., Andrew L., D., & Bryan, C. L. (2020). L'exploitation minière en Afrique : Les communautés locales en tirent-elles parti ? *L'Afrique en développement*. Washington, Groupe de la banque mondiale. 225p. DOI : 10.1596/978-1-4648-1395-5.
 10. Décret du Gouvernement congolais n° 88/181 du 1^{er} mars 1988 portant création de la Réserve de la Biosphère de Dimonika dans le Mayombe.
 11. De Doris, B., Blair, R., Jennifer, H., & Jennifer, S. (2017). Le genre et l'exploitation minière artisanale et à petite échelle en Afrique centrale et de l'Est : Bénéfices et barrières. Document. Institute for the Study of International Development (ISID). GROW Working Paper Series. 68p.
 12. Dedieu N. (2014). Mise au point d'un outil d'évaluation de la qualité biologique des petites rivières de Guyane sur la base des invertébrés

- aquatiques. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse Paul Sabatier. 340 p.
13. De Mérona B., Carmouze, J.P., Barral M., Cerdan P., Coste M., Depuy F., Dominique Y., Gaucherel C., Gerardhi C., Horeau V., Hugueny B., Orth K., Richard S., Scibona D., Soulard F., Tejerina-Garros F.L. Thomas A. (2001). Qualité des eaux des rivières de Guyane – Rapport de synthèse. IRD. 486 p.
 14. Diallo, M. L., & Diaby, M. (2021). La vulnérabilité des exploitants artisanaux du diamant en Guinée : Cartographie et besoins de remédiations. Études de cas à Macenta, Kérouané et Forécariah. Document. IPIS. 18p. <https://www.kpcivilsociety.org/fr/publications-2/publications-from-the-coalition/enquetes-de-terrain-sur-limpact-localde-lexploitation-miniére-des-diamants/>
 15. Diallo P. (2019). Impacts socio-économiques de l'Exploitation Minière Artisanale et à Petite Echelle (EMAPE) en Afrique de l'Ouest francophone *in* Tychsen, J. & Charles, N. (eds) 2019 : La mine artisanale en Afrique de l'Ouest francophone. Service géologique du Danemark et du Groenland (GEUS) - Copenhague/Danemark et Service géologique de la France (BRGM) - Orléans/France, 300 p.
 16. Diamouangana, J. (1995). La Réserve de la Biosphère de Dimonika, Congo, Document de travail n°4, 28p.
 17. 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 Zaibo, 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>
 18. Division de l'Information, de la Documentation et des Recherche (DIDR) (2014). L'exploitation et l'exportation des minerais dans l'Est de la RDC_Conditions d'extraction, d'exploitation et d'exportation des minerais, Implication des groupes armées et des autorités , Sanctions prévues par la législation et leur application, République Démocratique du Congo, 20p.
 19. Dudka, S., & Adriano, D. C. (1997). Environmental Impacts of Metal Ore Mining and Processing : A Review. *Journal of Environmental Quality*, 26(3), pp.590-602. <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600030003x>
 20. Eblin, S. G., Sombo, A. P., Soro, G. M., Aka, N., Kambire, O., & Soro, N. (2014). Hydrochimie des eaux de surface de la région d'Adiaké (sud-est côtier de la Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 75(1), pp6259-6271. <https://doi.org/10.4314/jab.v75i1.10>

21. Fode Bakary, 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. 189p.
22. Fouad, S., Hajjami, K., & Cohen, N. (2014). Qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de l'Oued Hassar : Impacts des eaux usées de la localité de Mediouna (Périurbain de Casablanca, Maroc). *Afrique SCIENCE*. 10(1). pp.91-102.
23. Gaagai, A. (2017). Etude de l'évolution de la qualité des eaux du barrage de Babar (Sud-Est Algérien) et l'impact de la rupture de la digue sur l'environnement [Thèse]. Université Mostefa Benboulaïd – BATNA 2. Algérie, 207p.
24. Goh, D. (2016a). L'exploitation Artisanale De L'or En Côte D'ivoire : La Persistance D'une Activite Illegale. *European Scientific Journal*, ESJ, 12(3), pp.18-36. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n3p18>.
25. Grätz, T. (2004). Les frontières de l'orpaillage en Afrique occidentale : Autrepart, 30(2), pp.135-150. <https://doi.org/10.3917/autr.030.0135>
26. Grégoire, E., & Gagnol, L. (2017). Ruées vers l'or au Sahara : L'orpaillage dans le désert du Ténéré et le massif de l'Aïr (Niger). *EchoGéo*, Sur le Vif, 22p. <https://doi.org/10.4000/echogeo.14933>
27. Hue, B. B. F., Kambire, B., & Alla, D. A. (2020). Mutations environnementales liées à l'orpaillage à Ity (Ouest de la Côte d'Ivoire). *Annales de l'Université de Moundou*, 7(2), pp.133-151.
28. IGF. (2017). Guide du Forum Intergouvernemental (IGF) à l'intention des gouvernements : Gérer l'activité minière artisanale et à petite échelle. Winnipeg: IISD. 52p.
29. Illatou, O. E. F. M. (2021). 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 [Thèse, Université Abdou Moumouni]. 217p. HAL Id: tel-03624770. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03624770/document>
30. Jaillon, A., & De Brier, G. (2019). Cartographie des sites miniers artisanaux dans l'ouest de la Centrafrique. [Rapport]. IPIS. 97p.
31. Karembe M.S. (2020). Extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or et morbidite à Kenieroba, Thèse, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, 63p.
32. Keita S. (2029). 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. Service géologique du Danemark et du Groenland (GEUS) - Copenhague/Danemark et Service géologique de la France (BRGM) - Orléans/France, 300 p.

