



RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES LIES A L'UTILISATION DES PRODUITS CHIMIQUES DANS L'ORPAILLAGE : CAS DU CYANURE ET DU MERCURE SUR LE SITE DE GALGOULI

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : EAU ET ASSAINISSEMENT**

Présenté et soutenu publiquement le 30 janvier 2016 par

Kouassi François KOUADIO

Travaux dirigés par :
Pr Hamma Yacouba, Directeur de la Recherche

Sous l'encadrement de :

Dr Harinaivo Anderson ANDRIANISA
Enseignant chercheur

Dr Hela KAROUI
Enseignant chercheur

Dr Maïmouna BOLOGO
Enseignant chercheur

Ig. Marcelin KOUAKOU
Chargé des projets

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Mariam SOU/DAKOURE

Membres et correcteurs : Dr Awa NDIAYE/KOITA
Dr Harinaivo Anderson ANDRIANISA

Promotion [2013/2014]



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

Fondation 2iE - Rue de la Science - 01 BP 594 - Ouagadougou 01 - BURKINA FASO – IFU 00007748B
Tél. : (+226) 50. 49. 28. 00 - Fax : (+226) 50. 49. 28. 01 - Mail : 2ie@2ie-edu.org - www.2ie-edu.org

Citations

« Ni l'austérité ni la croissance n'éviteront la faillite du système, le défaut de régénération de la Terre sera le facteur limitant de notre économie. Car la tendance finira par se renverser, que ce soit à dessein ou par désastre »

M. Wackernagel

Fondateur de l'organisation non gouvernementale Global FootprintNetwork (GFN), Août 2012.



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

Fondation 2iE - Rue de la Science - 01 BP 594 - Ouagadougou 01 - BURKINA FASO – IFU 00007748B
Tél. : (+226) 50. 49. 28. 00 - Fax : (+226) 50. 49. 28. 01 - Mail : 2ie@2ie-edu.org - www.2ie-edu.org

Remerciements

Ce travail est le fruit d'une collaboration directe ou indirecte avec des personnes ressources expérimentées et expertes dans leur domaine, qui ont bien voulu me faire l'honneur de bénéficier de leur savoir.

Mes remerciements vont ainsi à l'endroit de :

Pr Hamma Yacouba, Directeur de la Recherche à 2iE

Dr Yacouba KONATE, Enseignant-Chercheur à 2iE

Dr Harinaivo Anderson ANDRIANISA, Enseignant chercheur

Dr Hela KAROUI, Enseignant chercheur

Dr Maïmouna BOLOGO, Enseignant chercheur

Ing. Marcelin KOUAKOU, Chargé des projets

Monsieur Boukary SAWADOGO et Monsieur SOSSOU, ingénieurs de recherche, pour leur aide

Messieurs Moustapha OUEDRAOGO, Bernard ZONGO et Noel TINDOURE, personnel du laboratoire LEDES, pour leur appui technique au laboratoire.

Joël ROAMBA avec qui, j'ai travaillé sur le même thème

Enfin Merci à tous ceux dont le nom ne figure pas ici mais qui m'ont soutenu de près ou de loin et que je porte dans mon cœur.

Dédicaces

*A mon fils,
ma famille et mes amis...*

Résumé

Le Burkina Faso possède beaucoup de ressource minière aurifère repartis sur l'ensemble du territoire national. L'or est devenu le principal produit d'exportation du pays. On trouve une exploitation industrielle très structurée, avec plus de six (6) mines en exploitation. On retrouve aussi l'exploitation artisanale, sans une organisation bien structurée composée de plus de 200 sites et près de 700 000 artisans. Mais il faut noter que l'exploitation artisanal de l'or constitue incontestablement une activité génératrice de revenus pour les populations surtout en saison sèche, et contribue aux budgets des communes.

Cependant, les conséquences sur l'environnement et la santé des populations sont énormes. L'étude effectuée sur le site de Galgouli dans la commune de Kampti a pour objectif de voir le niveau de contamination des de l'eau et du sol, de déterminer la perception des principaux acteurs sur les menaces qui les guettent et comment ils s'en préservent. Pour l'atteinte ses objectifs, des enquêtes et des observations ont été menées afin répertorier les différents impacts de cette activité sur le plan environnemental et sanitaire. Il ressort de l'étude que l'environnement du site risque d'être dans un état de dégradation irréversible si aucune mesure de prévention et de gestion des risques n'est mise en place dans les plus brefs délais. Nous avons pu constater des cas de pollution des ressources naturelles par des produits chimiques comme le mercure, le cyanure, les acides sulfurique et nitrique, les huiles et hydrocarbures et par des produits dérivés de certains éléments (piles, reste de vêtement, objet divers). Les conditions, les méthodes et les moyens de travaille non adaptés expose les orpailleurs à des risques de maladies surtout respiratoires, à des accidents et à des intoxications souvent chroniques. Les résultats obtenus confirment la mauvaise perception de la majorité des acteurs et aussi la présence de contamination même si elle est encore faible. Les propositions faites afin de contribuer à la maitrise des risques portent surtout sur le contrôle et la récupération du mercure, l'interdiction effective de l'utilisation du cyanure ou la formation de acteurs à l'intérêt des bonnes pratiques pour leur santé, leur environnement et leur activités sur le site, le renforcement de la sécurité et la décentralisation des pouvoirs en matière d'activité d'orpaillage.

Mots Clés :

Mercure / Cyanure / Santé / Environnement / Orpaillage / Kampti

Abstract

Burkina Faso has a lot of gold mining resource spread on the whole of the national territory. Gold has become the main export product of the country. There is an industrial operation very structured, with more than six (6) operating mines. There is also artisanal mining, without a well structured organization consisting of more 200 sites and nearly 700,000 craftsmen.

But it should be noted that the artisanal gold mining is undoubtedly a revenue generating activity for populations especially in the dry season, and contributes to the budgets of the municipalities.

However, the consequences on the environment and the health of populations are huge. The study on the Galgouli site in the town of Kampti is designed to show the level of contamination of water and soil, to determine the perception of the main actors on the threats which face and how they preserve. To achieve its objectives, surveys and observations have been conducted to identify the different impacts of this activity on environmental and health. It appears from the study that the environment of the site may be in a State of irreversible degradation if no preventive measures and management risks is implemented as soon as possible. We have seen cases of pollution of natural resources by chemicals such as mercury, cyanide, acids sulphuric and nitric, oils and hydrocarbons and derivatives of some elements (batteries, remains of clothing, various object). The conditions, methods and means of works not adapted exposes the Stampeders risks especially respiratory diseases, accidents and often chronic poisoning. The results obtained confirm the bad perception of the majority of the players and also the presence of contamination even though it is still low. The proposals made to help control risks focus on control and recovery of mercury, the effective prohibition of the use of the cyanide or the training of actors in the interest of good practices for their health, their environment and their activities on the site, the strengthening of security and the decentralization of powers gold mining activity.

Key words:

Mercury / Cyanide / Health / Environment / Artisanal mining / Kampti / Burkina Faso

Liste des abréviations

Hg :	Mercure
Ppm :	Parti par million
Ppb :	Party Per Billion
Hg [°] :	Mercure métallique ou Mercure élémentaire
Hg ²⁺ :	Mercure inorganique
CH ₃ Hg ⁺ :	Méthylmercure
(CH ₃) ₂ :	Diméthylmercure
O-Q :	Objectif Qualité
Agri :	Agricole
Char. :	Chariot
H-P :	Habitation et Parcs
FDS :	Fiche de donnée sécuritaire
IST :	Infection sexuellement transmissible
CNF :	Cyanure libre
CNT :	Cyanure total
AFEE :	Agence Française de l'Eau et de l'Environnement
PIC :	Proir Informed Consent
POPs :	Polluants Organiques Persistants
MK :	Marcelin KOUAKOU ;
HK :	Héla KAROUI;
MB :	Maïmouna BOLOGO ;
FK :	François KOUASSI
ER :	Elément recherché ;
S.PE :	Sachet en Polyéthylène ;
B.PP :	Bidon en Polypropylène

Sommaire

Introduction

I. Revue bibliographique	3
1. Cadre législatif et réglementaire	3
2. Cadre institutionnel	6
3. Définition des concepts	7
4. Quelques travaux déjà réalisés sur les impacts de l'orpaillage	10
5. Principaux produits chimiques dans l'orpaillage	11
6. Perception des orpailleurs	19
II. Matériels et méthodes.....	21
1. Présentation de la zone d'étude	21
2. Collecte des informations.....	25
3. Traitement et analyse des données	29
III. Résultats et discussion.....	27
1. Structuration de l'activité d'orpaillage à Galgouli	27
2. Mode et spécificité de l'orpaillage à Galgouli	27
3. Estimation des quantités de matière	38
4. Enquête auprès des acteurs	47
Conclusion.....	46
Recommandations	47
Bibliographie	48
Annexes 1.....	51
Annexes 2.....	52
Annexes 3.....	52
Annexes 4.....	54

Liste des tableaux

Tableau 1 - Le mercure et les principaux composés mercuriels (AFEE, 1975).....	12
Tableau 2: Principaux effets des composés mercuriels sur l'homme (Lenntech, 2014)	16
Tableau 3: Critères de sélection de site	26
.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 4: Echantillonnage de sol et d'eau prélevés	28
Tableau 5: Condition de conservation des échantillons	29
Tableau 6: Laboratoires d'analyses	29
Tableau 7: Quantification des flux à la phase de fonçage par puits	39
Tableau 8: Quantification des flux de la phase de broyage par machine	40
Tableau 9: Quantification des flux de la phase de lavage	41
Tableau 10: Quantification des flux de la phase de cyanuration.....	42
Tableau 11: Résultat des analyses des eaux de surface et de forage en CNT et CNF	43
Tableau 12: Résultat analyse des sols	45
Tableau 13: Résultat des analyses des eaux de surfaces et souterraines	46

Liste des figures

Figure 1: Sites d'orpaillages légaux sur l'ensemble du territoire.....	7
Figure 2: Principe de fonctionnement de l'orpaillage.....	9
Figure 3 - Classification générale des composés cyanurés (BOTZ, et al., 2005)	13
Figure 4- Les principales transformations biogéochimiques du Hg dans l'environnement (adapté de Winfrey & Rudd, 1990).....	16
Figure 5: Voies d'exposition du corps humain au cyanure (IAMGOLD, 2014).....	18
Figure 6: Localisation du site	21
Figure 8: Hiérarchie sur le site	27
Figure 9: Mortier et pilon pour la réalisation des tests de teneur	28
Figure 10: Un puits en activité « Hong Kong »	29
Figure 11: Système de ventilation des puits.....	30
Figure 12: Opération de concassage réalisé par des élèves.....	31
Figure 13: Moulin en activité	32
Figure 14: Opération de lavage des boues de minerai sur un sluice	33
Figure 15: Résultat du processus de l'amalgamation.....	34
Figure 16: Chalumeau et lieu de brulage de l'amalgame	34
Figure 17: Bassin de cyanuration en préparation	35
Figure 18: Mécanisme de formation de l'ion nitronium.....	36
Figure 19: Site de cyanuration abandonné	37
Figure 20: Photographie aérienne montrant l'ampleur de la cyanuration.....	37
Figure 21: Représentation des flux de matière de l'ensemble du processus	38
Figure 22: Artisan en activité de concassage	40
Figure 24: Représentation de la part de chaque groupe enquêté.....	47
Figure 25: Perception des fonceurs	48
Figure 26: Perception des concasseurs.....	49
Figure 27: Les taux et les différents intrants pour le fonctionnement d'une broyeuse	50
Figure 28: Perception des broyeurs	51
Figure 29: Répartition des produits intrants dans le lavage primaire et secondaire.....	52
Figure 30: Perception des laveurs	53
Figure 31: Taux d'utilisation des intrants dans la cyanuration	54
Figure 32: Perception des laveurs utilisant le cyanure	55
Figure 33: Vue d'ensemble de la perception des orpailleurs.....	56

Introduction

Depuis plusieurs décennies, notre planète est restée marquée par des modifications environnementales avec des répercussions importantes qui vont dans le sens contraire de celui du concept de développement durable (SBA, et al., 2011). Ces modifications posent de graves problèmes d'équité entre les générations actuelles et futures quant à la disponibilité et à l'accessibilité de certaines ressources naturelles. Si l'industrialisation est l'une des principales source des problèmes environnementaux dans les pays industrialisés, les pays du sud et notamment d'Afrique sont très vulnérable face à l'utilisation de produits chimiques dans l'agriculture et dans l'activité d'orpaillage du faite de leur forte utilisation et de l'absence de contrôle rigoureux.

Le sous-sol Burkinabè recèle de grandes potentialités minières avec ses nombreux gisements d'or et des réserves comptant parmi les plus importants en Afrique (3^e producteur). Ce secteur est caractérisé par un dynamisme où l'exploitation industrielle et celle artisanale coexistent (BCEAO, 2013). Cette dernière est devenue l'activité d'adaptation pour les populations villageoises impuissante face aux aléas dus au changement climatique, l'insécurité alimentaire et la précarité des conditions de vie (BUTARE, et al., 2010).

Avec plus de 817 sites d'orpaillages dont 600 non officiels repartis sur l'ensemble du territoire national (cadastre minier), cette activité a produit plus de 18 tonnes d'or entre 1986 et 2008, soit 53 milliards de francs CFA pour l'économie nationale et a contribué pour plus de 3 milliards de francs CFA aux budgets provinciaux selon la Direction Générale des Mines, de la Géologie et des Carrières (DGMGC).

Mais la production de l'or par des personnes ne maîtrisant pas toutes les implications des produits utilisés impliquent une utilisation disproportionné et importante de ceux-ci. Certains produits comme le mercure (Hg), le cyanure (CN) et d'autres acides utilisés dans l'orpaillage ont des répercussions sur les sols et les eaux posant ainsi de nombreux problèmes, notamment sur l'environnement et sur la santé humaine. La fragilité de son écosystème combinée à l'impuissance de ses décideurs fait que le Burkina Faso risque d'être très exposée aux conséquences néfastes de l'utilisation de ses produits.

Il est alors plus qu'urgent de réaliser un état des lieux assez précis des différents produits chimiques entrant dans les différentes phases de l'activité d'orpaillage afin de déterminer les cycles de vie de ses polluants dans les milieux récepteurs.

Pour cela, l'objectif général de notre étude est la contribution à la maîtrise des risques environnementaux et sanitaires liés à l'utilisation dans produits chimiques par les orpailleurs sur le site de Galgouli dans la commune de Kampti au sud-ouest du Burkina Faso dans la

province du Poni.

Afin d'atteindre l'objectif, trois (3) objectifs spécifiques ont été déclinés :

- Déterminer la forme et estimer la quantité des produits chimiques utilisés à chaque phase du processus d'orpaillage ;
- Déterminer le degré de contaminations des ressources en eau et du sol par les polluants chimiques utilisés ;
- Déterminer les formes de perception que les orpailleurs ont des dangers qui les menacent et leurs comportements face à ces dangers.

I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Il sera question dans cette section de faire l'état de quelques travaux et définitions existantes et ayant une relation avec la thématique de notre thème de recherche. Elle prendra en compte les textes de loi, cadre législatif et cadre institutionnel en vigueur au Burkina Faso et la définition de certains concepts et mots clés qui seront fréquemment utilisés dans l'ensemble du document.

1. Cadre législatif et réglementaire

Les enjeux environnementaux et sociaux du secteur minier s'inscrivent dans un ensemble de politiques environnementales générales mis en place par le gouvernement Burkinabè. Ainsi plusieurs lois et règlements obligent les promoteurs privés ou publics à respecter l'environnement lorsqu'ils projettent des travaux et aménagements qui peuvent avoir des impacts sur l'environnement (Kahitouo, 2012).

Au Burkina Faso, force est de reconnaître que les textes relatifs à la gestion des produits chimiques sont soit inexistant, soit ineffectifs. Néanmoins l'adoption en avril 2013 du nouveau code de l'environnement (loi N°006-2013/AN) permet de corriger les insuffisances constatées dans l'ancien code. Aussi les lois relatives aux normes de rejet (2001) ou aux établissements classés (1998) constituent autant de texte qui tentent de régir l'importation et l'utilisation notamment des produits chimiques dans le secteur minier (OUOBA, 2013). Dans le profil national (2008), le domaine des produits chimiques est gouverné par une quarantaine d'instruments juridiques (voir annexe 1) (SBA, et al., 2011) dont l'analyse montre un faible niveau d'application.

Même si au niveau national nous n'avons peu d'instruments juridiques clairs, certains textes sous régionaux sont assez précis sur la gestion et l'utilisation des produits chimiques :

- La convention de Bamako sur le contrôle des déchets dangereux est principalement axée sur l'interdiction d'importer en sur le continent africain des déchets dangereux et/ou radioactifs en provenance des parties non contractantes et soumet leurs mouvements au sein du continent africain à un système proche des procédures de la convention de Bâle avec des contrôles transfrontières. Il a été adopté sous l'égide de l'organisation de l'union africaine (UA) le 30 janvier 1991 puis ratifié par le Burkina suivant la loi N°19/93/ADP du 24 mai 1993, elle est entrée en vigueur le 20 mars 1996.
- Le code minier communautaire (2003) de l'UEMOA qui a des textes régissant l'exploitation et le traitement de l'or dans l'union. Elle recommande d'accroître le

contrôle et le suivi de l'impact des activités extractives sur l'environnement, afin d'assurer une exploitation harmonieuse et durable des ressources.

A côté de ses principales mesures sous régionales, nous avons aussi des accords internationaux contraignants ou non qui sont aussi applicables sur le territoire national burkinabé.

a) Accords contraignants

Comme les autres états signataires, le Burkina Faso avait pour obligation face à la communauté internationale d'assurer le respect et la mise en application des textes de loi de ce type d'accord

Les principaux accords contraignants sont :

- Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements internationaux de produits chimiques a été adoptée le 22 mars 1989 et est entrée en vigueur depuis le 05 mai 1992. Elle constitue l'accord mondial environnemental le plus complet sur les déchets dangereux et autres. Il vise à protéger l'homme et l'environnement contre les risques que présentent les déchets dangereux et leurs mouvements transfrontalier. Pour ce faire, elle règlemente les mouvements transfrontaliers des déchets dangereux et autres déchets, en application de la procédure sur « l'information et le consentement préalables » (les expéditions de produits chimiques sans le consentement sont illégales). Les expéditions vers et venant de pays n'étant pas « parties » à la convention sont illégales à moins d'un accord spécial. La convention exige de chaque partie qu'elle mette en place une législation nationale ou intérieure appropriée pour prévenir et réprimer le trafic illégal de déchets dangereux ou autres déchets. Le trafic illégal est un délit. La convention oblige également les parties à s'assurer que les déchets dangereux et autres sont gérés et éliminés de manière saine et durable pour l'environnement (ESM). A cette fin, il est attendu des parties qu'elle réduisent autant que possible les quantités transportées de part et d'autre des frontières, de traiter et d'éliminer les déchets le plus près possible du lieu où ils ont été produits et réduire le plus possible la production de déchets à la source. Des contrôles sévères doivent être appliqués depuis la production du déchet dangereux jusqu'à son élimination finale, en passant par son stockage, son transport, son traitement, sa réutilisation, son recyclage et sa récupération.
- Convention de Rotterdam sur les échanges d'information et consentement préalable, entrée en vigueur le 24 février 2004, cette convention a pour objectifs de promouvoir

une responsabilité partagée et des efforts de coopération entre les parties dans le commerce international de certains produits chimiques dangereux, de manière à protéger la santé de l'homme et de l'environnement face aux dangers potentiels

De contribuer à une utilisation des produits chimiques dangereux respectueuse de l'environnement en facilitant l'échange d'informations sur leurs caractéristiques, en fournissant une méthode nationale de prise de décisions sur leur importation et leur exportation et en faisant connaître ces décisions aux parties. Pour atteindre ces objectifs, la convention comprend deux dispositions clés, à savoir la procédure d'information et de consentement préalable (ICP ou PIC en anglais pour Proir Informed Consent) et l'échange d'information.

- Convention de Stockholm qui a pour objectif de débarrasser le monde des POPs est entrée en vigueur le 17 mai 2004 et a été ratifiée par le Burkina Faso le 20 juillet 2004. Elle a été conçue pour préserver la santé et l'environnement contre les polluants organiques persistants (POPs). Ceux-ci désignent des substances chimiques très toxiques qui persistent dans l'environnement et peuvent donc traverser de longue distance et qui tendent à avoir un effet bio accumulateur alors qu'ils remontent la chaîne alimentaire. Ils présentent ainsi un risque important de nuisance sur la santé de l'homme et sur l'environnement.

b) Accords volontaires ou non contraignant

Le Burkina Faso a signé aussi des accords qu'elle n'était pas obligée de respecter scrupuleusement. Ils ont une connotation informationnelle, administrative et non obligatoire. Il s'agit et des accords volontaires comme :

- Le système harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques connu sous l'acronyme SGH, il permet de définir et classer la dangerosité et communiquer des renseignements en matière de santé et de sécurité sur des étiquettes et des fiches signalétiques (appelées fiche de données sécurité ou FDS dans le SGH). Ce système institue ainsi un moyen de communication efficace auprès des travailleurs et du grand public en vue d'assurer l'utilisation sécurisée des produits chimiques et atténuer les incidences négatives d'une exposition non intentionnelle.
- L'approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques (SAICM) qui est un cadre de politique mondiale de promotion de la sécurité chimique. Elle a pour objectif général de parvenir à une gestion rationnelle des produits chimiques tout au long de leur cycle de vie, afin que, d'ici 2020, les produits chimiques soient

fabriqués et utilisés de telle sorte que tout impact nocif sur la santé humaine et l'environnement soit réduit au minimum. Cet objectif a été adopté en 2002 par le sommet mondial sur le développement durable, comme partie du plan de mise en œuvre de Johannesburg. Le SAICM a été adoptée par la conférence internationale sur la gestion des produits chimiques (CIGPC) à Dubaï (Emirats arabes unis), en février 2006.

- A Rio en 1992, le Burkina a signé le programme « Action 21 ». Ce programme traite dans son chapitre 19 des questions de gestion rationnelle des substances chimiques toxiques, y compris la prévention du trafic international illicite des produits toxiques dangereux. Ratifiée le 23 septembre 1993, il souligne dans l'avant dernier alinéa de son préambule la nécessité de : «la préservation des générations futures des calamités naturelles et artificielles liées à la dégradation de l'environnement».

2. Cadre institutionnel

L'état burkinabé dispose de plusieurs institutions ayant pour but de veiller au respect des textes de loi et des réglementations mais le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) est depuis le décret n°2005-040/PRES/PM/MECV du 3 janvier 2005 le principal acteur chargé d'assurer le suivi et contrôle des activités d'orpaillage. Il est aidé dans sa tâche par la Direction Générale de la Conservation de la Nature (DGCN) qui assure l'exécution technique des missions en matière de forêt et de faune et aussi la Direction Générale de l'Environnement et du Développement Durable (DGEDD) chargée de l'élaboration et de la mise en œuvre des stratégies nationales en matière de pollution, d'assainissement et de gestion des déchets, de contrôle des végétaux aquatiques envahissants, de la gestion intégrée des produits chimiques et des aménagements paysagers.

Ses différentes structures peinent à faire respecter les textes de loi sur le terrain à cause de divers facteurs économiques, techniques, humains et logistiques. Comme le montre la figure 1, l'orpaillage (informel) est rependue sur la quasi-totalité du territoire national ce qui contribue en la complexité du respect des réglementations en vigueur.

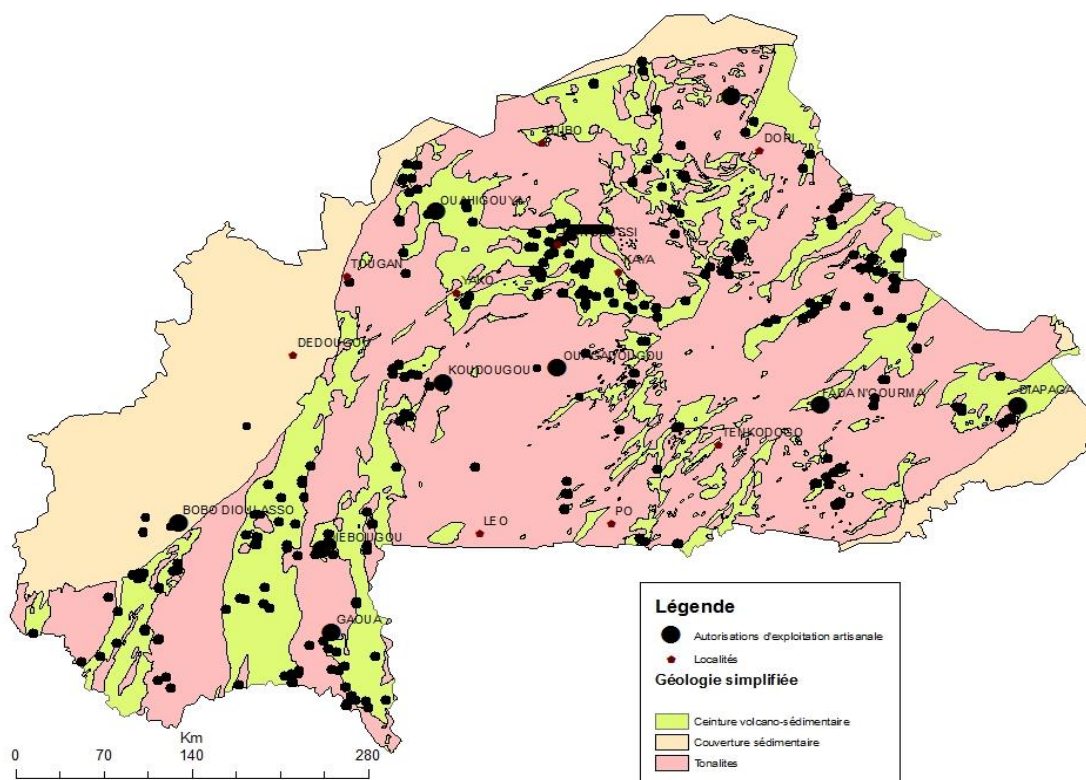


Figure 1: Sites d'orpaillages légaux sur l'ensemble du territoire

L'exploitation artisanale de l'or touche donc toutes les régions du pays d'où la nécessité de la comprendre et de mieux la réglementer afin de maîtriser tous les risques liés de près ou de loin à cette activité artisanale quand on sait que cette carte représente que les sites légalement installés. D'après le cadastre minier, moins de ¼ des sites d'orpaillages sont légaux et que plus de 80% des sites sont informels et illégaux vis-à-vis des lois.

3. Définition des concepts

○ Environnement

Considéré comme l'ensemble des éléments physiques, biophysique naturels ou artificiels et des facteurs économiques, sociaux et politiques qui ont un effet sur le processus de maintien de la vie, la transformation et le développement du milieu des ressources naturelles ou non et des activités humaines. L'environnement peut aussi être vu comme l'ensemble des êtres qui composent l'espace proche ou lointain de l'homme dont celui-ci peut déterminer ou changer l'existence mais qui peuvent déterminer totalement ou partiellement la sienne ou les modes de vie de celui-ci. (Gouvernement, 2013).

○ Santé

En s'inspirant de la définition du dictionnaire l'on peut définir la santé comme étant un état physiologique normal de l'organisme d'un être vivant, en particulier d'un être humain qui

fonctionne harmonieusement, régulièrement, dont aucune fonction vitale n'est atteinte, indépendamment d'anomalies ou d'infirmities dont le sujet peut être affecté. (Larousse, 2008).

- o Risque

Le risque se définit comme un danger, inconvénient plus ou moins probable auquel on est exposé (Larousse, 2008). Il s'agira dans notre étude de faire ressortir les menaces et les dangers qui peuvent impacter les milieux récepteurs que sont l'eau, l'air et le sol.

- o Risque sanitaire

Il désigne un risque, immédiat ou à long terme, plus ou moins probable auquel la santé publique est ou peut être exposée. L'identification et l'analyse des risques liés à un phénomène permettent généralement de prévoir l'impact d'un risque sanitaire sur la santé publique (BERTOLINI, 2010).

- o Risque environnementale

Il désigne la possibilité de survenance d'incidents ou accidents générés par l'activité d'une entreprise pouvant avoir des répercussions nuisibles et significatives sur l'environnement. Le Risque environnemental est évalué en tenant compte de la probabilité d'occurrence d'un événement (aléa) et du niveau de danger (BERTOLINI, 2010).

- o Impact

Résultante ou conséquence d'une action où un corps va frapper ou interagir avec un autre (Larousse, 2008). Il peut aussi être défini comme toutes modifications positives ou négatives de l'environnement

Il sera question de déterminer les interactions réelles entre les produits rejetés et leurs conséquences sur les composantes de l'environnement (air, eau et sol).

- Produits chimiques dangereux

Les produits chimiques dangereux désignent tout produit qui par son action sur des processus biologiques, peut provoquer chez les êtres humains ou les animaux, la mort, une incapacité temporaire ou des dommages permanents ou affecter des composantes de l'environnement (Futura-Sciences, 2013).

- o Cycle de vie

Phases consécutives et liées d'un système de produits partant de l'acquisition des matières premières à la fin de vie du produit (ISO, 2009). Dans notre étude il s'agira de déterminer le

parcours des polluants chimiques dangereux depuis leur entrée dans le processus d'extraction du minerai jusqu'à leur fin de vie ou leur bioaccumulation dans l'environnement.

- L'or

Métal précieux, jaune brillant, mou, très dense, très malléable et très ductile, inaltérable à l'air, à l'eau et aux acides, qui se présente généralement à l'état natif sous forme de pépites ou de paillettes (Futura-Sciences, 2013).

- Orpaillage

Exploitation artisanale de l'or se définit comme toute opération qui consiste à extraire et concentrer des substances minérales et à en récupérer les produits marchands pour en disposer en utilisant des méthodes et procédés traditionnels et manuels. Elle n'utilise pas d'équipements, ni d'énergie mécanique et n'est pas fondée sur la mise en évidence d'un gîte ou d'un gisement (Gouvernement, 2003) .

Aussi, l'orpaillage se définit comme l'opération qui consiste à extraire l'or des alluvions ou des éluvions qui le contiennent par des méthodes manuelles à l'exclusion de l'emploi de tous moyens mécaniques. Il se réalise généralement suivant une chaîne constituée des étapes représentées par la figure suivante :

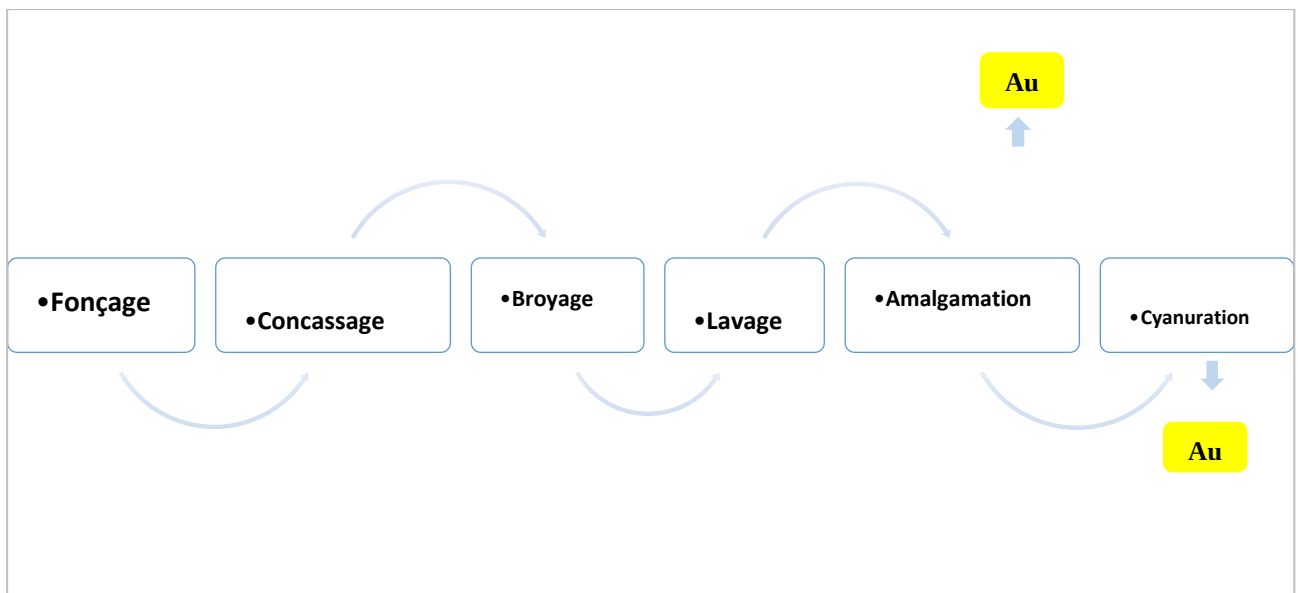


Figure 2: Principe de fonctionnement de l'orpaillage

Selon la situation géographique et les croyances culturelles, composante de cette chaîne peuvent connaître quelques modifications. Mais la quasi-totalité des circuits se déroule suivant ses six (6) étapes pour sortir le métal jaune au niveau de l'amalgamation puis de la cyanuration.

L'orpaillage connaît un développement remarquable Mais elle n'est pas toujours réalisée par des personnes maîtrisant toutes les implications environnementales des produits entrant dans sa réalisation ce qui implique l'utilisation de certains produits chimiques présentant des risques pour les acteurs et pour l'environnement (SAWADOGO, 2011).

4. Quelques travaux déjà réalisés sur les impacts de l'orpaillage

Les activités minières et leur impacts sur l'environnement, l'économie et sur le milieu socioculturel ont fait l'objet de nombreuses études antérieures.

En 2011, Edith SAWADOGO s'est intéressée à l'impact de l'exploitation artisanale de la mine d'or de Fofora au Burkina Faso sur les conditions de vie des populations riveraines et sur leur cadre de vie. Elle procède par une enquête auprès de 179 personnes concernées. Parallèlement, elle prélève des échantillons de sol et d'eau pour des fins d'analyse de laboratoires. Les résultats de son enquête indiquent que les conditions de travail des orpailleurs favorisent l'apparition de nouvelles maladies et les exposent à des infections graves souvent causé par les produits comme le mercure et le cyanure. Les analyses effectuées au laboratoire montrent que les sols et les nappes phréatiques sont pollués, les rendant respectivement impropres à l'agriculture et à la consommation. Dans cette même optique, au Mali une étude sur l'activité minière souligne son immense influence dans l'économie locale et contribue à la survie de plus de 200 000 personnes (KEITA, 2001). Toutefois, l'activité dégrade le cadre de vie où elle est menée. Elle est également vecteur de véritables fléaux sociaux (prostitution, banditisme, etc.). L'auteur note que des actions concrètes doivent encore être entreprises en vue d'optimiser le rendement du secteur, juguler les fléaux que l'activité engendre ; les actions déjà entreprises n'ayant pas abouti aux résultats escomptés.

Au Ghana (pays frontalier du Burkina Faso) les exploitants et les communautés locales s'accusent mutuellement quant à la responsabilité de chacune dans les impacts socio-économiques de l'exploitation de l'or dans la localité. Ils procèdent par une enquête terrain. Ils identifient trois (3) entreprises minières dans la localité et un (1) groupe de représentants des communautés locales dans chaque site. Chacun des participants est interviewé sur une série de questions. Les questions portent sur leur perception de l'exploitation de la mine d'or sur l'économie locale, la santé des populations, leur bien-être, les impacts environnementaux. Les autorités locales ont également été entendues à travers des interviews officielles. Ensuite, des scores ont été attribués à chaque réponse et une note est obtenue en faisant la moyenne des scores des participants de chaque groupe. Enfin des analyses sont tirées de ces notes synthétiques. Les résultats indiquent que les miniers sont responsables d'une série de changements économique, social et environnemental dans la localité (GARVIN, et al., 2009).

Dans les exploitations artisanales, la pratique habituelle est de brûler déchets et mercure utilisés à ciel ouvert. Les orpailleurs peuvent inhaler ces particules toxiques sans oublier que les milieux récepteurs comme l'eau et les sols seront pollués. Les systèmes aquatiques en pâtissent. Notons que l'extraction de l'or génère d'énormes quantités de déchets. L'obtention de cinq (5) à huit (8) grammes d'or génère une tonne de déchets à déverser dans la nature (KITULA, 2006). A côté de ces effets néfastes sur l'environnement, il a également relevé de nombreuses conséquences sociales. Il s'agit notamment du chômage, du travail des enfants, la délinquance juvénile, la prostitution avec l'apparition des maladies opportunistes telles que les infections sexuellement transmissibles (IST) et le VIH/SIDA, l'expropriation des terres agricoles, etc. Tous ces résultats ont amené l'auteur à conclure que, l'exploitation minière qu'il s'agisse de la petite échelle ou à grande échelle engendre des impacts négatifs qui peuvent perdurer pendant des décennies. La détérioration des milieux naturels est principalement due à des techniques inappropriées et à l'usage massif de déchets toxiques dans les mines comme souligné plus haut.

5. Principaux produits chimiques dans l'orpaillage

a. Produits chimiques directement utilisés

Sur l'ensemble de la chaîne de l'activité d'exploitation artisanale de l'or, plusieurs produits chimiques sont utilisés afin de capter la ressource aurifère. Parmi eux, certains présentent des risques pour l'homme, les animaux et l'environnement :

- Le Mercure (Hg)

Naturellement présent dans les trois compartiments de l'environnement (eau, air et sol), le mercure considéré comme un métal liquide se présente en deux (2) principaux groupes :

- Inorganique avec les degrés d'oxydation 0, I ou II
- Organique avec les degrés d'oxydation I ou II

Le tableau suivant recense les principaux composés du mercure, leurs définitions et leurs formules.

Tableau 1 - Le mercure et les principaux composés mercuriels (AFEE, 1975)

Termes courant	Termes scientifiques	Définition	Symbole / formule	Exemples
Mercure élémentaire	Etat fondamental du mercure	Mercure de valence 0	Hg° ou Hg	
Mercure divalent	Ions mercuriques libres	Mercure de valence 2	Hg (II) ou Hg ²⁺	
Composé mercureux	Sel, éléments produit mercurique	Composé mercuriel de valence 1	Hg (I) ou Hg ⁺	HgCl ou Hg ₂ Cl ₂ Calomel
Composé mercurique	Sel, élément, produit mercurique	Composés mercuriel de valence 2	Hg ²⁺	Hg(OH) ₂ , HgCl ⁺ , HgCl ₂ (CH ₃) ₂ Hg
Composé organique du mercure (méthylmercure)	Mercure organique ou organo-métallique ou organo-mercuriel	Composé possédant au moins du mercure et un élément organique	Hg ²⁺	CH ₃ Hg ⁺ , (CH ₃) ₂ Hg, CH ₃ HgCl, complexes humiques
	Mercure méthylé	Composé possédant au moins du mercure et un groupe méthyle (CH ₃)	Hg ²⁺	CH ₃ Hg ⁺ , (MMHg), CH ₃ HgCl, CH ₃ HgOH
	Mercure diméthylé dérivé alkylés	Composé possédant au moins du mercure et un groupe diméthyle (CH ₃) ₂	Hg ²⁺	(CH ₃) ₂ Hg, (MDHg)
	Monométhyle mercure MMHg	CH ₃ Hg	Hg ²⁺	CH ₃ Hg
Composé inorganique du mercure	Complexe, sel, mercure inorganique	Le composé possède au moins, du mercure et un élément inorganique	Hg ²⁺	HgS, HgCl ⁺ , HgCl ₂ , HgOH ⁺ , HgOH ₂

Il existe aussi du mercure dit « particulaire », c'est-à-dire que le mercure peut se lier avec des particules telles que les matières minérales ou organiques en suspension. La particule mise en jeu sert de support au mercure ou à ses différentes formes de spéciation. On trouve du mercure particulaire dans l'air les sols et les eaux.

- Cyanure (CN)

Le cyanure est un produit chimique potentiellement mortel qui peut se trouver naturellement dans l'environnement avec une rapidité de réaction et une durée de vie assez faible à forte température. Il se présente sous trois (3) formes :

- Le cyanure libre (CNF) : présents en solution, le cyanure d'hydrogène (HCN) et l'ion cyanure (CN⁻) sont les composants des CNF.
- Les cyanures dissociable (CN-WAD) : ils représentent la famille des composés cyanurés {HCN(aq) et CN⁻} et certains métaux comme le Cadmium (Cd), le Nickel (Ni), le Cuivre (Cu), le Zinc (Zn), et l'Argent (Ag). Ils sont caractérisés par une faible constante de dissociation.

- Les cyanures totaux (CNT) : regroupe les CNF, les CNWAD et tous les autres complexes métalliques comme les ferrocyanures $\{\text{Fe}(\text{CN})_6^{-4}\}$, les ferricyanures $\{\text{Fe}(\text{CN})_6^{-3}\}$, les hexacyano cobaltate $\{\text{Co}(\text{CN})_6^{-3}\}$ et les composés avec l'or et la platine (IICM, 2005)

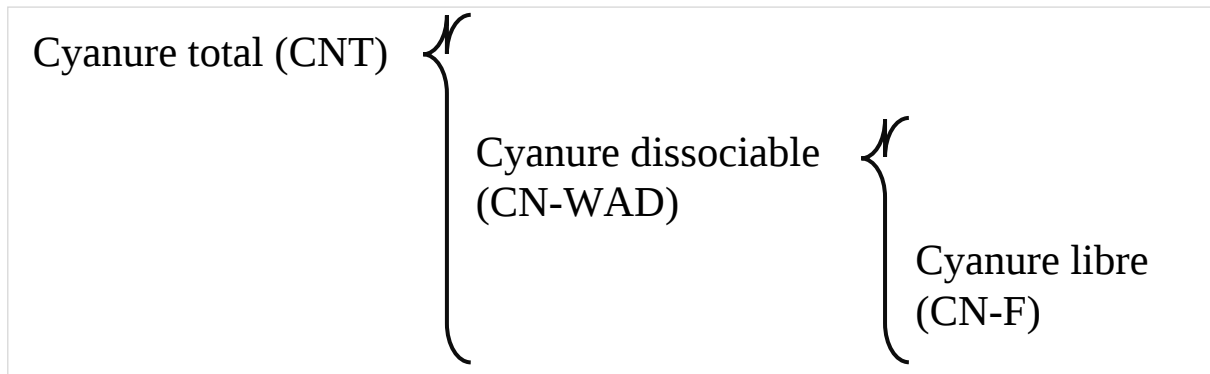


Figure 3 - Classification générale des composés cyanurés (BOTZ, et al., 2005)

- Les composés acides

On retrouve des composés acides élémentaires et des complexes assez dangereux sur les sites d'orpaillage (KAHITOUO, 2012) :

- L'acide sulfurique (H_2SO_4) qui est utilisé pour éliminer le zinc qui est souvent allié à l'or ce qui produit du Sulfate de zinc ;
- L'acide nitrique (HNO_3) qui va oxyder le plomb, le fer et le reste du zinc
- o Les copeaux de zinc

Sous forme de feuillet métallique, le zinc (Zn) est utilisé dans l'activité d'orpaillage à cause de son affinité avec l'or. En effet il permet de piéger les particules d'or présentes dans la solution liquide composée de cyanure et d'or (SAWADOGO, 2011).

b. Produits chimiques découlant de l'activité d'orpaillage

Il s'agit ici des produits indirectement formés par des outils ou des éléments intrants ou sortants dans les différentes phases de l'exploitation artisanale de l'or. Les activités des artisans sont à l'origine de la formation de ces produits chimiques car elles favorisent les interactions entre des composés qui naturellement ont peu de chance de se rencontrer. Dans ces éléments l'on retrouve généralement :

- o Les piles

Existant sous trois formes (alcaline, lithium et saline), les piles sont très utilisées sur les sites d'orpaillage. Mais ce sont essentiellement des piles alcalines (alkaline) fonctionnant par

oxydoréduction entre le zinc (Zn) et le dioxyde de manganèse (MnO_2) qui se retrouve sur les sites. Une fois usée, elles sont rejetés un peu partout sur tout le site y compris dans les puits abandonnées (KAHITOUO, 2012)

- Les hydrocarbures (gasoil et huiles)

Molécules composé essentiellement d'atome de carbone (C) et d'hydrogène (H), les hydrocarbures sont utilisés sur le site pour le fonctionnement des instruments de travail comme les motopompes, les dynamites, les broyeurs et les engins de déplacement. Les produits hydrocarburés présents sur le site sont généralement :

- Le gasoil ($\text{C}_{21}\text{H}_{44}$) qui est un liquide pétrolier jaune claire utilisé comme carburant
- Les lubrifiants pour faciliter et graisser le fonctionnement des engins et la mise en place des dynamites.