33. Keita, A. (2017). Orpaillage et accès aux ressources naturelles et foncières au Mali (Les Cahiers du CIRDIS N° 2017-01; Collection recherche,). Centre Interdisciplinaire de Recherche en Développement International et Société (CIRDIS).29p. www.cirdis.uqam.ca
34. Kientore, I. (2012). Impacts environnementaux et risques sanitaires de l'exploitation artisanale de l'or : Cas du site aurifère de Bouéré dans la province du Tuy (Burkina Faso) [Mémoire]. Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE), 53p.
35. Makhoukh, M., Sbaa, M., & Berrahou, A. (2011). Contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). Larhyss Journal, n°9, pp. pp. 149-169.
36. Minkilabe, D., Kpatindé, V. J. B., & Tchagnirou, Z. (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. 1(1). p. 4-20
37. 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.
38. Niane B. (2019). Impacts environnementaux et sanitaires liés à l'utilisation du mercure dans le secteur de l'Exploitation Minière Artisanale et à Petite Echelle en Afrique de l'Ouest, in Tychsen, J. & Charles, N. (eds) 2019 : La mine artisanale en Afrique de l'Ouest francophone. Service géologique du Danemark et du Groenland (GEUS) - Copenhague/Danemark et Service géologique de la France (BRGM) - Orléans/France, 300 p.
39. Ngouala Mabonzo, M. (2020). Caractérisation des eaux souterraines du Mayombe au sud-ouest de la République du Congo par les méthodes géochimiques et statistiques. Ivoir. Sci. Technol., 35(2020), pp.446-461.
40. Noiraud, J.-M., & Noiraud, A. (2017). Industrie extractive, ses interactions avec la conservation et la gestion des écosystèmes en Afrique Centrale. WWF Bureau Régional pour l'Afrique. 134p.
41. Organisation internationale de la Francophonie (OIF) (2018). Rapport sur la situation des jeunes de l'espace francophone - OIF, 3e Édition, Paris, 90 p.
42. OIT. (2019). Sécurité et optimisation des techniques d'exploitation et de traitement sur les sites d'orpaillage de Komabangou et M'Banga. [Rapport]. 46p.

43. Ouedraogo, L. (2019). Orpaillage artisanal et développement rural [Thèse]. Université de Laval, Canada, 152p.
44. PAN. (2019). Plan d'Action National pour l'Extraction Minière Artisanale et à Petite Échelle de l'or de la République du Congo, en conformité avec les dispositions de la Convention de Minamata sur le Mercure. MTE, Document, 110p.
45. PAN (2019). Plan d'Action National pour réduire et / ou éliminer l'utilisation du mercure dans l'Extraction Minière Artisanale et à Petite échelle de l'or au Burundi, Ministère de l'environnement, de l'agriculture et de l'élevage, République du Burundi, 100p.
46. Parker R., Wood F. (2006). Trésor caché? A la recherche des revenus de l'exploitation aurifère du Mali, Oxfam America, 90p.
47. Robert, É. (2014). Turbidité et risques dans le bassin versant de la Doubégué (Burkina Faso). Bulletin de l'Association de géographes français, 91(3), pp.355-372. <https://doi.org/10.4000/bagf.1673>
48. Sanogo I.S., Diabate D., Dara E., Kone I., Kone A. (2019). Le secteur minier artisanal et le rôle du service géologique au Mali *in* Tychsen, J. & Charles, N. (eds) 2019 : La mine artisanale en Afrique de l'Ouest francophone. Service géologique du Danemark et du Groenland (GEUS) - Copenhague/Danemark et Service géologique de la France (BRGM) - Orléans/France, 300 p.
49. Sawadogo, E. (2021). Discours, pratiques et dynamiques environnementales autour de l'orpaillage dans la commune de Kampti, (Sud-ouest du Burkina Faso) [Thèse]. Université Panthéon-Sorbonne-Paris 1; Université Ouaga 1. 340p.
50. Schimann H. (2005). Impacts de perturbations liées à l'orpaillage sur l'évolution des communautés et fonctionnalités microbiennes d'un sol. Thèse de doctorat. Engref / UMR Ecofog. 97 p.
51. Schwartz, D., & Lanfranchi, R. (1990). L'origine des gisements d'or du Mayombe central (Congo) Quelques hypothèses. In Géodynamique, pp.155-160.
52. Sénéchal J., Kabala M., Fournier F. (1989). Revue des connaissances sur le Mayombe, UNESCO, 343p.
53. Seydou, K. (2001). Etude sur les Mines artisanales et les exploitations minières à Petite Echelle au Mali, International Institute for Environment and Développement (IIED). n°. 80; 54p.
54. Sirven, P. (1973). L'économie minière de la République Populaire du Congo. In Cahiers d'outremer, pp.172-206). https://www.persee.fr/doc/caoum_03735834_1973_num_26_102_2656
55. Soko, C. (2019). L'économie minière de l'orpaillage artisanal dans les sociétés post-conflit : Jeux des acteurs et enjeux de

- développement et de coopération internationale. Étude de cas en Côte d'Ivoire. 28(1), pp. 61-79. <https://doi.org/10.1522/revueot.v28n1.1023>
56. 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.
57. Tchoumou, M., Kami-Ouako, M., Gampio Mbilou, U., & Ossebi, J. G. (2017). Etude comparative des paramètres physicochimiques des eaux de quatre cours d'eau dans la ville de Brazzaville, République du Congo. *Larhyss Journal*, pp.61-74.
58. Thomas, F. (2013). Exploitation minière au Sud : Enjeux et conflits. *Alternatives sud*, 20 (7), 27p.
59. Traoré, A. B. (2022). Impact socioéconomique de l'orpaillage dans le cercle de Kenema au Mali. 3, pp.251-268. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5914551>
60. Vigouroux R., Guillemet L., Pache L., Cerdan P. (2006). Étude de l'impact de l'orpaillage alluvionnaire sur la qualité des milieux aquatiques et la vie piscicole. Étude et mesure de la qualité physico-chimique des eaux de l'approuague au niveau de la Montagne Tortue et son impact sur les populations de poissons et d'invertébrés aquatiques. *Rapport Hydréco- DaF*. 44 p.
61. Vigouroux R., Guillemet L., Cerdan P. (2005). Étude de l'impact de l'orpaillage alluvionnaire sur la qualité des milieux aquatiques et la vie piscicole. Étude et mesure de la qualité physico-chimique des eaux de l'approuague au niveau de la Montagne Tortue et son impact sur les populations de poissons et d'invertébrés aquatiques. *Rapport Hydreco-DaF* 39 p.
62. Voundi, E. (2021). Extractivisme minier dans l'Est-Cameroun et controverses socio-environnementales : Quelles perspectives pour un développement paisible des communautés locales ? *Belgeo*, n°2. 30p. <https://doi.org/10.4000/belgeo,48699>.
63. Watha-Ndoudy N., Dipakama C.M., J.D. Nzila., Nguelet-Moukaha I., & Kimpouni V. (2022). Impact de l'orpaillage sur le Milieu Physique des Ecosystèmes Forestiers du secteur de Souanké, République du Congo. *European Scientific Journal, ESJ*, 18(36), 169. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p169>.
64. Yao Kouassi, S. A., & Ahoussi Kouassi, E. (2020). Caractérisation physico-chimique des eaux de surface dans un environnement Minier du Centre-Ouest De La Côte d'Ivoire : Cas du Département de Divo. *European Scientific Journal ESJ*, 16(12). 293p. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n12>,

65. Yoboue, K. K. M. (2017). La question de la remédiation environnementale résultant de l'exploitation artisanale, à petite échelle du diamant: Cas de l'Union du fleuve Mano (NNT: 2017TOU30013). Thèse Université Paul Sabatier, Toulouse, France, 272p.
66. Zabsonré A., Agbo M., Somé J. et Haffin I. (2016). Impact de l'exploitation de l'or sur les conditions de vie des populations au Burkina Faso, n°145, Partnership for Economic Policy (PEP), 3p.