- Détergent en poudre

Substance permettant d'éliminer d'un milieu solide les salissures qui adhèrent à un corps ou à un composé; les détergents sont fortement utilisés dans l'activité d'orpaillage notamment dans la phase de lavage :

- LAB_S (Le Dodécyl-Benzène-Sulfonate de sodium est une série de composés organiques avec la formule $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$)
- STPP (Le Tri-Phosphate de Sodium, un composé inorganique de formule $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)
- Na_2CO_3 (Le carbonate de Sodium ou cristaux de soude)
- Na_2SO_4 (Le sulfate de sodium est le sodium de sel de l'acide sulfurique)

Les agents tensio-actifs que contiennent ces détergents peuvent être une source de contamination des eaux de puits non protégées (Futura-Sciences, 2013)

- Les sachets plastiques

Considérées comme des matières synthétiques, les sachets plastiques présents sur nos sites sont généralement à usage unique en PEHD (Polyéthylène Haute Densité). C'est un matériau constitué de dérivés du pétrole (KAHITOUO, 2012).

D'autres éléments comme le bois, l'eau de javel et les fils de fer rentrent aussi dans la pollution de l'environnement sur les sites d'orpaillage (KAHITOUO, 2012) mais le mode de propagation de ses polluants dans les milieux récepteurs doit être connu pour mieux comprendre leur comportement dans l'environnement.

c. Cycle de vie des composés chimiques dangereux dans l'orpaillage

Dans le cadre de cette étude les produits chimiques pouvant avoir un effet négatifs irréversibles sur la santé de l'homme et sur l'environnement seront considérés comme composés chimiques dangereux ; il s'agit du mercure et du cyanure.

- Les composés mercuriels
- Effets toxiques des composés mercuriels sur l'environnement

Les organismes aquatiques sont capables de retenir dans leurs tissus le mercure directement à partir de leur milieu environnant, par absorption à travers la peau et aussi à travers les membranes des branchies durant la respiration, mais aussi indirectement par ingestion de proie déjà contaminées. Le phytoplancton, premier maillon de toute la chaîne alimentaire peut concentrer le mercure présent dans son environnement avec un facteur de concentration de l'ordre de 1000 et même plus. Pour les organismes de rang supérieur dans la chaîne alimentaire, le mécanisme de rétention du mercure est plus complexe et fait intervenir outre le degré de contamination de l'eau et le temps d'exposition à cette pollution, le régime alimentaire, l'âge, donc le poids et la taille, et le métabolisme spécifique des individus. Certains facteurs qualitatifs de l'eau, particulièrement la température et le taux d'oxygène dissous ont également une influence sur l'absorption du mercure par les organismes. (AFEE, 1975).

Au niveau de la flore aquatique, l'ion méthylmercure (CH_3Hg^+) et d'autres composés organomercuriels sont reconnus pour être responsables de l'inhibition de la croissance et de la photosynthèse du phytoplancton pour des concentrations de l'ordre de $0,1\mu\text{g/g}$ (0,1 ppm) (FESTY, 1973).

Selon d'autres auteurs (WALLACE, et al., 1971), une concentration en méthylmercure ou phénylmercure de 1 ppb seulement entraîne une réduction de la photosynthèse du phytoplancton d'eau douce de 40 à 50%. Les poissons quant à eux, Ils sont capables de survivre à des fortes concentrations d'organomercuriels, quand ils ne sont exposés que durant un temps très court. Plus le temps d'exposition des poissons est augmenté, plus de faibles concentrations de mercure ou de ses composés sont létales pour les espèces.

D'une manière générale, pour des temps d'exposition de 10 jours au plus, des taux de mercure aussi faibles que 10 à 20 ppb sont fatals pour les poissons. La mort des poissons, contaminés d'une manière chronique par le mercure, résulterait d'une altération des cellules rénales. (RAMADE, 1975). D'autre part, des expériences en laboratoire ont montré que des taux de

méthylmercure dans l'eau de 10 ppb entraîneraient une perturbation de l'équilibre statique des poissons. L'acétate de phénylmercure, à des taux de 1 ppb entraînerait une régression du taux de reproductions des poissons par diminution de leur probabilité d'éclosion.

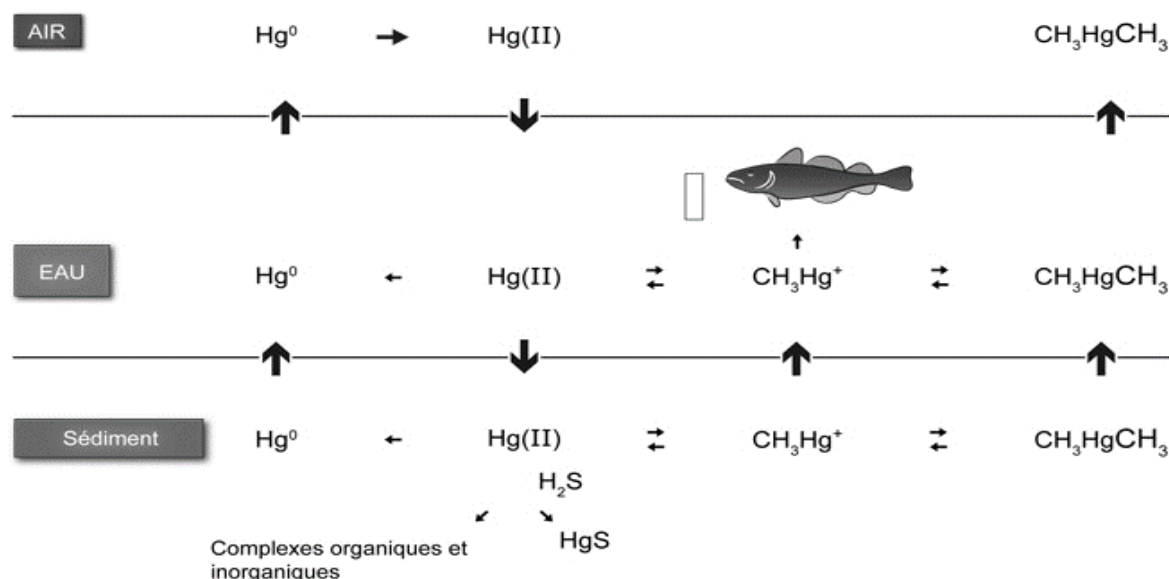


Figure 4- Les principales transformations biogéochimiques du Hg dans l'environnement (adapté de Winfrey & Rudd, 1990)

- Effets toxiques des composés mercuriels sur l'homme

Nous nous intéresserons principalement dans cette partie à l'intoxication de l'homme par le méthylmercure due à l'ingestion de proie contaminées. Comme nous l'avons vu précédemment, le méthylmercure s'accumule principalement dans les tissus musculaires des poissons qui représentent les parties comestibles. De plus, la cuisson des poissons n'entraîne que des pertes infimes de mercure ce qui fait que l'homme qui consomme un poisson contaminé absorbe en presque totalité le mercure qui y est contenu. Il a été démontré que le méthylmercure peut aisément traverser le placenta et se concentrer ainsi dans le fœtus. Les maladies congénitales touchant les nouveau-nés se traduisent par une paralysie cérébrale avec retard mental, des difficultés d'alimentation et un handicap moteur prononcé. Le métabolisme humain permet à plus de 90 du méthylmercure absorbé d'être assimilé dans les intestins sans modification de structure, contre 2% pour le mercure inorganique.

Nous pouvons rappeler à cet effet, qu'au Japon 13.000 personnes, dont 900 sont décédées, ont été victimes des 400 tonnes de mercure déversées dans la baie de Minamata entre 1932 et 1966. (Futura-Sciences, 2013). Le tableau suivant présente les différentes symptomologie mercurielles.

Tableau 2: Principaux effets des composés mercuriels sur l'homme (Lenntech, 2014)

Symptômes	Manifestation
Névropathie	Tremblement / Perturbation sensorielle / Affaiblissement de l'ouïe / Constriction du champ visuel / Déchéance intellectuelle assez prononcée
Hypercrinie	Salivation intense / Transpiration intense
Ataxie locomotrice	Trouble de la marche / Trouble de l'équilibre / Trouble du guidage des mouvements de vue
Paralysie nerveuse périphérique	Perturbation de l'activité du réseau nerveux au niveau des doigts de la main et des pieds

Le mercure et ses composés en se fixant aux protéines des membranes biologiques, interfèrent avec l'élaboration structurale et le fonctionnement d'organites cellulaires tels que les mitochondries, les lysosomes, le réticulum endoplasmique et donc les ribosomes qui y sont fixés. L'importance de ses éléments dans le processus de la transmission de l'information nerveuse explique certainement les effets neurotoxiques du mercure (AFEE, 1975).

- Les composés cyanurés
- Effets toxiques des composés cyanurés sur l'environnement

Dans l'environnement, ce sont les composés cyanurés (HCN et ions CN⁻) libres qui semblent résistants à la photolyse, par contre elle est capable d'agir sur les ferrocyanures pour libérer du HCN. Les cyanures pourraient persister dans les sols et les eaux souterraines. (BISSON, et al., 2011). La biodégradation est un mécanisme important pour la transformation des cyanures dans les eaux de surface où ils sont présents essentiellement sous la forme HCN (composé hautement soluble à pH < 8), la forme cyanure libre est retrouvée à plus de 93 %. Les cyanures sont modérément mobiles dans les sols, et cette mobilité est d'autant plus faible que le pH est bas. Aussi l'ion cyanure (CN⁻) est un composé très soluble dans l'eau (hydrosolubilité de 37% à 20°C). La volatilisation à partir de l'eau peut être considérée comme très lente. De même, le potentiel d'accumulation dans les sédiments est faible. Cependant, à cause de la nature ionique du composé, des interactions avec des argiles et des

acides humiques sont possibles et donc le passage de la substance vers les sédiments ne peut pas être exclu.

L'élimination dans la phase aqueuse par biodégradation est possible, mais probablement lente. Une adaptation des microorganismes semble nécessaire pour que cette voie d'élimination soit significative

- Effets toxiques des composés cyanurés sur l'homme

Les produits cyanurés sont très toxique pour la santé. Les principales voies d'intoxication sont l'inhalation (gaz) et l'ingestion (sel et liquide). Le cyanure est rapidement distribué dans tout le corps. L'ion cyanure diffuse du sang vers les tissus où il se fixe sur des macromolécules contenant des métaux (fer, cuivre, cobalt) en formant des complexes. Le radical $CN^{\cdot}$ se combine avec le fer ferrique et le cuivre de la cytochrome-oxydase mitochondriale ce qui entraîne un blocage de la respiration cellulaire. Les organes les plus sensibles à l'hypoxie cellulaire sont le cerveau et le cœur. Des lipoperoxydations et des perturbations de l'homéostasie calcique participent à la toxicité neurologique (BISSON, et al., 2011).

Le cyanure inhibe la cytochrome-c-oxydase dans le transport des électrons (chaîne respiratoire) de la mitochondrie, entravant à la fois le métabolisme oxydatif et la phosphorylation oxydative qui y est associée. Les effets aigus externes ressemblent à ceux de l'hypoxémie aiguë. Toute perturbation du processus d'oxydation peut aussi provoquer des troubles cardiaques, des convulsions, l'évanouissement et finalement la mort. (Holland, 1983).

La figure suivante présente les différents modes de pénétration du cyanure dans l'organisme.

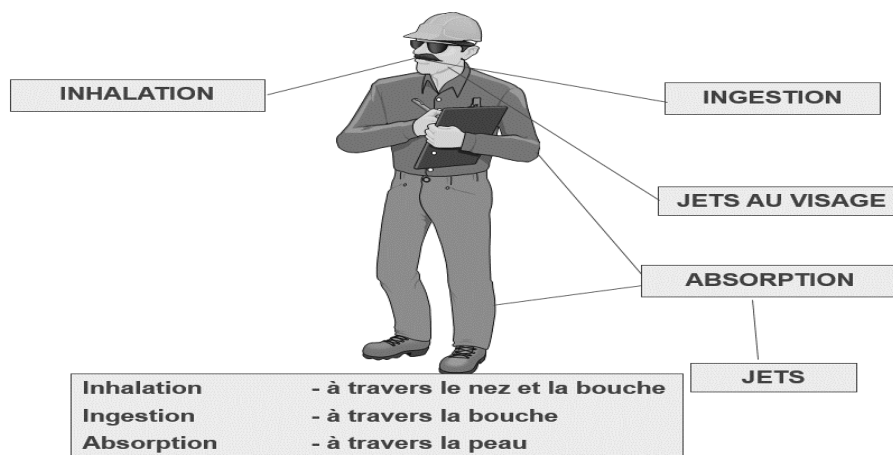


Figure 5: Voies d'exposition du corps humain au cyanure (IAMGOLD, 2014)

Ses diverses voies de pénétration du cyanure dans l'organisme donnent lieu à trois formes cliniques en cas d'intoxication (IAMGOLD, 2014) :

- La forme foudroyante avec un effet immédiat et entraîne la mort en quelques minutes ;
- La forme aiguë qui est caractérisée par une apparition soit immédiate, soit après un bref temps de latence. Elle comprend 3 phases : excitation, dépression, convulsions ;
- La forme légère est une forme bénigne avec quelques sensations de vertiges, ébriété, hébétude, état confusionnel).

L'intoxication due à l'exposition par inhalation au cyanogène induit :

- Des irritations nasales
- Des irritations oculaires.

Si l'intoxication est par voie orale, les dérivés du cyanure entraînent :

- Des troubles respiratoires comme la tachypnée et la dyspnée ;
- Des maladies neurologiques pouvant aller jusqu'au coma ;
- Une acidose métabolique.

Les caractéristiques et le comportement des produits chimiques dangereux dans l'activité d'orpaillage sont aussi liées au mode d'utilisation et à la perception que les utilisateurs ont de la dangerosité de ses substances.

6. Perception des orpailleurs

Elle représente la façon avec laquelle les différents acteurs perçoivent l'activité d'orpaillage et toutes les techniques qui l'entourent allant de la prospection jusqu'à la métallurgie qui produira le lingot (GARVIN, et al., 2009). Il s'agit de faire ressortir la compréhension des orpailleurs face au danger qui les guette et de comprendre leur mode de protection.

La perception des orpailleurs représente donc la manière avec laquelle, les exploitants appréhendent les risques liés à leur activité sur :

- leur propre santé du fait de l'utilisation et du contact répété des produits chimiques sous diverses formes (solide, gaz et liquide) ce qui représente l'écophysiologie ;
- la santé de la population (démécologie) du fait de la propagation de ses produits chimiques et de leurs dérivés ;
- la perturbation de l'équilibre écosystémique du fait de l'interaction entre les produits chimiques ou leurs dérivés avec les composantes de l'environnement (synécologie).

Aussi, il faut déterminer comment les orpailleurs comprennent la notion de pollution de l'environnement par les autres types de déchets solide ou liquide qu'ils abandonnent sur les

sites ou même souvent directement dans les trous abandonnés.

Ce parcours bibliographique montre les conséquences néfastes liées à l'exploitation des mines. Il ressort globalement que l'exploitation des mines inflige des coûts sociaux et environnementaux très énormes aux localités abritant ces sites bien que les aspects bénéfiques ne soient pas négligeables. La mauvaise gouvernance a été, dans la grande partie des études, identifiée comme étant la source de ces faibles performances. Ces résultats renforcent notre inquiétude quant à l'identification du secteur minier comme véritable moteur du développement durable au Burkina Faso.

II. MATERIELS ET METHODES

1. Présentation de la zone d'étude

a. Localisation

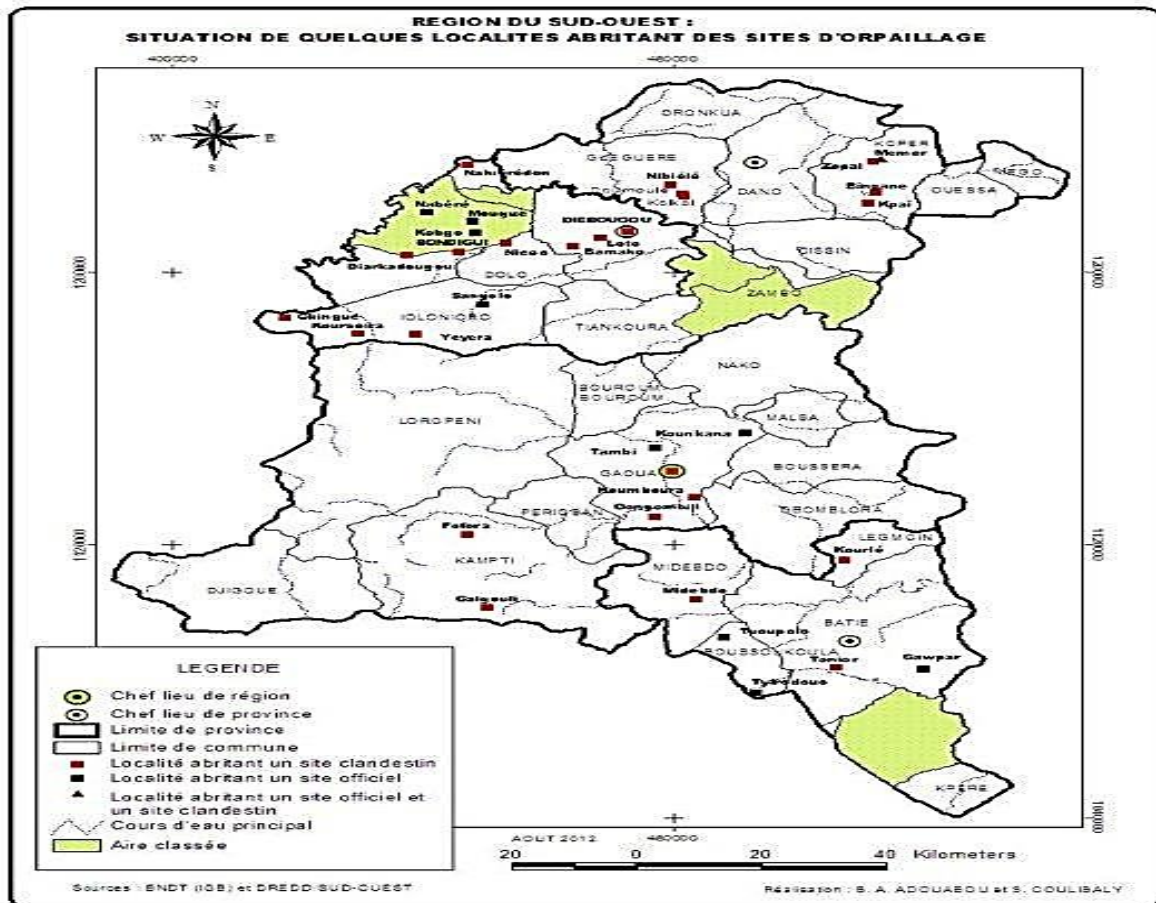


Figure 6: Localisation du site

La commune de Kampti est l'une des dix (10) commune qui composent la province du Poni, compris entre 9°50' et 10°15' de latitude Nord, et entre 3°10' et 3°40' de longitude Ouest. Elle est située au Sud-Ouest de Gaoua, chef-lieu de la province du Poni et de la région du Sud-Ouest. La commune rurale de Kampti est limitée à :

- l'Ouest par le département de Gjigoué ;
- l'Est par le département de Midebdo ;
- Nord-Est par la commune de Périgban ;
- Nord-Ouest par la commune rurale de Loropéni ;
- Sud par la république de Côte d'Ivoire.

D'une superficie de 1 381 Km², le département de Kampti représente 8,35% de la province du Poni et 0,28% de la superficie régionale.

b. Caractéristiques de la zone d'étude

○ Milieu physique

Le département de Kampti fait partie de la région du Sud-ouest qui regorge d'énormes potentialités en ressources naturelles fauniques, floristiques et minières. Il est reconnu de nos jours pour sa richesse en ressource minière. Il bénéficie d'un climat favorable et d'une végétation comparativement aux régions centrale et nordique du Burkina Faso.

○ La géologique, le relief et le climat

Le Burkina Faso dans son ensemble est une pénéplaine dont le relief est lié à la constitution géologique. Les formations géologiques sont exclusivement d'âge Paléoproterozoïque (2300-1600 Ma) et sont composées de roches volcanosédimentaires (ceinture Birimienne) et de l'ensemble tonalite-granite (antébirimien). Les volcanosédimentaires du système Birimienne sont constitués de roches volcaniques telles que les basaltes, les andésites et de roches intrusives comme les granodiorites, le gabbro et les granites. Quant aux formations du système antébirimien, elles sont constituées de migmatite, de métagabbro, de gneiss, etc. Les indices d'or sont décelés dans les formations Birimienne qui couvrent la majeure partie de la commune de Kampti. L'érosion a mis en relief dans l'ensemble du pays, les roches basiques qui forment un ensemble de collines surplombant la plaine de 200 m en moyenne. Le Sud-ouest du pays est une pénéplaine mollement ondulée, qui oscille entre 250 et 300 m d'altitude et dont le point culminant est le mont Koyo ou Nouéhé avec 592 m. Les principaux massifs sont situés au sud-est de Karangasso, dans la région de Gaoua, au sud de Kampti, au sud de Batié et autour de Kpéré. Dans le département de Kampti, les reliefs mous et discontinus sont marqués par des quartzites birimien et des filons de quartz. De plus les schistes ont été plus ou moins altérés et ravinés. Les nombreuses cuirasses latéritiques apportent un peu de variété par leur relief tabulaire festonné de végétation. La zone d'étude dans la province du Poni, est sous le climat sud-soudanien, une composante du climat soudanien.

○ Les sols

Les sols du sud-ouest ainsi que du département sont diversifiés dans leurs constitutions taxonomiques. On rencontre trois principaux types dans le département de Kampti. Ce sont les sols sablonneux, les sols gravillonnaires et les sols argileux.

Les sols sablonneux sont les plus rependus dans le département. Ce sont des sols riches en silice et à tendance acide. Ils sont relativement pauvres et sont aptes à la culture du mil, du maïs et du manioc. Un apport d'engrais permet la culture du sorgho et du maïs. Ces sols

permettent un transfert des éléments traces métalliques comme le mercure, le cadmium, le nickel vers les plantes légumineuses surtout et les céréales comme le maïs. Ils sont faciles à creuser. Les constituants des produits chimiques utilisés dans le traitement de l'or peut faciliter la contamination des cultures en métaux lourds.

Les sols gravillonnaires sont peu rependus et se rencontrent surtout en zone de collines. Ils se prêtent à la culture du sorgho. Ces sols sont fertiles et caractérisés par leur possibilité de reboisement mais très difficiles à travailler. Ils sont difficiles à creuser et leur fonçage use facilement le matériel de creusage. Cette possibilité de reboisement doit être un facteur favorable pour le reboisement durant la saison des pluies.

Les sols argileux sont retrouvés particulièrement en zones de bas-fonds. Les sols argileux présentent deux variantes. Il s'agit des sols limono-argileux (limon en surface et argile en profondeur) et des sols sablo-argileux (sable en surface et argile en profondeur). Les sols limono-argileux sont aptes à la culture du maïs, du sorgho, de l'igname et de la patate. Les sols sablo-argileux quant à eux se prêtent à toutes les cultures. Sur ces types de sols sont pratiqué la culture du riz et le maraîchage. Ils résistent mieux à l'érosion.

○ L'hydrographie

Plusieurs cours d'eau traversent la région du Sud-ouest, dont le plus important (cours d'eau principale) est le Mouhoun qui représente une frontière naturelle avec l'Etat voisin du Ghana. Les autres cours d'eau (cours d'eau secondaire) sont le Bougouriba et le Poni. Les principaux cours d'eau tertiaires sont le Toumpo, le Kamba, le Iringo, le Baoulé, le Iripé et le Déko. Ce dernier est le cours d'eau qui quadrille notre zone d'étude (Galgouli) avant de se jeter dans le Poni qui est l'un des principaux affluents du Mouhoun.

Le Déko, a un écoulement de direction ouest-est, tandis que le Poni à une évolution dans le sens nord-est vers le sud-ouest. (IGB, 2013).

○ La végétation

La végétation du département est constituée de forêt galerie le long des cours d'eau, de savane arborée composée d'arbres de taille moyenne et de savane boisée guinéenne plus dense. Les essences rencontrées sont diversifiées et les plus dominantes sont *Parkia biglobosa* (Néré), *vitelaria paradoxa* (Karité), *Bombax constatum* (Kapokier), *acacia albida* (Cad). Le tapis herbacé est très fourni en saison pluvieuse, principalement par des espèces de la famille des andropogons. Avec l'apparition de l'orpaillage dans le département, des espaces sont

fréquemment dénudés de leur végétation. Le Néré (*Parkia biglobosa*) et le Karité (*Vitellaria paradoxa*).

- Les ressources minières

Dans la province du Poni, en plus des nombreux gîtes d'or en exploitation artisanale, de très importants gisements de cuivre ont été mis en évidence entre Malba, Boussera et Gbonblora. Suite à une campagne de 25 000 m de sondages par les géologues de Wentworth Gold Sarl, une estimation des ressources a été réalisée en février 2009 à Diénéméra (Malba) et à Gongondy (Bousséra). Les ressources probables sont estimées à 82 600 000 tonnes soit 0,40 % de cuivre et 0,40 g/t d'or soit un total de 330 400 tonnes de cuivre métal et plus de 33 tonnes d'or métal. Pour le moment, le cuivre-or de Malba et de Boussera est l'un des gisements les plus importants en Afrique de l'Ouest.

Seul l'or a été mis en évidence dans le département de Kampti. Il fait actuellement l'objet d'une exploitation artisanale. Sur les 19 sites d'orpaillage que comptait le Poni en mai 2009, Kampti en comptait 14 dont 9 officiels reconnus (Cadastre Minier). Sur ces sites, l'extraction des filons d'or est surtout assurée par des allochtones venus des différentes régions du pays et des étrangers venant des pays voisins. Quant à l'exploitation traditionnelle des alluvions, elle est sous la gouverne de la gent féminine.

- Milieu humain

Une migration ancienne et le développement de l'orpaillage ont favorisé la mise en place d'une population cosmopolite au sud-ouest du Burkina Faso.

Les orpailleurs constitués essentiellement d'étrangers constituent une part importante de cette communauté avec une activité très précaire qui les rend nomades d'où l'absence de données statistiques précises en relation avec cette activité sur l'ensemble du territoire et plus précisément à Galgouli. Les populations des sites d'or sont essentiellement constituées de Mossi, de Bissa, de Gourounsi et de Daffin (PDC 2008). On y rencontre aussi des ressortissants de certains pays voisins comme le Ghana, la Côte d'Ivoire, le Mali, la Guinée, etc. (SAWADOGO, 2011). Les orpailleurs du site de Galgouli ne sont pas organisés en coopérative mais plutôt en petits groupes d'extraction du minerai filonien. Ces groupes se constituent le plus souvent par affinité sous la direction d'un chef de puits. Ce dernier est sous la tutelle d'un propriétaire de puit qui finance les dépenses durant l'extraction de l'or.

c. L'orpaillage à Kampti

A Kampti nous avons deux modes d'exploitation, l'alluvionnaire et le filonien. L'orpaillage a toujours été une activité à Kampti et était l'affaire des femmes (sous forme alluvionnaire) jusqu'à ce que l'exploitation devienne plus intense et vienne au filonien dû à l'affluence des étrangers et l'implication des hommes chercheurs d'or. Le premier reste, depuis les temps anciens, l'œuvre des femmes autochtones et le second est généralement l'objet d'étrangers.

2. Collecte des informations

Du 14 au 19 mars 2014, une première mission de terrain a été réalisée dans la commune de Kampti dont le but est de prendre connaissance avec le site d'étude et de rencontrer les différents acteurs locaux. Des guides d'entretiens et une enquête sur les procédés d'extraction de l'or ont été réalisés.

a. Justification du choix de site

La commune abrite plus d'une dizaine de sites d'orpaillage dont quatre (04) importantes en pleine activité. Il s'agit des sites de Galgouli, de Niolka, de Bandadiara et de Fofora. Suite à des critères de sélection, parmi ces quatre sites, Galgouli et de Fofora se sont présentés comme ceux en adéquation avec les objectifs de collecte de données et d'information que nous nous sommes fixés.

Un tableau de critère et score a permis de donner des valeurs allant de 1,2 ou 3 traduisant respectivement le caractère défavorable, favorable ou très défavorable des différentes caractéristiques des sites en activités. Les scores ont été attribués après des visites de site par les membres de l'équipe de la mission (MK, HK, BM et KF).

En 2011, SAWADOGO dans le cadre de son projet de recherche a eu à travailler sur la même thématique pour le site de Fofora cela nous a donc conduit à réaliser notre étude sur celui de Galgouli pour mener notre étude.

Le tableau suivant consigne les différents scores attribués au cours de cette phase et la justification du choix de site.

Critères Site		Accessibilité au comptoir	Accessibilité aux puits	Qualité des référents	Infrastructures du site	Accessibilité cyanuration	Ouvertures des référents	Taille du site	Age du site	Structuration du site	Total score	Moy.
GALGOULI	MK	3	3	3	2	2	2	3	3	2	23	21
	HK	3	2	3	1	2	3	2	3	1	20	
	MB	3	3	3	2	1	3	2	2	1	20	
	FK	2	1	3	2	2	3	3	3	2	21	
NIOLKA	MK	2	2	1	1	1	2	2	2	2	15	13
	HK	2	1	1	1	1	1	2	2	1	12	
	MB	1	1	1	1	1	1	2	2	2	12	
	FK	1	1	1	2	1	1	1	2	3	13	
BANDADIA RA	MK	2	1	2	1	1	2	3	3	2	17	17,25
	HK	2	1	2	2	1	2	2	3	2	17	
	MB	2	1	2	2	1	1	3	3	2	17	
	FK	1	1	3	2	1	2	3	3	2	18	
FOFORA	MK	2	2	2	2	1	2	3	3	3	20	20,75
	HK	2	2	1	2	1	2	3	3	3	19	
	MB	3	2	2	2	1	2	3	3	3	21	
	FK	3	3	3	3	1	2	3	3	2	23	

Tableau 3: Critères de sélection de sit

Très défavorable	1
Favorable	2
Très favorable	3

b. Collectes des données

La seconde mission de terrain s'est déroulée du 14 au 21 mai 2014. Il a été question de collecter les données qui pourront permettre de déterminer la perception des orpailleurs et de déterminer le niveau de contamination des sols et des eaux de surfaces avoisinant le site de Galgouli.

○ Echantillonnage de la population

La population sur le site étant très mobile, il est extrêmement compliqué d'obtenir le nombre exact des différents acteurs. Les valeurs utilisées seront donc la moyenne des valeurs que nous donnerons certaines personnes ressources comme le coordinateur de site (représentant de la société détentrice du permis d'exploitation du site), Le maire de la commune, l'infirmier des CSPS les plus proches et des « patrons » ainsi que nos estimations sur le terrain à la suite à des phases de comptage physique.

L'estimation statistique permet de faire une généralisation des résultats à la population entière des résultats observés sur l'échantillon. Il faut que la taille n de l'échantillon soit supérieur à 50 et représentant une valeur supérieure ou égale à 10% de la population cible. Cette formule statistique probabiliste permet d'avoir une marge d'erreur dans l'estimation de la proportion inférieure à 5% pour un seuil de confiance de 95% (JALBY, 2014) Cela nous permettra de construire un échantillon tel que les observations pourront être généralisée à l'ensemble de la population. (LE MAUX, 2006).

Pour cette étape, nous utiliseront des guides d'entretien, des questionnaires et des enregistrements (audio et vidéo) et une série d'observation sur terrain pour la collecte des données.

○ Echantillonnage de sol et d'eau

L'objectif de cette phase est d'évaluer le degré de contamination des sols et des eaux (surfaces et souterraines) par le mercure (Hg) et le cyanure (CN) émanant de certaines phases de l'activité de d'orpaillage. Afin d'obtenir une estimation et les caractéristiques (forme, type, concentration moyenne) des polluants.

La méthode d'échantillonnage au jugé qui consiste à faire des prélèvements en fonction de la qualité de la réponse du lieu nous a permis de faire un dizaine d'échantillons.

Ils ont été réalisés tant bien que mal suivant le réseau hydrographique de la zone d'étude et

l'occupation du site d'orpaillage. La figure suivante montre une esquisse de l'occupation du site d'orpaillage par les acteurs.

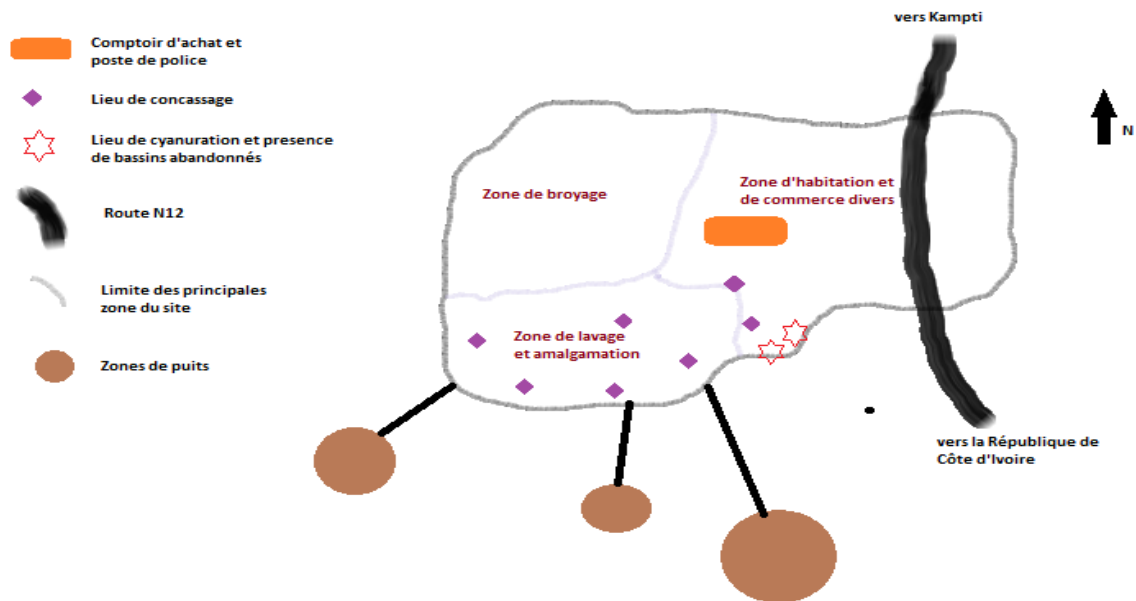


Figure 7: Occupation du site d'orpaillage

Les espaces sont quasiment tous occupés par les artisans en fonction des phases de l'orpaillage. Cette forme d'occupation structurée n'est pas la même sur tous les sites. Au nord du Burkina Faso, sur le site de Kayara étudié, nous avons une structuration plutôt anarchique. Les phases ne sont pas assez bien délimitées dans l'espace d'occupation du site (ROAMBA, 2014).

Ainsi cette bonne occupation du site d'étude nous a permis de faire les prélèvements consignés dans le tableau suivant :

Tableau 4: Echantillonnage de sol et d'eau prélevés

Type			Nombre	Contenant	Conservateur	ER
Sol	CN	Total	5	S.PE	Aucun	Cyanure Total
		Libre	5	S.PE	Aucun	Cyanure Libre
	Hg		6	S.PE	Aucun	Mercure
Eau	CN	Total	8	B.PP	NaOH	Cyanure Total
		Libre	8	B.PP	NaOH	Cyanure Libre
	Hg		7	B.PP	HCN	Mercure

Un nombre total de trente-neuf (39) prélèvements a été réalisé au cours de cette phase. Mais une fois enlevé de leur milieu naturel, les échantillons peuvent être altérés. Pour éviter cela

nous avons assuré l'exclusion de la lumière, de l'air et la chaleur pour préserver l'intégrité des échantillons de sol. Pour les échantillons aqueux, nous avons eu recours à des actions plus concertées. Échantillons potentiellement contaminés au Hg et au CN sont dosés sur le terrain juste après leur prélèvements avec respectivement de l'acide sulfurique (H_2SO_4) et des pastilles de soude (NaOH). Le tableau suivant montre la quantité de conservateur utilisé pour le type d'échantillon :

Tableau 5: Condition de conservation des échantillons

Type	Qté	ER	Conservateur	Température de conservation
Sol	1 Kg	CNF	Aucun	6°C
		CNT		
		Hg		
Aqueux	1 L	CNF	NaOH (2 pastilles)	
		CNT		
		Hg	H ₂ SO ₄ (2 à 3 gouttes)	

Les analyses physico-chimiques qui seront réalisées sur eux permettront de déterminer les différentes concentrations en cyanure et mercure afin d'avoir une idée plus précise sur l'état de contamination global du site.

3. Traitement et analyse des données

Après la collecte des données (échantillon et fiches) il s'agit maintenant de les exploiter pour en tirer les informations qui nous permettront de vérifier la présence ou non et le niveau de la contamination. Pour cela les échantillons sont envoyés dans des laboratoires différents en fonction de la contamination recherchée (cyanure libre, cyanure total et mercure). Le tableau suivant montre la répartition des prélèvements en fonction des laboratoires d'analyse :

Tableau 6: Laboratoires d'analyses

Laboratoire	Type d'éch.	Qté d'éch.	ER	Méthode d'analyse
H2O	Liquide	16	Cyanure Libre et Total	Spectrophotométrie
SGS	Solide	10		
BIMUGEB	Liquide et solide	16	Mercure	Spectrophotométrie

Les résultats des fiches d'enquêtes ont été traité avec les applications comme word, excel et le google formulaire pour pouvoir mettre en évidence les différentes relations entre les types de réponses des enquêtés.

Ses différentes méthodes devront permettre de mettre en évidence l'état de contamination du site et la perception des artisans qui sont les principaux acteurs de l'activité d'orpaillage.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Structuration de l'activité d'orpaillage à Galgouli

Malgré l'anarchie apparente, le site d'orpaillage ce site est un modèle de hiérarchie très bien structurée et respectée par les différents acteurs avec un coordinateur représentant la plus haute autorité sur site. La figure suivante montre clairement l'ensemble des acteurs présents et leur niveau d'influence sur l'ensemble de la chaîne

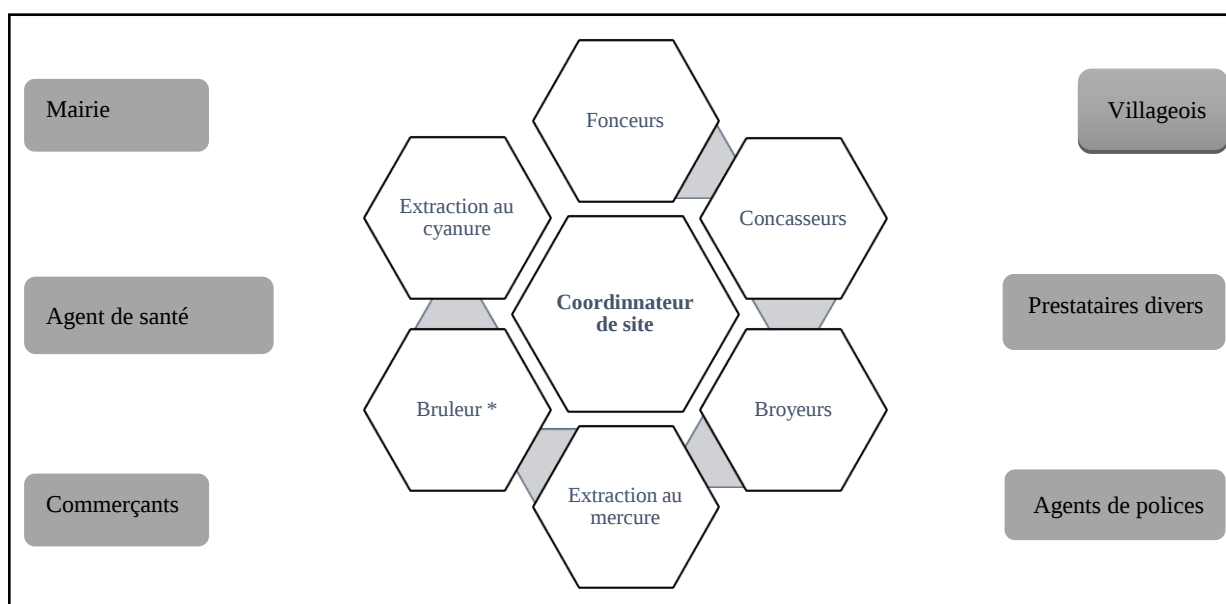


Figure 8: Hiérarchie sur le site

Deux grands ensembles constitués d'acteurs directs et indirects se dégagent de cette organisation d'orpaillage. La matrice de cette organisation est donc principalement soutenue par plusieurs secteurs qu'on pourrait considérés comme supports car ils contribuent à la bonne réalisation de l'ensemble du processus sans pour autant empêcher le fonctionnement de celui-ci en cas d'absence. Tandis que si un élément de la matrice centrale est occulté il aurait de forte chance que tout le processus en soit impacté ce qui peut conduire à l'arrêt de la chaîne

2. Mode et spécificité de l'orpaillage à Galgouli

Nous y retrouvons l'exploitation filonienne et alluvionnaire. Le second est une activité laissée au genre féminin et est très faiblement présent sur le site. L'exploitation filonienne est la principale forme de recherche du minerai aurifère et se déroule en plusieurs étapes suivant scrupuleusement les phases suivantes :

a. La prospection

Chasse gardée des anciens et d'initiés, la recherche du gîte ou du gisement est essentiellement une activité basée sur des méthodes artisanale par tâtonnement. Dans la pratique, les prospecteurs recherchent des éléments indicateurs qui ont des affinités avec l'or. Il s'agit de certaines plantes (*Diaptyros mespiliformis* et *Banhinia reticulata*) ou de trace d'autres minéraux (Pyrite) qui indique la probable présence de minerai aurifère sans pour autant avoir des informations sur la teneur. Elle se déroule généralement en saison de pluie quand le sol est lessivé par les eaux de ruissèlement. Pour cela, les prospecteurs se déplacent avec des pioches, des pelles qui servent à creuser et à déblayer sans oublier le pilon et le mortier qui serviront au test de teneur.



Figure 9: Mortier et pilon pour la réalisation des tests de teneur

Une fois le test de teneur validé, les fonceurs investissent les lieux pour commencer à créer des puits et des galeries afin d'exploiter la ressource mise en évidence suivant l'orientation du filon.

b. Le fonçage

Une fois la concentration jugée économiquement viable, les propriétaires de puits investissent plusieurs millions dans la réalisation des puits et dans la gestion des ressources humaines afin d'atteindre le minerai recherché (cailloux ou roche mère). Il prend en charge les dépenses nécessaires au bon déroulement du travail.

A cette phase, l'incertitude et la force physique sont des paramètres très importants. La figure suivante nous montrera un puits en activité et donne un aperçu des conditions de travail des fonceurs.



Figure 10: Un puits en activité « Hong Kong »

Les outils utilisés pour débiter le fonçage sont la pioche et la pelle servant respectivement à creuser et à déblayer le stérile. A une certaine profondeur, la corde est attachée à un piquet de tronc d'arbre à l'extérieur. Cette corde aide à la descente et à la montée des travailleurs ainsi qu'à la communication avec le monde externe. Elle sert également à faire monter le minerai contenu dans des sacs en plastique ou des bidons de 20 litres perforés à cet effet. Le filon riche en or peut être découvert à la surface du sol et la profondeur maximale des puits varie entre 12 mètre dans les vallons et plus de 50 mètre en montagne. La région étant une zone bien arrosée, à moins de 6 m de profondeur dans les vallons, les travailleurs atteignent la nappe phréatique dont l'exhaure est assurée par des motopompes à essence. Les roches y sont généralement tendres, fragiles et encore plus en saison pluvieuse. Par contre, sur les montagnes les roches sont plus dures, rendant le travail plus difficile. La dynamite de son appellation anglaise « far away », y est utilisée afin de démanteler les roches dures. Elle est placée par un spécialiste appelé le « tapeur ».

Pour remédier à la fragilité des parois des puits, les orpailleurs ont développé des techniques de sécurité telles que le système en escalier et le soutènement. Le système en escalier consiste à transformer un ensemble de puits en un seul à grand diamètre avec des parois à grandes

marches d'escaliers. Le soutènement est fait de façon anarchique avec des troncs d'arbres et des câbles de fil de fer. Les câbles servent à attacher les troncs d'arbres entre eux de façon plus ou moins parallèle à des distances à peu près régulières. Cela permet un suivi de l'inclinaison des parois des puits en cas de déformation des câbles. Cette technique permet aux ouvriers d'éviter des accidents d'éboulement, de détachement des troncs d'arbres ou d'inclinaison des parois des puits. Le soutènement des puits est fait par des spécialistes appelés couramment les « caleurs ». La régulation de la température au fond de puit est assurée par un système de ventilation assez ingénieux composé d'un ventilateur et d'un circuit de conduite de l'air qui est généralement une bâche en plastique comme le montre la figure suivante :



Figure 11: Système de ventilation des puits

Le ventilateur alimenté par l'électricité produite avec le moteur de la motopompe brasse de l'air qui est ensuite drainé par une bâche en fond de puits ce qui permet aux fonceurs de bénéficier d'oxygène et d'une température agréable pendant leurs travaux.

Le minerai aurifère obtenu du fonçage est partagé entre les ouvriers et le chef de puits dans des sacs de 50 Kilogrammes. La moitié des sacs de minerai revient au chef de puits et l'autre moitié est partagée entre les ouvriers. Les sacs sont ensuite dirigés vers le site de concassage.

c. Le concassage

A cette phase l'objectif est de réduire la taille des grands morceaux de roche de diamètre compris entre 10 et 30 cm à des tailles de 0,5 à 3 cm. Cette activité est réalisée essentiellement

avec la force physique, un marteau de grande taille, une grande roche de granite servant d'enclumes et d'un nœud de sac qui serre à la fois de protège pour les yeux et les doigts du concasseur et d'outil permettant d'éviter l'éparpillement des morceaux de minerai.

Un sac de 50 kg est concassé à 1500 franc CFA. Cette activité est pratiquée par des enfants, des jeunes, des femmes et aussi par les ouvriers qui n'ont pas les moyens de se payer les services d'un concasseur. Certaines femmes qui habitent dans le site concassent également leur minerai qu'elles ramassent aux bords des puits abandonnés.

Certains concasseurs sont des élèves qui le font les jours libres pour avoir un peu d'argent de poche et améliorer leurs conditions de vie comme le montre la figure suivante.



Figure 12: Opération de concassage réalisé par des élèves

Les élèves sur cette figure sont surveillés pendant le concassage par le fils du propriétaire des minerais. Ce dernier étudie ses leçons pendant qu'ils surveillent ses amis.

Après le concassage, le minerai est conditionné dans des sacs de 50 Kilogrammes avant d'être conduit vers le site de broyage où il subira d'autres processus physiques.

d. Broyage

Cette phase de l'exploitation est le lieu où le minerai concassé sera transformé en poudre. Le minerai déjà concassé est moulu à trois (3) reprises afin d'obtenir de fines particules, à raison de 7500 francs CFA le sac de 50 Kilogrammes.

Divers éléments rentrent dans l'accomplissement de cette phase, il s'agit de disque de broyage, d'un moulin à gas-oil et d'eau. Dans chaque moulin il y a en moyenne deux

personnes et pendant nos phases de comptage in-situ, près de 62 moulins étaient en activité. Ce nombre est en hausse par rapport aux années antérieures et peut varier du jour au lendemain avec la découverte de nouveaux filons. Quelques vendeurs d'hydrocarbure, en particulier du gas-oil, sont également installés sur cette aire.

La figure suivante présente un moulin en activité et les conditions de travail des broyeurs.



Figure 13: Moulin en activité

Il faut en moyenne 3 sacs de 50 Kilogrammes de pierre pour avoir 1 sac de 50 Kilogrammes de poudre. Après les 3 étapes de broyage, les poudres sont récupérées et conditionnées en sac de 50 Kilogrammes très bien scellé avant de passer à la phase de lavage.

e. Lavage et concentration de l'or

La poudre obtenue est malaxée avec de l'eau et du détergent pour obtenir une boue. Le détergent a pour but d'éliminer toutes les traces d'huile qui aurait pu contaminer la poudre pendant le broyage. Il faut en moyenne 3 sachets de détergent et $\frac{1}{4}$ barrique (≈ 50 L) d'eau pour 50 Kg de poudre de minerai pour permettre cette élimination.

Le lavage de cette boue obtenue se fait avec $\frac{1}{2}$ barrique (≈ 100 L pour 50 Kg de boue) sur un sluice où est tapissé un tissu en coton qui piège les éléments lourds par gravimétrie. A l'aide d'un petit plat, la boue obtenue est déposée sur la partie supérieure du sluice. Une quantité d'eau y est versée progressivement et la pâte est frottée avec un morceau de sac ou à la main. La matière légère est entraînée vers le bas dans une fosse qui fait office de réserve car son contenu est progressivement entassé en face des hangars. Le minerai entassé est soit vendu pour le second lavage soit vendu à d'autres personnes qui le traitent avec le cyanure en

périphérique du site.

Le sluice est un long morceau en bois (lavage primaire) ou en fer (lavage secondaire) large d'environ de 0,3 à 0,5 mètre avec une longueur comprise entre 2 et 3 mètres. La partie supérieure est placée sur une barrique de sorte à obtenir une inclinaison qui facilitera l'écoulement de l'eau et des particules légères. Une serviette tapisse le fond du sluice pour piéger les pépites d'or et tous les autres métaux lourds présent dans la boue lessivée par l'artisan.

La figure suivante présente une opération de lavage de boue de minerai sur un sluice :



Figure 14: Opération de lavage des boues de minerai sur un sluice

La concentration est faite par les propriétaires du minerai ou par des professionnels (souvent des femmes) qui lavent un sac de 50 kg à environ 1000 FCFA. Une fois le lessivage (lavage primaire) sur sluice terminé, une boue de moins de 1 kilogramme avec une forte concentration en éléments aurifère et divers éléments lourds est récupérée et la technique de la bâté est alors utilisée pour faciliter la centrifugation des particules recherchés. Cette technique consiste à faire tourner la boue dans un récipient en forme de « calebasse » en prenant de faible quantité d'eau au fur et à mesure qu'on fait tourner. A la fin de ce processus on obtient un concentré de divers métaux lourds (Fe, Au, Pb, Hg, etc.) en fond de récipient.

A ce concentré on ajoute quelques gouttes de mercure (Hg) avant de passer à la phase d'amalgamation. A cette phase le laveur va frotter à main nue le mélange mercure-concentré jusqu'à ce que les particules d'or et de mercure forme des conglomérats grisâtes. La figure suivante montre ce processus et l'état de la main du laveur.



Figure 15: Résultat du processus de l'amalgamation

Le mélange or-mercure est ensuite pressé dans un tissu en coton pour le débarrasser de l'eau qu'il contient. La boule blanchâtre obtenue est prête à passer à la phase de brulage sous les flammes du chalumeau. La figure suivante montre les équipements du brulage :



Figure 16: Chalumeau et lieu de brulage de l'amalgame

A cette sous étape du lavage, l'amalgame or-mercure obtenu est chauffé avec un chalumeau sur une bouteille de gaz vide afin de supprimer le mercure par évaporation et disposer de l'or pour la pesée.

Le reste des boues de ce premier lavage est soit envoyé aux artisans qui font de la récupération aurifère par cyanuration soit à un lavage secondaire

Au niveau du second lavage, la boue provenant du lavage primaire est lavé par les exploitants organisés en groupes au bord des puits d'orpaillage abandonnés. Ce minerai est concentré à deux reprises afin de récupérer les éléments fins. Lors de la première concentration, un tamis ou un plat perforé est utilisé pour retenir les éléments grossiers tels que les cailloux, les morceaux de bois, etc. Les concentrés obtenus sont séchés, additionnés de mercure puis

moulus. Une dernière concentration est faite après la mouture (re-broyage). Le minerai obtenu est ensuite pané pour récupérer l'amalgame or-mercure. Ainsi, les concentrés des haldes et des rejets de minerai filonien sont additionnés à du mercure puis moulus avant d'être concentrés et panés à nouveau pour en retirer l'amalgame.

Pour ses deux modes de lavage, l'amalgame, sous forme de boule blanchâtre, récupéré est pressé avec un tissu ou aspiré par le laveur pour le débarrasser de son eau avant de passer à la phase de brulage. Le brulage est fait dans le comptoir d'achat par les acheteurs d'or. Il est généralement suivi de la commercialisation. L'achat est assuré par deux (2) acheteurs de la société privée détentrice du permis. Cet or est généralement vendu en poudre et dans une moindre mesure, amalgamé avec du mercure. Les rejets de minerai obtenus des multiples lavages du minerai sont récupérés par des ceux qui utilisent la méthode de cyanuration comme moyen de récupération de l'or.

f. La cyanuration

C'est un processus qui consiste à obtenir la séparation de l'or par l'immersion du minerai dans un bain de cyanure alcalin. C'est la dernière étape de la récupération de l'or sur le site. Les produits chimiques utilisés sont le cyanure, les acides sulfuriques et nitriques. Elle permet une récupération complète de la poudre d'or contenu dans les minerais les plus pauvres tels que les rejets de concentration des haldes et du minerai filonien. Le rejet est transporté sur les lieux par une traction asine. La cyanuration est effectuées dans des bassins rectangulaires appartenant à des privés dont le fond et les parois sont partiellement cimentés et/ou tapissés d'une bâche. La figure suivante montre un bassin de cyanuration en préparation avec des pastilles de cyanure :



Figure 17: Bassin de cyanuration en préparation

Sur le minerai, est déversée une solution de cyanure dosée (1Kg de pastille par bassin / 3 jours) qui va déclencher un mécanisme chimique. Le cyanure va dissoudre et récolter toute les particules d'or contenues dans le minerai. Le liquide cyanure-or est ensuite dirigé par de petits orifices qui le conduit vers un autre bassin plus petit et profond par gravité. Le liquide se retrouve à la fin de son parcours dans un tuyau en forme de coude contenant des feuilles de zinc. L'or est capté par le zinc et le liquide devient un concentré de cyanure appauvri en substance aurifère. Ce liquide est de temps en temps récupéré par les travailleurs avec un puisard et déversé dans le bassin central contenant le minerai. Le zinc enrichi d'or est récupéré du bassin et mis dans des récipients en aluminium. Sur ce zinc enrichi est versée une solution d'acide sulfurique. L'acide sulfurique réagit avec le zinc et l'or est libéré dans une solution. Le zinc ainsi récupéré est réutilisé pour capter l'or. La solution contenant l'or est mis au repos. Après décantation, une solution violacée est obtenue sur laquelle est versée de l'acide nitrique. L'addition de l'acide nitrique dégage de l'acide cyanhydrique (mortel) et un gaz très toxique.

L'acide sulfurique contenu dans le concentré d'or en combinaison avec l'acide nitrique forment l'ion nitronium employé dans l'industrie pour la fabrication de nombreux explosifs. La figure suivante réalisée par F.A.Cotton and G.Wilkinson en 1998 présente le processus de formation de ce composé instable.

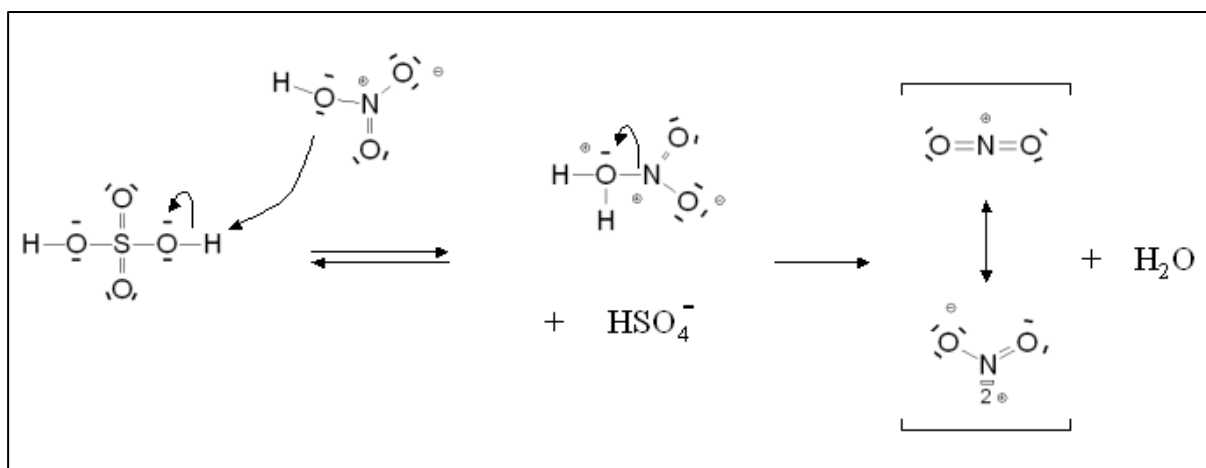


Figure 18: Mécanisme de formation de l'ion nitronium.

Les orpailleurs se protègent de ce gaz avec un morceau de tissu qu'ils utilisent comme cache-nez. Le concentré obtenu après addition de l'acide nitrique est filtré sur des tissus à l'air libre. Le résultat du filtrage est traité par la société Burkina Or Métal à Gaoua où l'achat est fait sur place. La figure suivante présente une série de bassin de cyanuration abandonnée après trois (3) années d'exploitation.



Figure 19: Site de cyanuration abandonné

La négligence avec laquelle ce site a été abandonné montre combien de fois les animaux et les enfants peuvent être contaminés par le cyanure et/ou ses produits dérivés. Le minerai épuisé, après la cyanuration est enlevé des bassins puis rejeté dans la nature sans traitement ou précaution préalable. La photographie aérienne suivante donne une vue précise de l'étendue du phénomène des bassins de cyanuration abandonné ou en exploitation sur le site de Galgouli :

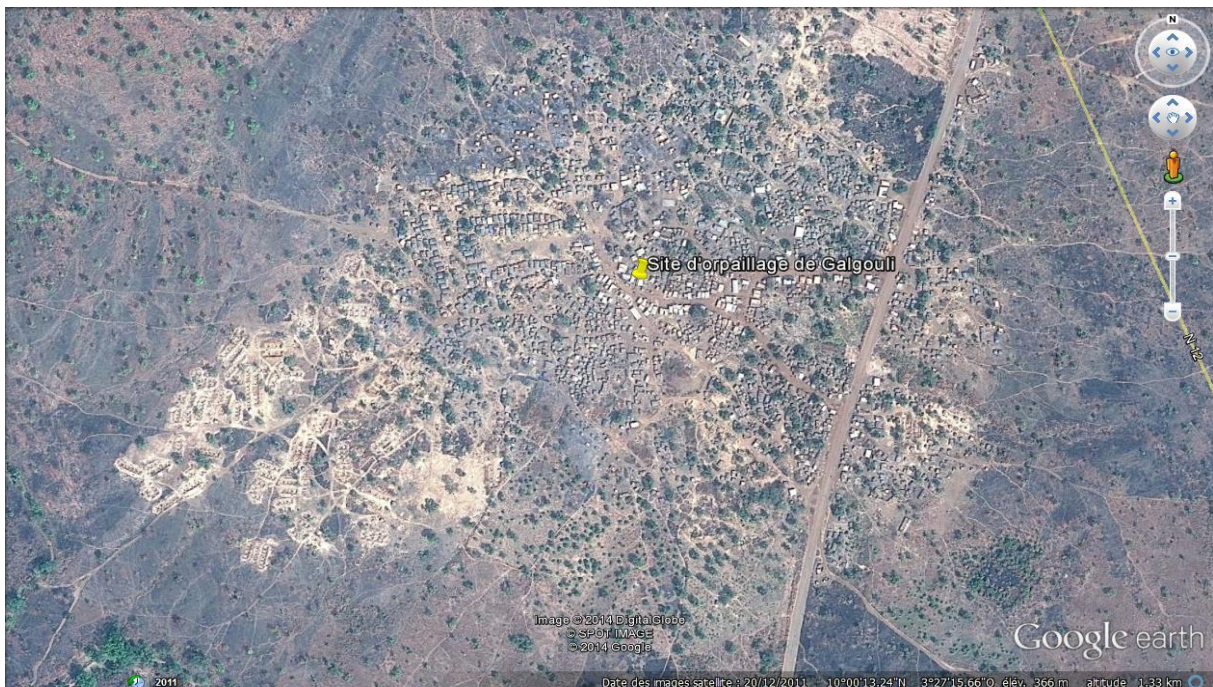


Figure 20: Photographie aérienne montrant l'ampleur de la cyanuration

L'occupation sud-ouest du site est fortement présente une forte présence des bassins de cyanuration dont la plus grande partie est en activité.

Après ces différentes étapes, l'or extrait du lavage et celui issu de la cyanuration sont rachetés par la compagnie propriétaire du permis d'exploitation puis acheminés dans la commune de Gaoua où ils sont fondus et transformés en lingot d'or. Toutes les étapes de l'exploitation artisanale de l'or à Galgouli sont assurées par des artisans qui exercent le plus souvent sans aucun équipement de protection individuelle (EPI) comme les gans, casques, cache-nez ou autres tenue de protection adéquat. Cette absence de protection expose les acteurs à des contaminations aux divers produits (déchets) sortant du processus d'orpaillage.

L'exploitation artisanale de l'or consomme une quantité impressionnante de produits en intrant comme l'eau, les produits chimiques (Hg et CN) et des piles pour ensuite rejeter une très grande quantité de produits et sous-produits de ses intrants car qui ne sont plus présent dans le produits final qui est la pépite d'or.

3. Estimation des quantités de matière

L'orpaillage, comme toute activité industrielle utilise énormément de ressources pour la réalisation du produit fini (lingot d'or). Le site de Galgouli qui a fait l'objet de nos missions a permis de recenser et estimer les différents éléments entrant et sortant de chaque phase du processus d'orpaillage. La figure suivante présente l'ensemble des flux recensé sur le site :

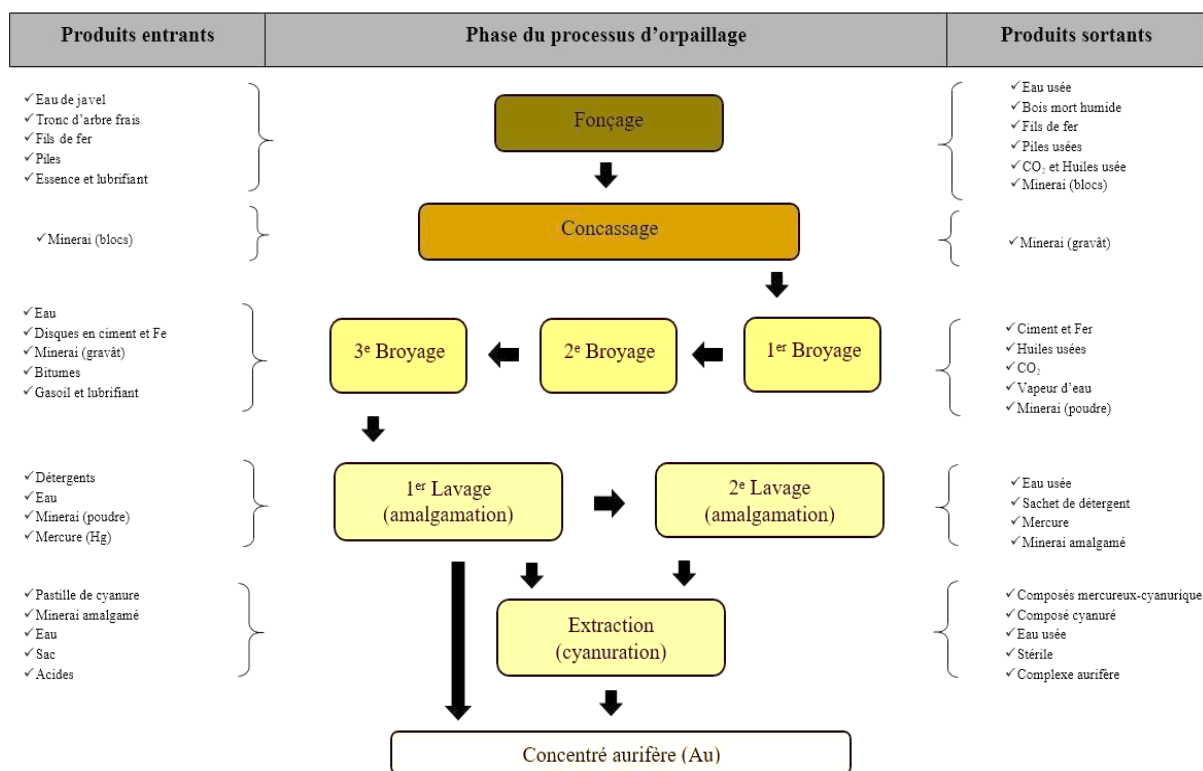


Figure 21: Représentation des flux de matière de l'ensemble du processus

Les éléments sortant des phases de l'exploitation artisanale de l'or peuvent produire des déchets de diverses espèces pouvant avoir des impacts négatifs irréversibles sur l'homme et sur l'environnement. Cette contamination du milieu récepteur dépend intimement de la concentration du polluant, les différents tableaux suivants présentent les quantités moyennes de produits entrant de chaque étape :

Tableau 7: Quantification des flux à la phase de fonçage par puits

Eléments du fonçage	Valeur
Profondeur moyen des puits	65 m
Torche par fonceur	1
Pile / jour / fonceur	2
Jour de travail par semaine	6,5
Temps de travail par jour	17 h
Litre d'eau de javel par semaine	1
Litre de gasoil par jour	20
Litre de lubrifiant par jour	1

Nous avons recensé une vingtaine de puits dont douze (12) en activités avec une durée de vie moyenne de deux (2) années exploité par quatre-vingt-seize (96) fonceurs. Ils rejettent les piles utilisées pour le fonctionnement des torches (outils indispensables pour l'éclairage en fond de puits), des dérivés chlorés (produits par l'eau de javel usée), des huiles usés et divers déchets (reste de vêtement usé, chaussure, etc.) qui sont directement rejeté dans le milieu naturelle ou dans les puits qui ne sont plus en exploitation.

Une fois la phase du fonçage terminée, celle de concassage qui suit ne nécessite pas de produits chimiques pour son fonctionnement. La force musculaire des artisans est mise à rude épreuve pour l'utilisation des marteaux, des enclumes et un nœud en en sac qui servent à réduire la taille des blocs rocheux. Il y a une production de poussière rocheuse pouvant affecter la santé des acteurs comme le montre la figure suivante :



Figure 22: Artisan en activité de concassage

Une fois le concassage terminé, la phase de broyage va permettre de transformer les graviers aurifères en poudre par un ensemble de procédure physique nécessitant l'utilisation de force motrice et de divers produits hydrocarburés. Le bilan des éléments entrant et sortant de cette phase sont renseigné dans le tableau suivant :

Tableau 8: Quantification des flux de la phase de broyage par machine

Éléments du broyage	Valeur
Nombre de sac de 50 Kg par jour	8
Litre de lubrifiant par jour	2 L
Litre de gasoil par jour	13,5 L
Jours de travail par semaine	6
Temps de travail par jour	10,5 h

Le comptage direct sur le terrain a permis de recenser quatre-vingt-deux (82) broyeuses dont soixante-deux (62) fonctionnelles. A cette phase, les hydrocarbures (huiles, lubrifiants et bitume) et les disques de broyage (constitués de ciment et de fer) constituent les sources d'émission de polluant. Les bidons et les outils de transport, de stockage ou d'utilisation des hydrocarbures se retrouve directement dans le milieu naturel. La manipulation de ses produits sans aucune protection physique (gan, cache nez et combinaison adéquate) expose gravement la santé des acteurs en plus de la forte dégradation de la qualité de l'air ambiant du faite de la

forte production de gaz des échappements des machines.

Après le broyage, la phase de lavage est le lieu d'utilisation de procédé physique et de produit chimique pour capter une partie de l'or présent dans le minerai. Le tableau suivant liste les éléments entrants et sortants de cette phase :

Tableau 9: Quantification des flux de la phase de lavage

Eléments du lavage	Valeur
III. Opérationnel	IV. 100
V. Quantité de boue par jour	VI. 100 Kg
VII. Quantité de détergent par jour (sachet = 25g)	VIII. 150 g
Jour de travail par semaine	6 jr
Temps de travail par jour	8 h
Quantité de mercure par semaine (boule = 15g)	45 g

A cette phase, il a été recensé plus de 150 hangars de lavage dont 100 en fonctionnement sur l'ensemble du site. Pour obtenir un sac de 50 Kg de poudre aurifère il faut entre 2 ou 3 sacs de roche qui seront malaxé avec 6 sachets de 25 g de détergent (SABA du faite de sa forte capacité à faire des mousses) et 10 litres d'eau. Il faut ensuite 100 litres d'eau (1/2 barrique) pour laver 50 Kg de boue. Quelques gouttes de mercure sont ensuite utilisées pour capter les particules d'or par amalgamation (frottage manuel). Le mercure et les détergents sont les principaux produits utilisés qui créent ou peuvent créer des pollutions pouvant impacter l'environnement et la santé. En effet l'amalgamation se fait par frottage manuel sans aucune protection ce qui entraine une inhibition des connexions nerveuses des doigts de la main. La peau de la main est fragilisée et exposé aux infections à cause de sa longue exposition au chlore présent dans les détergents. Les poumons des acteurs sont victime d'une contamination au mercure inhalé lors de la phase du brulage qui se fait aussi sans protection. La nature va recevoir le reste du mercure qui va s'accumuler dans le sol et dans les cours d'eau, dans la micro et la macro flore aquatique, les poissons puis avec le temps atteindre les populations se nourrissant dans espèces vivantes dans les cours d'eau.

La cyanuration qui est la phase suivante est aussi une étape du processus où des produits

extrêmement dangereux sont utilisés, le tableau suivant nous donne une idée de leur quantité.

Tableau 10: Quantification des flux de la phase de cyanuration

Éléments de cyanuration	Valeur
Fonctionnels	8
Temps de séjour des boues	3
Quantité de boue par séjour	3 m ³
Quantité de cyanure par bassin	1 Kg
Durée de vie d'un bassin	3 ans
Barrique d'eau par bassin	4
Quantité de H ₂ SO ₄ par bassin	10 L
Quantité de HNO ₃ par bassin	2 L

Les chariots apportent des boues issues des différents lavages vers les bassins de cyanuration. Les caisses des chariots peuvent prendre jusqu'à 1 m³ de sable et un bassin peut contenir jusqu'à 3 m³ qui durant 3 jours vont être laissés dans une solution cyanurée. On verse d'abord la boue ou le sable aurifère, ensuite on ajoute 1 Kg de pastille de soude puis à ajoute 2 barriques d'eau pour assurer un bon mélange dans chaque bassin. En moyenne un site de cyanuration est constitué comme le présente la figure suivante :



Figure 23: Configuration d'un site de cyanuration

Après 3 années d'activité, les anciens bassins sont abandonnés au profit de nouveaux bassins. Mais pendant leur fonctionnement les bassins produisent des boues pleines de cyanure, des copeaux de zinc et des acides. Ses produits sont reconnus pour leur dangerosité et surtout le pouvoir létal du cyanure sur l'homme. Les acteurs qui manipulent le cyanure sont victimes d'absence de sensation au niveau de leur main et aussi de trouble du comportement. A une température supérieure à 30°C le cyanure dans l'environnement est naturellement éliminé mais il peut arriver que certaines molécules complexées résistent et se bio accumulent dans la chaîne trophique.

Les différentes valeurs moyennes des flux entrant et sortant de chaque phase confirment la présence et l'utilisation de cyanure et de mercure sur le site sans donner les teneurs qui permettraient d'apprécier leur concentration dans les principaux milieux récepteurs que sont l'eau et le sol. Le tableau suivant consigne les résultats obtenus à la suite des analyses des différents prélèvements d'eau de surface et de forage sur le terrain :

Tableau 11: Résultat des analyses des eaux de surface et de forage en CNT et CNF

Code	Résultat d'analyse		Normes OMS (mg.L)	Normes BF (mg.L)	Lieu de prélèvement	Coordonnées du prélèvement	
	CN libre (mg.L)	CN total (mg.L)				Latitude	Longitude
Ech 1	0,00	0,02	0,07	0,1	1 ^{er} point de la rivière en amont du site	10°0'33.46'' N	3°27'5.27'' O
Ech 2	0,01	0,02			2 ^e point de la rivière en amont du site	10° 0'28.86" N	3°27'5.04" O
Ech 3	0,00	0,02			3 ^e point de la rivière en amont du site	10° 0'26.17" N	3°26'58.57" O
Ech 4	0,00	0,02			1 ^{er} Eau de surface à l'aval du site	9°59'53.26" N	3°27'21.07" O
Ech 5	0,00	0,02			2 ^e Eau de surface à l'aval du site	9°59'43.54" N	3°27'16.46" O
Ech 6	0,00	0,02			3 ^e Eau de surface à l'aval du site	9°59'40.41" N	3°27'8.41" O
Ech 7	0,02	0,22			Eau de surface sur site	9°59'45.83" N	3°27'10.86" O
Ech 8	0,01	0,10			Eau de puit sur le site	10° 0'14.26" N	3°27'11.45" O
Ech 9	0,00	0,02			1 ^{er} point de zone de fonçage	9°59'46.27" N	3°27'38.41" O
Ech 10	0,01	0,01			2 ^e point zone de fonçage	10° 0'16.27" N	3°27'47.18" O
Ech 11	0,00	0,02			3 ^e point zone de fonçage	10° 0'41.72" N	3°28'22.28" O
Ech 12	0,00	0,02			4 ^e point zone de fonçage	10° 0'37.95" N	3°28'6.83" O
Ech 13	0,22	0,00			Bassin abandonné	10° 0'6.43" N	3°27'26.25" O
Ech 14	0,05	0,12			Bassin de cyanuration de 1 jour	10° 0'12.99" N	3°27'23.13" O
Ech 15	0,02	0,22			Bassin de cyanuration de 2 jours	10° 0'13.40" N	3°27'25.31" O
Ech 16	0,10	0,01			Eau de forage à l'aval du site	9°59'31.86" N	3°27'11.56" O

L'ensemble des échantillons des eaux de surface et souterraines prélevé sur le site a été analysé et les résultats de concentration obtenue ont été comparé avec les normes de l'OMS et celle de du Burkina Faso. Pour la suite de notre travail nous nous appuierons sur les normes du nationale. Nous avons dans ce sens deux (2) points de prélèvement qui présentent des résultats qui ont retenu notre attention. En effet, les eaux qui sont piégé dans les bassins abandonnés possèdent des concentrations deux fois plus élevé que la norme. Cela expose dangereusement la vie des animaux domestique (bétail et volaille) et la santé des personnes (orpailleurs et villageois) vivant près du site. Aussi le puits sur le site et le forage villageois situé en aval du site présente une concentration de 0,1 mg.L qui correspond au seuil de contamination. Si aucune mesure n'est prise dans un futur très proche, la santé des populations s'alimentant à ce forage risque d'être progressivement dégradée par des composés cyanurés. Car d'après la littérature la dose létale de cyanure se situe entre 0,5 et 3 mg par kg de masse corporelle.

La détermination des concentrations en mercure a été faite sur d'autres échantillons d'eau de surface et souterraines. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 12: Résultat analyse des sols

Code	Résultat analyse (µL.L)	Normes O-Q. (µL.L)	Normes H-P (µL.L)	Normes Agri. (µL.L)	Lieu de prélèvement	Coordonnées du prélèvement	
						Latitude	Longitude
Ech 1	17,0	0,8	15	50	Zone de lavage	10° 0'17.40"N	3°27'19.22"O
Ech 2	0,1	0,8	15	50	Zone de basfonds au sud du site	9°59'57.63"N	3°27'23.71"O
Ech 3	13,0	0,8	15	50	Zone de cyanuration	10° 0'12.98"N	3°27'23.15"O
Ech 4	13,1	0,8	15	50	Zone de brulage	10° 0'17.18"N	3°27'15.69"O
Ech 5	3,0	0,8	15	50	Zone de broyage	10° 0'18.85"N	3°27'16.64"O

L'État du Burkina Faso a arrêté plusieurs normes pour la réglementation des concentrations en mercure dans le sol en fonction des activités menées. On retrouve ainsi les normes agricoles (Agri.), les normes d'habitation et de parcs (H-P) et les normes d'objective qualité (O-Q). Sur note site seul les normes O-Q sont dépassées sur l'ensemble des points prélevés. Aussi la teneur du sol au niveau des points de lavage dépasse la norme H-P ce qui montre la dangerosité de résider à proximité de ce endroit. Les acteurs logent dans des maisons de fortune un peu partout sur le site avec des techniques et méthode de manipulation du mercure

sans protection physique particulière hors mis la protection divine. La santé des acteurs et des milieux récepteurs est très gravement exposé au risque de contamination. Le mercure a une capacité extraordinaire à se bio accumuler dans les différents maillons des chaines trophique avant de commencer à présenter ses premiers symptômes.

En saison hivernale, les cours les eaux de ruissèlements vont dans leur écoulement lessiver le sol et drainer les particules de Hg vers les endroits de basse altitude comme le basfonds agricole en aval de notre site et les cours d'eau. Le Deko qui est le cours d'eau qui quadrille notre site et certains points d'eau de forage et de surface ont fait l'objet de divers points de prélèvements qui ont été également analysé et les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 13: Résultat des analyses des eaux de surfaces et souterraines

Code	Résultat analyse (µL.L)	Normes DEU. (µL.L)	Lieu de prélèvement	Coordonnées du prélèvement	
				Latitude	Longitude
Ech 7	0,02	0,17	Eau de bassin de cyanuration	10° 0'12.98"N	3°27'23.15"O
Ech 8	0,32	0,17	Bassin de lavage et d'amalgamation	10° 0'17.40"N	3°27'19.22"O
Ech 9	0,00	0,17	Eau de puits sur le site	10° 0'14.26" N	3°27'11.45" O
Ech 11	0,00	0,17	Eau de surface 1 au nord du site	10° 0'26.17" N	3°26'58.57" O
Ech 12	0,00	0,17	Eau de surface 2 au sud du site	9°59'57.63"N	3°27'23.71"O
Ech 13	0,00	0,17	Eau de forage hors du site	9°59'31.86" N	3°27'11.56" O

La norme nationale de rejet des eaux usées est ignorée par les laveurs ce qui explique des concentrations très élevés dans leur rejets. Cela traduit aussi la très forte utilisation du mercure au niveau de cette phase de l'orpaillage. Une fois rejeté, les eaux usées vont contaminer le sol qui sera lessivé en saison des pluies. Le mercure sera ainsi drainé vers les basfonds et les cours d'eau qui encadre le site. Mais la plus grande menace des composés mercuriels résident en leur bioaccumulation dans la chaine trophique partant des zooplanctons au sommet de la pyramide où se trouvent les hommes. Même à faible quantité il présente une grande menace c'est pourquoi l'état burkinabé interdit le rejet direct du mercure et du cyanure dans l'environnement.

La santé des acteurs et de l'environnement est sérieusement menacée sur le site d'orpaillage de Galgouli car la présence de polluant chimique comme le mercure et le cyanure sont avérés. Mais une question se pose : quel est le niveau de compréhension du risque par les artisans ? Il s'agira dans la partie suivant de déterminer leur perception de la dangerosité des activités

qu'ils mènent et comment ils mettent en place les voies et moyens de protection contre ses risques.

4. Enquête auprès des acteurs

Nous avons une population en activité estimée à pres de 2.000 Habitants d'après les autorités municipales et le coordinateur de site mais les comptage effectué sur le terrain nous a permis de faire ressortir le nombre des acteurs directement liés à l'activité d'orpaillage sur notre site. La très bonne structuration du site nous a facilité cette tâche. Nous avons pu lister par comptage direct, quatre vingt-seize (96) fonceurs, soixante quinze (75) concasseurs, soixante deux (62) broyeurs, cent (100) laveurs amalgameurs, douze (12) raffineurs par cyanuration et un (1) coordinateur.

Cela nous donne un totale de trois cent quarante six (346) acteurs directs sur sites. D'après la littérature, la population à enquêter doit avoi une représentativité comprise entre 5 et 10% de la population totale. L'activité d'orpaillage etant contituée d'acteurs spécifique par phase, nous avons considéré 10% des populations par phase comme cible à enquêter, soit :

- Fonceur : $96 \times 0,1 = 9,6 \cong 10 \text{ personnes}$
- Concasseurs : $75 \times 0,1 = 7,5 \cong 8 \text{ personnes}$
- Broyeurs : $62 \times 0,1 = 6,2 \cong 7 \text{ personnes}$
- Laveur amalgameur : $100 \times 0,1 = 10 \text{ personnes}$
- Laveur cyanuration : $12 \times 0,1 = 1,2 \cong 2 \text{ personnes}$

A cette liste constituée de 37 personnes, d'autre acteurs (coordinateur, infirmier, le maire, le commissaire, des commerçant et des villageois) ont été également interrogé car leur corps de métiers sont intimement attachés à l'activité des artisans. En définitif nous avons une liste de élargie de cinquante un (51) personnes qui ont été enquêté sur le site.

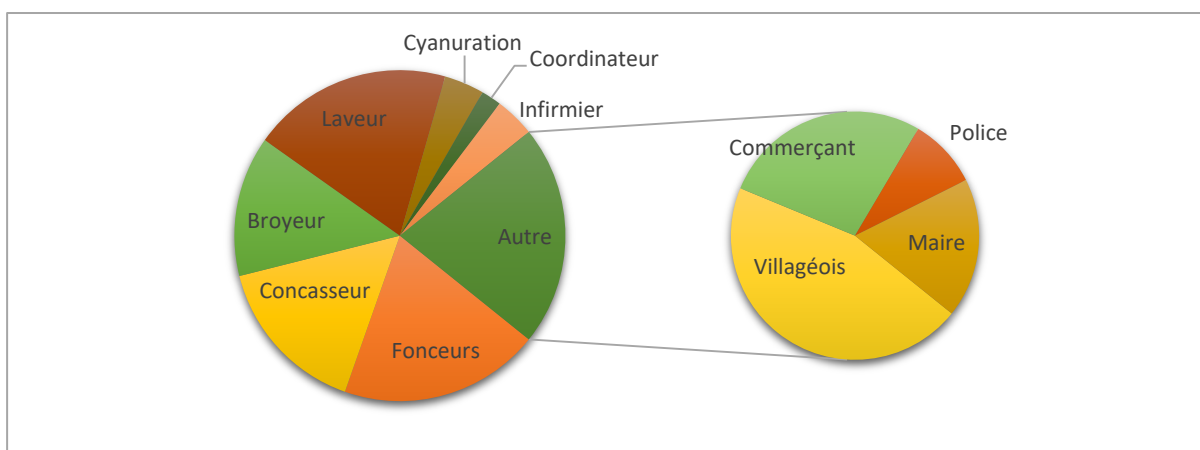


Figure 24: Représentation de la part de chaque groupe enquêté

Les personnes que nous avons listé représentent celles en même de nous donner les informations dont nous avons besoin pour la réalisation de nos travaux. Les différents échanges ont été réalisés suivant la chaîne de l'orpaillage en commençant par les fonceurs pour finir au niveau des raffineurs avant d'interroger les autres acteurs liés à l'activité tout entière.

a. Les fonceurs

Notre échantillon de dix (10) personnes nous a permis de collecter le maximum d'information extrapolable à la population total de 100 orpailleurs. Les graphes suivants nous renseignent sur les informations récoltés avec les fiches d'enquêtes :

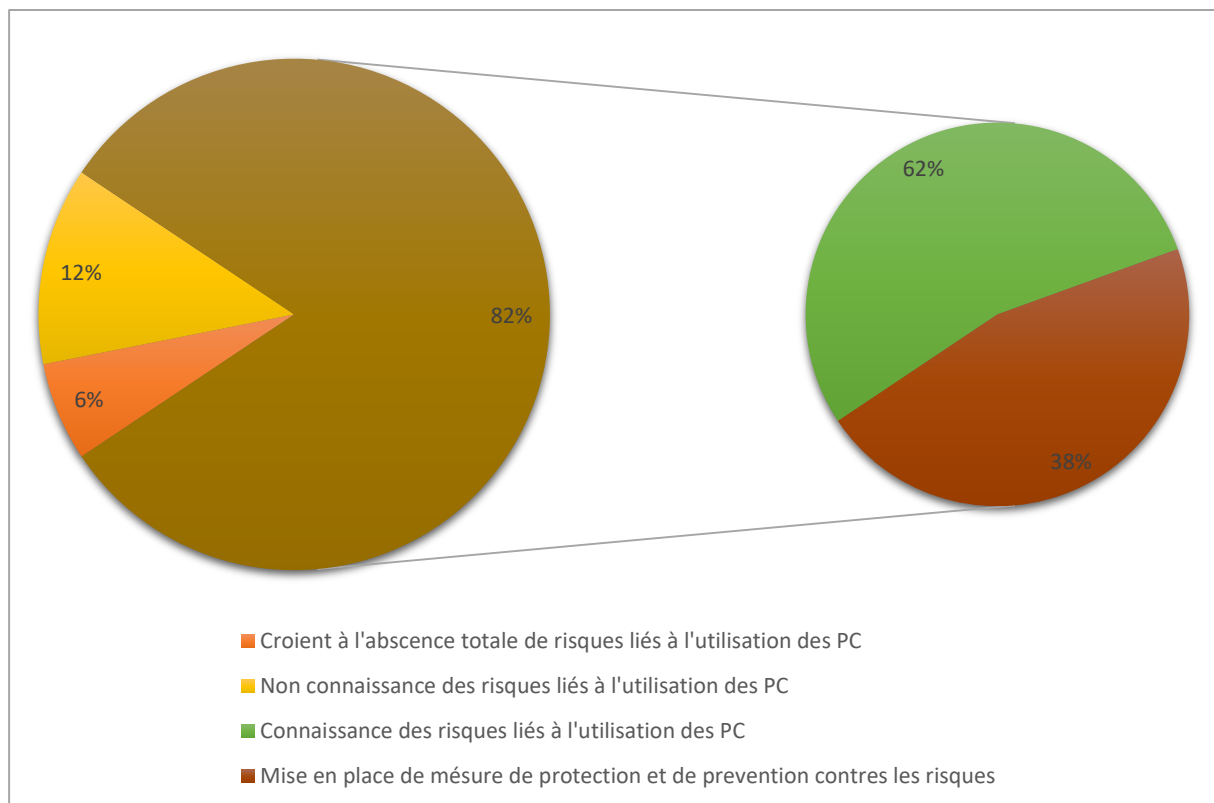


Figure 25: Perception des fonceurs

Nous constatons que 6% des fonceurs pensent qu'il n'existent aucuns risques pour eux et pour l'environnement face à l'utilisation des produits chimique. Tandis que 12% d'entre eux affirment savoir qu'il y a des risques mais qu'ils ne les connaissent pas. Enfin, 82% des fonceurs savent qu'il y a des risques mais seulement 38% de ses derniers prennent des mesures pour prévenir et éviter les impacts négatifs de leur activité sur la santé et sur l'environnement. Néanmoins certaines bonnes pratiques sont mises en place par certains fonceurs :

- Interdiction du rejet des piles usées dans les puits abandonnés ou en activités
- Interdiction d'uriner dans les puits abandonnés ou en activité
- Utilisation d'eau de javel pour la désinfection des puits

Paradoxalement, les mineurs ne trouvent pas les anciens puits miniers abandonnés comme étant un problème grave même s'ils avouent que ces puits causent parfois des ennuis aux agriculteurs et aux animaux des villageois. La figure suivante présente une séance

b. Les concasseurs

Considérés comme les acteurs les moins polluants de toute la chaîne de l'exploitation à cause de l'absence d'éléments chimiques dans leur activité, les concasseurs sont pour la plupart des élèves en quête de petits travaux pouvant leur permettre de gagner un peu d'argent. Nous avons enquêté huit (8) acteurs comme prévues et les informations collectées sont consignées sous la forme de graphe :

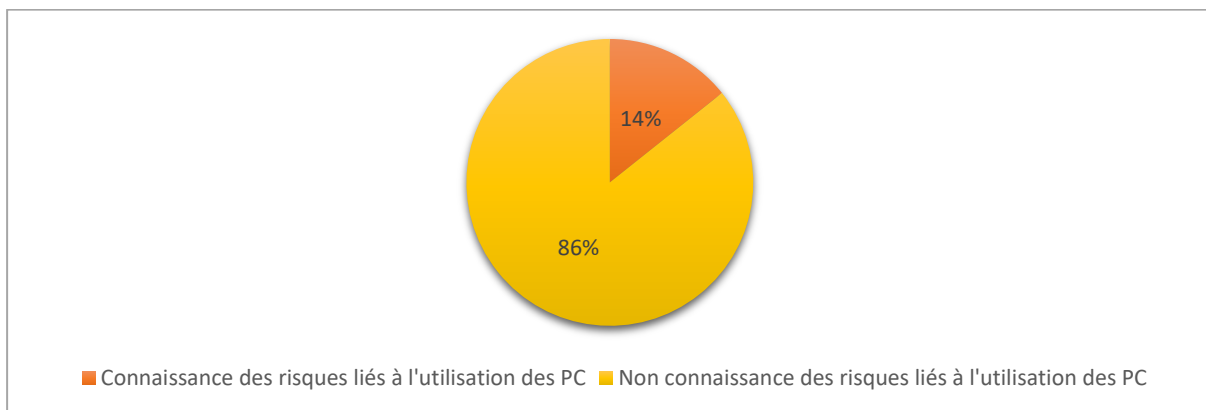


Figure 26: Perception des concasseurs

Ce graphe montre que 14% des concasseurs connaissent les risques liés à l'utilisation des produits chimiques dans l'orpaillage en générale contre 86% qui ignorent ses risques. En effet on retrouve beaucoup de femme et de jeunes gens analphabètes à ce stade de l'orpaillage. On retrouve aussi des élèves qui viennent concasser pour se faire un peu d'argent pendant les week-ends. Même si à cette phase aucun produits chimiques dangereux n'est répertorié, la plus part des élèves connaissent la dangerosité du cyanure et du mercure qui utilisés aux autres phases (amalgamation et cyanuration). Aussi il faut noter que la force physique est un élément assez déterminant pour réaliser le concassage, les acteurs ont juste un marteau, une enclume (roche) et un nœud en sac. Il peut y avoir des accidents avec les éclats de roche ou des coups de marteau car il a une absence totale d'équipement de protection individuel. La seule et vraie protection pour eux reste la protection divine.

c. Les broyeurs

Considéré comme la machinerie du processus par les acteurs, la phase de broyage est le lieu où la force humaine laisse place à celle mécanique des broyeuses. Généralement de marque « RHINO », les broyeuses nécessitent divers produits entrant pour fonctionner correctement. Les enquêtes sur le terrain ont permis de recenser ses différents intrants qui sont consignés dans le graphe suivant :

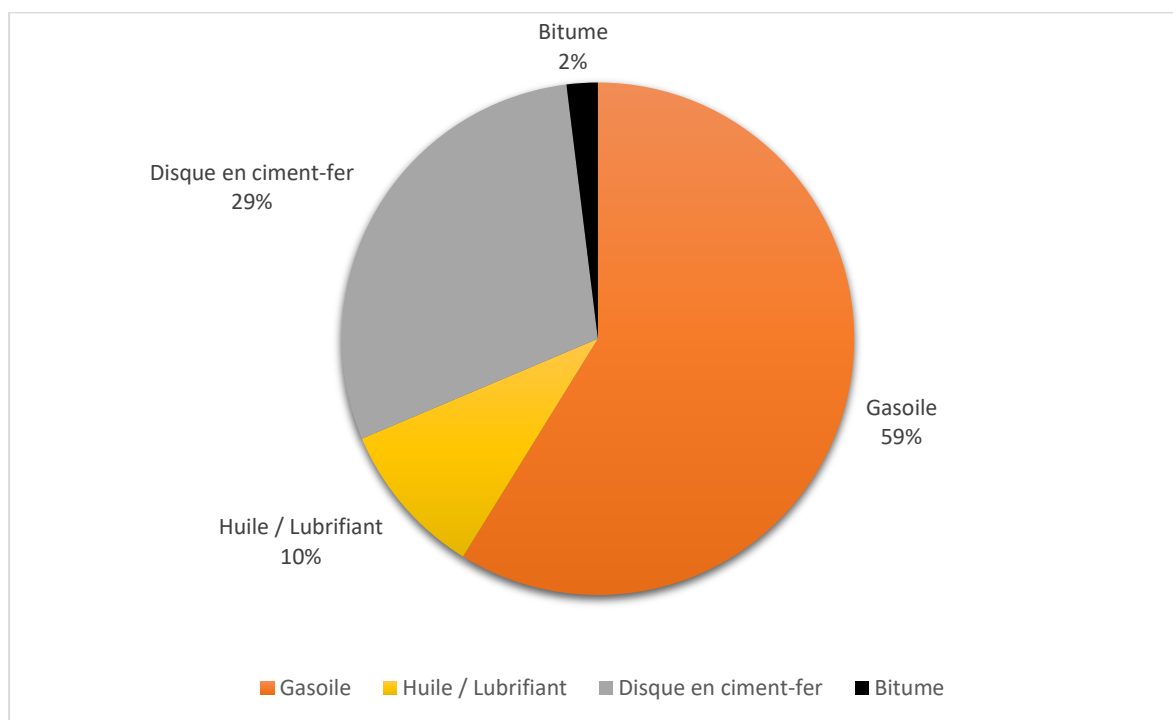


Figure 27: Les taux et les différents intrants pour le fonctionnement d'une broyeuse

Les produits pétroliers (gasole, bitume et lubrifiant) et les disques produisent des quantités importantes de polluant pour l'air et le sol surtout. La santé respiratoire des acteurs peut être impactée ce qui peut conduire à des problèmes respiratoires. Tous les produits chimiques entrant dans la réalisation de cette phase du cycle d'orpaillage présentent des menaces pour les utilisateurs et pour l'environnement à cause de leur complexité. A cette phase nous avons d'énorme quantité de matière en suspension (poussière et gaz d'échappement) qui sont émises dans l'air, d'huile usée et de poussière de fer et ciment qui sont produits et déversés directement dans l'environnement immédiat du site. La santé des orpailleurs est menacée car il n'utilise aucun moyen de protection conventionnel. En effet il y a eu des cas où des broyeurs ont perdu leurs doigts ou ont été victimes d'accident grave.

L'enquête réalisée auprès de sept (7) acteurs a permis d'avoir des informations sur la perception des machinistes, les résultats obtenus sont consignés dans le graphe suivant :

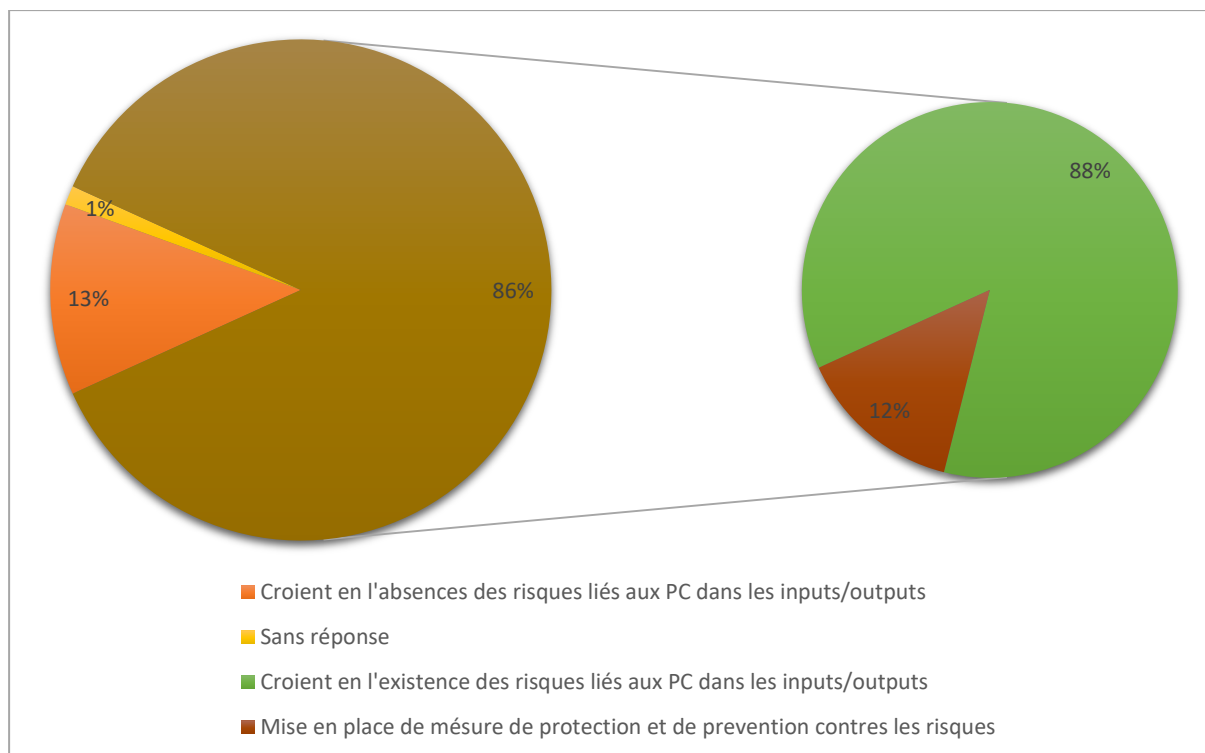


Figure 28: Perception des broyeurs

Dans la population des broyeurs, on constate que 86% des enquêtés savent que des risques peuvent subvenir du fait de la dangerosité de certains produits pour la santé et pour l'environnement. Juste 12% de ses derniers utilisent des mesures et des méthodes (précaires) pour se protéger et protéger l'environnement. En effet ses derniers utilisent des morceaux de vêtement usés comme cache-nez et un nœud de sac pour éviter une dispersion des éclats de roche et protéger ainsi leurs yeux. Il y a aussi 13% des broyeurs qui pensent plutôt que leurs activités ne présentent aucuns risques pour eux et pour l'environnement. Pour eux, se sont les politiciens et les grandes sociétés minières qui invitent des problèmes pour les empêcher de gagner leur vie normalement. Il y a d'autres acteurs qui ont préféré ne pas répondre à nos question par peur pour leur sécurité sur le site.

On voit par ses chiffres que plus de la moitié des broyeurs sont conscients des risques et des menaces auxquels ils sont exposés. Comme les acteurs précédents, ils préfèrent pour la plupart mettre leur protection entre la main de divinité et se concentrer sur leur activité. Cela montre à quel point le gain de profit est plus important à leurs yeux que leurs propres santé ou la protection de l'environnement.

○ Les laveurs utilisant l'amalgamation

L'échantillon interrogé à cette phase a permis de récolter des informations sur la compréhension de l'ensemble de cette population. A cette phase nous avons de l'orpaillage,

divers produits entrent en jeu. Notre enquête a permis de les lister et de les quantifier afin de mieux appréhender leur cycle de vie. Les informations récoltées sont renseignées dans la figure suivante :

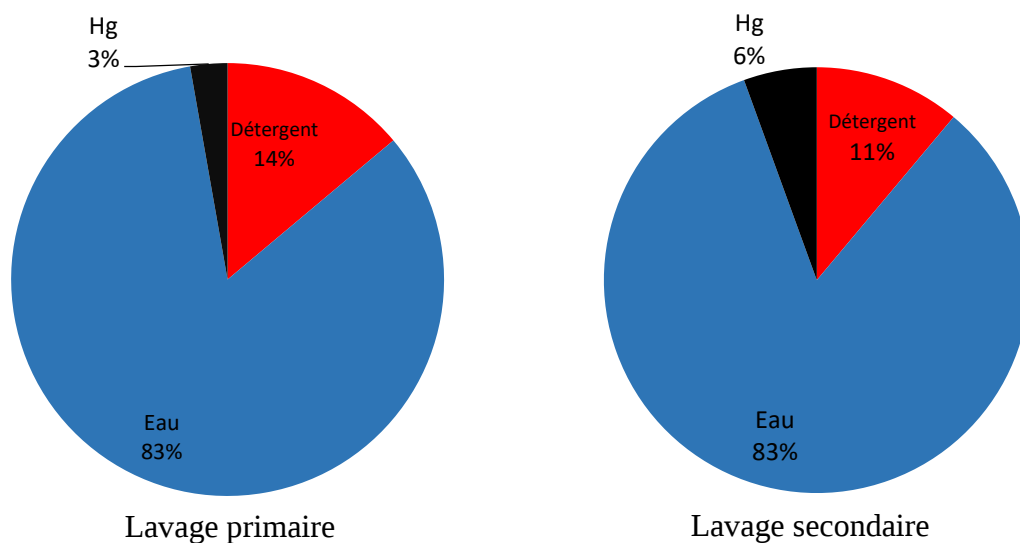


Figure 29: Répartition des produits intrants dans le lavage primaire et secondaire

L'eau est le principal produit entrant du lavage, en effet il faut entre 20 et 30 litres d'eau pour transformer la farine de 100 Kg en boue. A cette boue on ajoute 6 sachets (150 grammes) de détergents pour éliminer les huiles provenant du broyeur. Ensuite il faut en moyenne une (1) barrique d'eau soit 200 litres d'eau pour traiter une bassine de boue (100 Kg). La quantité d'eau est donc quasiment la même au premier et au deuxième lavage. Après cette étape, il faut entre 2 et 3 gouttes (≈ 4 grammes) de mercure pour amalgamer l'or par frotage à main nue.

On voit bien que le pourcentage de mercure entre le premier et les deux lavages a augmenté. En effet il y a du mercure dans les résidus du premier. La quantité de mercure qui sera apporté ensuite pour la seconde amalgamation va s'ajouter au résidu du lavage précédent.

Les eaux usées contenant des résidus de mercure, de détergent et de boue sont rejettes directement dans l'environnement sans aucune mesure d'atténuation.

Le concentré obtenu après le lavage (amalgame) qui est composé de mercure et de particule sera porté au chalumeau pour être bruler ce qui va libérer du mercure sous forme de gaz. L'artisan qui fait le brûlage ne dispose d'aucun équipement de protection individuelle. Nous avons pu à la suite de notre enquête avoir la perception des différents acteurs de cette phase de lavage. Ses informations sont renseignées dans la figure suivante :

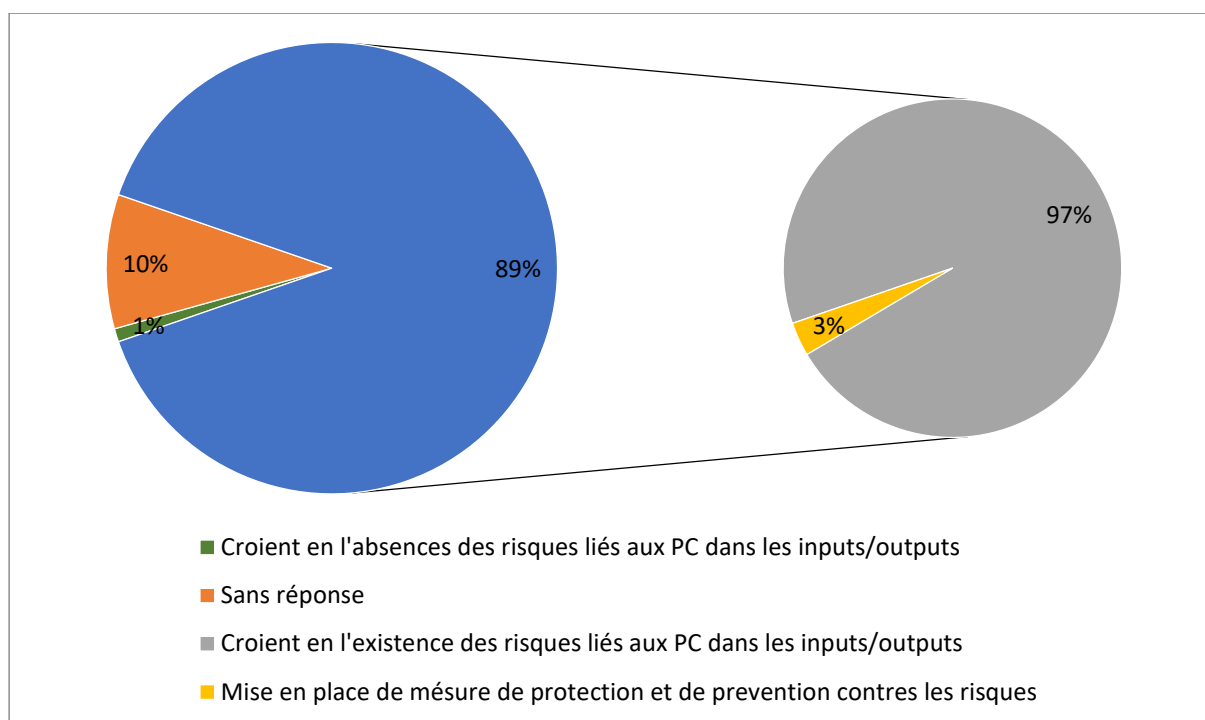


Figure 30: Perception des laveurs

Avec une population constituée essentiellement de femme, les laveurs sont pour plus de 89% conscients des risques que comportent les produits chimiques qu'ils utilisent. Juste 1% croient en l'absence de menaces liées à leur activité. 10% des laveurs pour des raisons de sécurité ont refusé de répondre à nos questions, ils nous ont soupçonnés d'être des espions à la solde de l'état ou des organisations non gouvernementales.

On constate donc qu'il y a 3% des artisans connaissant les risques qui prennent des mesures de prévention pour leur santé. En effet certains utilisent des morceaux de tissu comme cache-nez pour se protéger des fractions volatiles de mercure pendant le brulage. Les 97% restant ne prennent aucune mesure préventive pour leur santé et pour l'environnement.

Les acteurs au contact constant avec le mercure développent des problèmes de déséquilibre des activités nerveuses périphériques (doigts des mains et des pieds), le sol et les eaux auront leur concentration en mercure croît progressivement. Le mercure dans l'environnement est aussi reconnu pour son caractère bio-accumulable. En effet des dérivés mercuriels (HgCH_3) sont capables de pénétrer dans la biologie des êtres vivants et s'accumuler progressivement dans le tissu organique. Face à toutes ses menaces pour leur santé et pour l'environnement, les laveurs préfèrent se fier aux divinités plutôt qu'aux méthodes de protection et de prévention conventionnelle exigée pour les activités extractives.

La boue résiduelle de fin de lavage est rachetée en fonction de sa teneur en or par les artisans qui font de l'extraction par cyanuration.

d. Les laveurs utilisant la cyanuration

La cyanuration sur le site de Galgouli est une activité extrêmement discrète, nous avons donc pu compter que huit (8) espaces en activité et trois (3) abandonnés. Officiellement cette phase de l'orpaillage est interdite par l'état burkinabè ce qui explique l'extrême discrétion des acteurs. En effet la dangerosité de certains produits utilisés oblige les politique à être très exigeant sur leur condition et mode d'utilisation. A la suite de notre enquête les produits entrant dans la réalisation de cette phase ont été recensés et consigné dans la figure suivante :

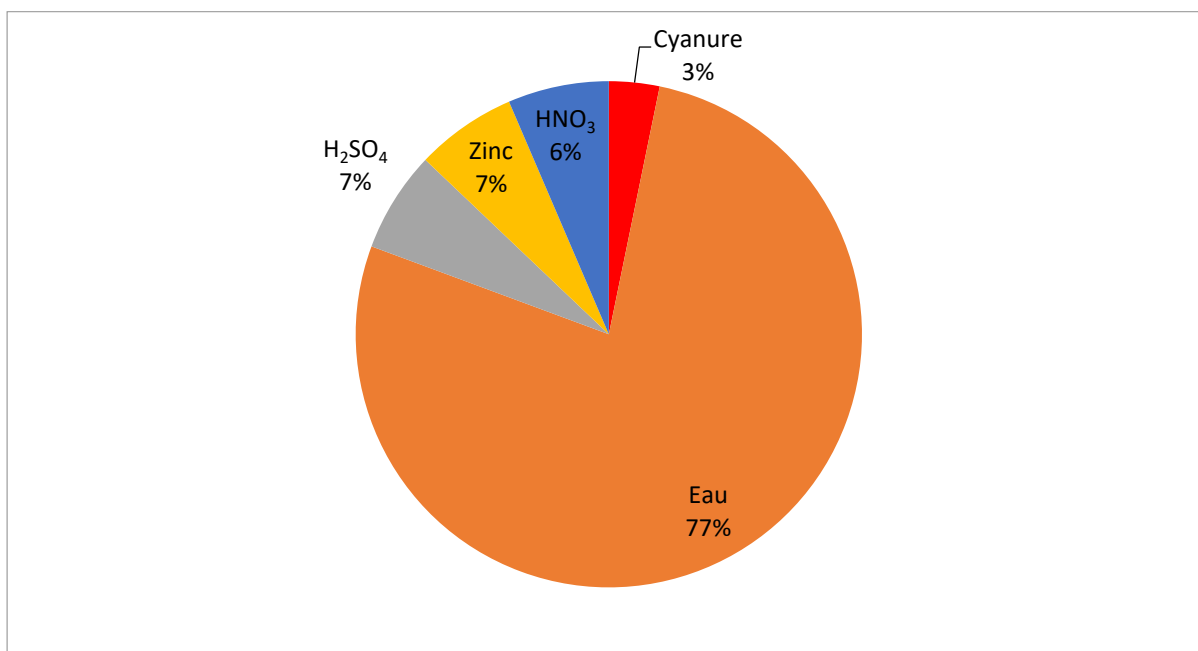


Figure 31: Taux d'utilisation des intrants dans la cyanuration

Tout comme dans le lavage, l'eau est la principale ressource utilisée pour la réalisation de l'activité. En effet le résidu minéral foisonné obtenu du lavage est immergé dans un bassin d'environ 3 m³. On y ajoute ensuite des pastilles blanches de cyanure. Pendant 3 jours le lixiviat contenant le cyanure et l'or va être capté dans un autre bassin contenant un tuyau en U (Ø 200) où des copeaux de zinc vont capter les particules d'or. Les acides sulfuriques à 98% vont ensuite être utilisés sur le complexe Zn-Au afin de réagir avec le zinc ensuite la solution d'acide nitrique permettra d'éliminer toutes les autres impuretés rattachées à l'or.

Toutes ces manipulations requièrent un savoir-faire et une certaine ingéniosité à cause de la dangerosité du cyanure. Certains artisans affirment avoir reçu des formations dans certains pays comme le Ghana et le Mali qui sont des pays où cette pratique est très ancienne. Contrairement au site informel comme celui de Kaya au nord du Burkina où tous les acteurs (même des enfants) peuvent gérer un bassin de cyanuration. Face à ses différents aspects, notre enquête a permis de collecter les avis et perceptions des artisans :

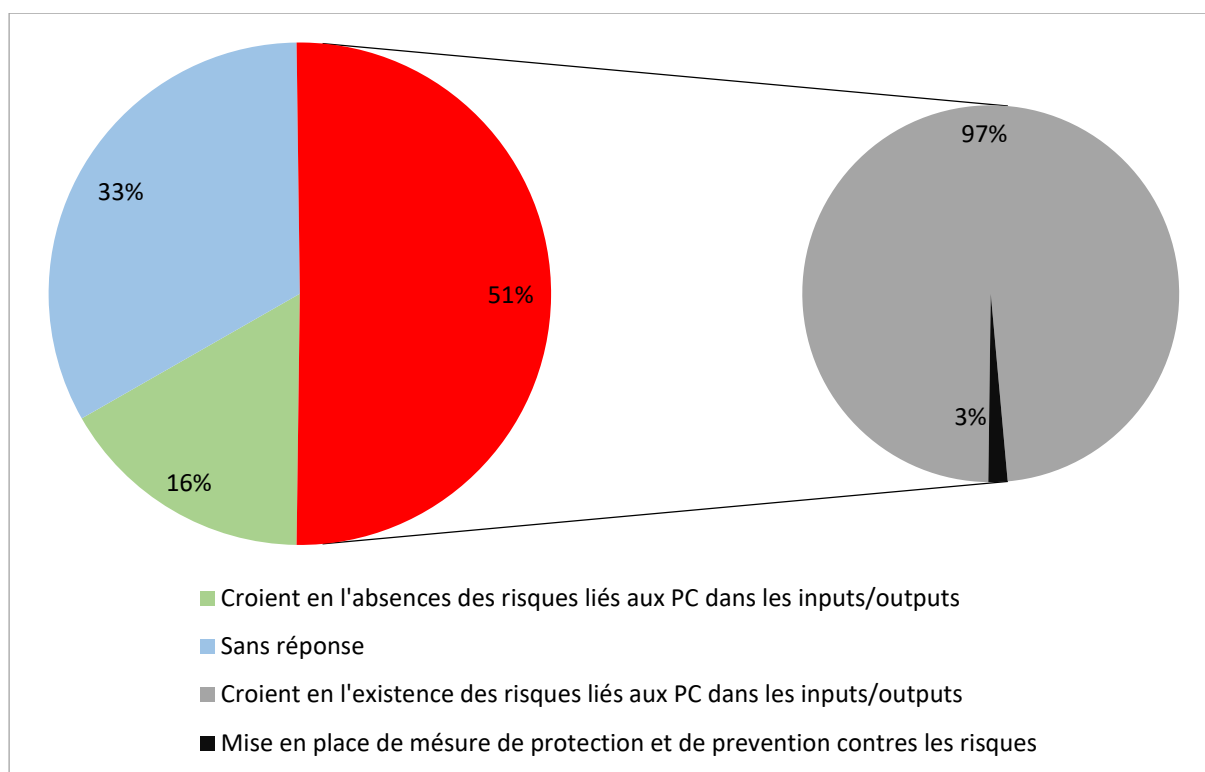


Figure 32: Perception des laveurs utilisant le cyanure

Difficile à pénétrer, le milieu des acteurs de cette phase de l'orpaillage nous ont fourni des informations de très bonne qualité. En effet, il ressort que 16% des acteurs croient en une absence totale de risques liés aux produits chimiques, 33% des personnes interrogées ont préféré ne pas répondre par peur pour leur sécurité et enfin 51% des orpailleurs qui font de la cyanuration savent que des risques peuvent survenir surtout pour leur santé et pour l'environnement. Dans ce dernier groupe, juste 3% prennent des mesures préventives en utilisant des gants et des cache-nez lors des différentes manipulations. Mais aucune mesure n'est prise pour l'environnement, les eaux usées cyanurées sont directement reversées dans la nature.

Les plus grandes menaces restent les bassins abandonnés, car les eaux de pluies y sont piégées et cela expose les enfants et les animaux qui peuvent consommer ces eaux et perdre la vie. Ce genre d'accidents se sont déjà produits plusieurs fois sur le site. Des guérisseurs qui se sont installés sur le site proposent de faire boire 1 litre d'huile à tous les personnes ayant par accident ingéré une solution contaminée au cyanure. S'il s'agit d'un animal domestique, ils proposent de lui faire boire immédiatement un mélange d'eau et de ciment. Les artisans croient très profondément en cette méthode de soin curative et en la protection divine. Cela explique la très forte absence de véritable mesure préventive.

Ainsi donc dans l'ensemble les acteurs ont une connaissance des risques qu'ils encourent et

savent les conséquences des produits qu'ils utilisent sur leur santé et sur l'environnement comme le présente la représentation suivante qui est le fruit du traitement des données des fiches :

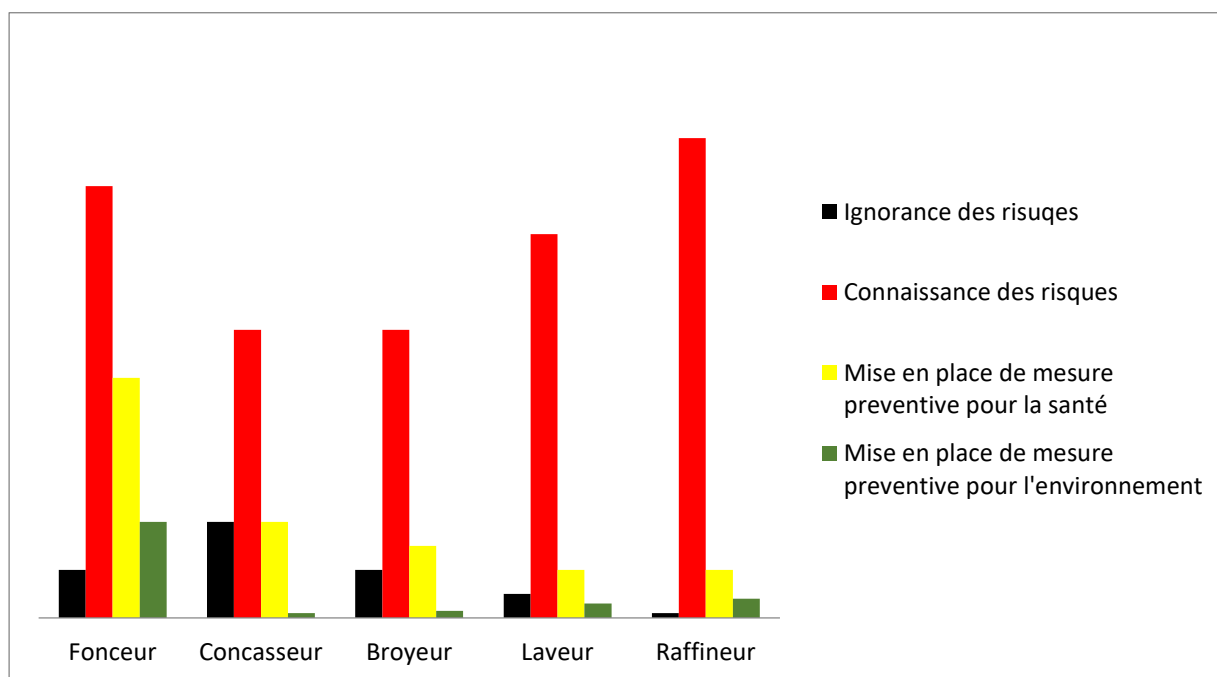


Figure 33: Vue d'ensemble de la perception des orpailleurs

De ce graphe on perçoit mieux la perception des orpailleurs, en effet la quasi-totalité des acteurs sont conscients des risques sanitaires et environnementaux qui émanent de leurs activités respectives. Face à ses risques, seuls les fonceurs ont mis en place des méthodes de travail qui permettent d'atténuer ses risques. En effet la protection divine et la médecine traditionnelle sont les principales modes de protection et de prévention des acteurs. Les autres acteurs accordent très peu d'importance aux méthodes de préventions.

La cupidité et l'ignorance sont des facteurs très présent dans le mode de vie et de travaille des orpailleurs. Pourtant ils sont eux-mêmes les premières victimes de leur activité car directement impactés et aliénés par leur agissement sans avoir de moyen de protection adéquats contre les risques et la technicité gestion des impacts résultants. Leur seul véritable satisfaction se trouve en un gain économique précaire.

CONCLUSION

Le Burkina Faso à l'instar des autres pays d'Afrique où l'orpaillage est devenu une activité populaire, connaît une multiplication des problèmes sanitaires pour les orpailleurs et les populations avoisinantes et des problèmes environnementaux en particulier pour l'eau et le sol. Ainsi donc, au-delà des avantages socio-économiques qui s'arrenteront probablement avec l'épuisement de la réserve aurifère, certains les effets négatifs comme la pollution par des produits chimiques qui sont le cyanure et le mercure, la diffusion de maladies, la stérilisation des sols et des eaux, le grand banditisme et l'incivisme vont continuer à bouleverser la vie des populations locales.

Les différents résultats d'analyses obtenues montrent que des concentrations excédant les limites recommandées sont localisées à quelque endroit et la diffusion des polluants est freinée par la faible porosité du sol. Néanmoins le risque d'une grande diffusion n'est pas à écarter dans les années à venir si rien n'est fait pour éviter les rejets continus de ses polluants chimiques dans les eaux, sur les sols et dans la nature.

L'expérience de Galgouli montre que les enjeux des activités extractives sont importants car ils permettent d'accélérer le développement économique local. Mais le bilan que l'on peut dresser de cette activité artisanal est très mitigé. Il révèle des dysfonctionnements dans l'application des principes revendiqués par l'Etat et les acteurs sur le terrain. L'optimisme de façade sur la transformation des ressources minières en facteur du développement durable aboutit à la déception prévisible des populations avoisinantes et une forme d'aliénation pour les orpailleurs. Cela masque aussi un large fossé entre les normes environnementales affichées et leur application. La mise en œuvre et le suivi des standards environnementaux dans un milieu dominé par des sociétés rurales sous-informées nécessitent une participation active des différents acteurs (Etat, société minière, autorités décentralisées, société civile) et une vigilance accrue de la part de l'Etat en particulier.

RECOMMANDATIONS

Les impacts environnementaux relevés peuvent être évités par une meilleure gestion des produits chimiques et un renforcement des contrôles des obligations légales existantes. Une amélioration de la formation des producteurs et des orpailleurs, des individus en contact direct avec les substances chimiques et par une utilisation systématique de technologies plus propres. Il est important de procéder à une sensibilisation pour amener aussi bien, les orpailleurs et les populations riveraines, à comprendre l'effet engendré par la mauvaise utilisation des produits chimiques comme le cyanure et le mercure.

Il est donc plus rentable du point de vue économique d'initier des actions de remédiation qui sont fondamentales au bien être des générations actuelles et futures. Les résultats de notre étude ont des implications en termes de politiques publiques. La gestion de la ressource relevant des prérogatives de l'État, il doit encourager les investissements de long terme notamment dans le secteur informel qui est prépondérant au Burkina Faso. Une attention particulière devrait lui être accordée en renforçant les capacités opérationnelles des institutions chargées de la formation et du suivi des opérateurs informels.

La mise en place d'un circuit officiel d'approvisionnement en produit chimique permettra de mieux suivre la gestion de ceux-ci. Ses deux actions permettront de faire passer de l'économie souterraine au secteur formel ce qui va rendre l'activité du secteur plus optimale et contribuer à l'édification d'un Burkina durable grâce aux diverses contributions fiscales.

La santé et l'éducation sont des facteurs essentiels dans le capital humain, l'État doit doter ses secteurs de plus de ressource ce qui doit permettre de résoudre du même coup le problème d'inégalités et d'iniquités intra-générationnelles dont la prise en compte a considérablement détérioré l'environnement.

L'empreinte écologique pourrait dépasser la capacité biologique de la terre burkinabé à satisfaire les besoins et à absorber les déchets produits. Pour que des risques de dépassement de la bio-capacité ne surviennent pas, l'exploitation du minerai doit se faire dans le respect strict de la réglementation environnementale consignée dans le code minier et dans les cahiers de charges de chaque société minière. L'investissement dans les technologies propres devrait également être encouragé. L'État devrait également dès à présent, engager un franc débat associant tous les acteurs sur comment revaloriser les sites miniers après leur exploitation pour que des catastrophes écologiques ne surviennent pas.

BIBLIOGRAPHIE

- AFEE** Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales [Ouvrage]. - Paris : [s.n.], 1975.
- BCEAO** Etude monographique sur le secteur de l'or dans l'UEMOA [Rapport]. - 2013.
- BERTOLINI Gérard** Mille et un mots et abréviations de l'environnement et du développement durable [Ouvrage]. - Lyon : RECYCONSULT, 2010.
- Botz M.M. [et al.]** Cyanide treatment : Physical, chemical and biological processes [Revue]. - 2005.
- BRGM/RP** Utilisation de la cyanuration dans l'industrie aurifère en Guyane. Impacts potentiels sur l'environnement et recommandations [Rapport] : Final. - Guyane : [s.n.], 2013. - p. 123.
- BUTARE Innocent et Seydou KEITA** Aspects environnementaux liés au développement du secteur minier [Revue] // Centre de recherches pour le développement international (CRDI). - 2010. - p. 13.
- Conseil canadien des Ministres de l'Environnement** MERCURE - Mercure inorganique et méthylemercure [Revue] // CCME. - 2003. - p. 7. - Extrait de la publication n° 1300; ISBN 1-896997-36-8.
- Department of Health and Human Services Center for Disease Control and Prevention Safer-Healthier-People** [En ligne] // BT CDC / éd. CDC. - 2013. - <http://www.bt.cdc.gov/agent/cyanide>.
- FESTY B.** Données actuelles sur les utilisations et la toxicité du mercure [Ouvrage]. - Paris : TSM L'EAU, 1973.
- Futura-Sciences** <http://www.futura-sciences.com/> [En ligne]. - 2013. - 17 04 2014. - <http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/developpement-durable-catastrophe-baie-minamata-6751/>.
- GARVIN T. et et al** Community-company relation in gold mining in Ghana [Revue]. - 2009.
- Gountiéni Dr et LANKOANDE Damien** Coût de l'inaction de la gestion des produits [Rapport] / Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD). - Ouagadougou : [s.n.], 2013. - p. 48.
- Gouvernement** Code de l'environnement [Revue] // Journal Officiel. - Janvier 1994. - p. 11.
- Gouvernement** Code minier au Burkina [Revue] // Journal Officiel. - Ouagadougou : [s.n.], 08 Mai 2003. - Vol. II. - p. 44.
- Holland D.J.** Cyanide poisoning: an uncommon encounter [Revue] // J. Emerg. Nurs.. - [s.l.] : J. Emerg. Nurs., 1983.

IAMGOLD CORPORATION Regles de securité face au cyanure de sodium [Document]. - 2014.

IICM www.cyanidecode.org [En ligne] // cyanidecode. - Institute, Inetrnational Cyanide Management, 2005. - 30 avril 2014. - <http://www.cyanidecode.org/cyanide-facts/sample-analysis>.

ISO La famille ISO 14000 des normes internationales pour le management environnemental [Ouvrage]. - Suisse : ISBN 978-92-67-20500-7, 2009.

JALBY VINCENT Analyse des données [Section] // Université de Limoges. - 2014.

KAHITOUO HIEN REALISATION D'UN DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL POUR L'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DE L'ORPAILLAGE AU BURKINA FASO : CAS DU SITE DE KAMPTI [Rapport]. - Ouagadougou : Fondation 2iE, 2012.

Kahitouo Hien Réalisation d'un diagnostic environnemental pour l'amelioration de la performance environnementale de l'orpaillage au Burkina Faso : cas du site de Kampti [Rapport]. - Ouagadougou : Memoire de fin de cycle 2IE, 2012.

KEITA S. Etude sur les mines artisanales et les exploitations minières a petite échelle au mali [Revue]. - [s.l.] : MMSD-WBCSD-iiied, 2001.

KITULA A. The environmental and socio-economic impacts of mining on local livelihoods in Tanzania: A case study of Geita District [Revue]. - [s.l.] : Journal of Cleaner, 2006.

LE MAUX Benoît Le choix de l'echantillon - Statistiques, logiciels et enquêt - Produire et préparer les variables. - 2006.

Lenntech Hg Mercure [En ligne]. - 2014. - 29 Mai 2014. - <http://www.lenntech.fr/data-perio/hg.htm>.

M. BISSON [et al.] CYANURES ET DÉRIVÉS - Fiche de données toxicologiques et environnement a les des substances chimiques [Ouvrage]. - Paris : INERIS, 2011. - DRC-11-117259-10314A.

ONUDI; DNACPN; ATELIER SOUS-REGIONAL D'INFORMATION DES PAYS DE L'AFRIQUE DE L'OUEST [Conférence] // RAPPORT DE SYNTHÈSE. - Bamako : [s.n.], 2009. - p. 34.

OUEDRAOGO Aboubakar Hermann L'impact de l'exploitation artisanale de l'or [Revue] // MEDIATERRE. - Ouagadougou : [s.n.], 2006. - p. 3.

OUOBA Salifou Etude sur l'evaluation des produits chimiques dans le secteur contonnier et minier et les problèmes lies à l'application de la legislation au Burkina Faso [Rapport]. - Ouagadougou : Cadastre Minier, 2013.

Ramade Ecotoxicologie [Ouvrage]. - Paris : [s.n.], 1975. - Vol. Tome II : p. 215.

S.Vivier, JM. Vincent et S.Tissot Seuils de Toxicité aiguë – Acide Nitrique [Rapport]. - [s.l.] : DRC-09-103127-03344B , 2010.

SAWADOGO Edith L'impact de l'exploitation artisanale de l'or : cas du site de Fofora dans la province du Poni [Rapport]. - Ouagadougou : Université de Ouagadougou, 2011.

SBA, ECOSYS et CEDRES ANALYSE ÉCONOMIQUE DU SECTEUR DES MINES [Rapport] / Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV). - Ouagadougou : [s.n.], 2011. - p. 69.

SORGHO Wendmi Evaluation Environnementale et Sociale des sites d'orpaillage et stratégies de compensation : Cas du site de Mankarga dans la commune de Boudry au Burkina Faso [Rapport]. - Ouagadougou : Fondation 2iE, 2012.

WALLACE RA [et al.] Mercury in the environment. The human element [Revue] // Oak Ridge National Laboratory. - 1971. - pp. 40-61.

ANNEXES 1

Article 10 : Les normes de déversement des eaux usées dans les eaux de surface sont fixées conformément au tableau ci-dessous.

N°	Paramètres	Valeurs limites (mg/l ou précisées)
1.	Aluminium (dissous, 0.45 micron)	10
2.	Antimoine	0.1
3.	Ammoniac et Ammonium	1
4.	Argent (dissous, 0.45 micron)	0.1
5.	Arsenic (dissous, 0.45 micron)	0.14
6.	Baryum (dissous, 0.45 micron)	5
7.	Bioxyde de chlore	0.05
8.	Béryllium	0.01
9.	Bore (dissous, 0.45 micron)	2
10.	Brome actif	0.1
11.	Cadmium (dissous, 0.45 micron)	0.1
12.	Calcium	500
13.	Carbone organique dissous	10
14.	Carbone organique total	65
15.	Chlore actif	0.05
16.	Chlorures	600
17.	Chrome III (dissous, 0.45 micron)	2
18.	Chrome VI (dissous, 0.45 micron)	0.1
19.	Chrome total	0.1
20.	Cobalt (dissous, 0.45 micron)	0.5
21.	Coliformes fécaux (/100 ml)	2000
22.	Cuivre (dissous, 0.45 micron)	1
23.	Cyanures	0.1
24.	Demande biochimique en oxygène	50
25.	Demande chimique en oxygène	150
26.	Etain (dissous, 0.45 micron)	2
27.	Fer (dissous, 0.45 micron)	20
28.	Fluorures	10
29.	Huiles saponifiques et graisses	20
30.	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés	2
31.	Hydrocarbures totaux	10
32.	Magnésium	200
33.	Manganèse	1.2
34.	Matières décantables	1/1/2h
35.	Matières insolubles totales	20
36.	Mercure (dissous, 0.45 micron)	0.17
37.	Molybdène	0.5
38.	Nickel (dissous, 0.45 micron)	2
39.	Nitrates	50
40.	Nitrites	1
41.	Pesticides organiques chlorés	0.003
42.	PH	6.4 10.5
43.	Phénols	0.2
44.	Phosphates	5
45.	Phosphore (total)	0.8
46.	Plomb (dissous, 0.45 micron)	0.5
47.	Potassium	50
48.	Salmonelles par 100 ml	Aucune
49.	Sélénium	0.8
50.	Sodium	300
51.	Solvants chlorés	0.1
52.	Streptocoques fécaux par 100 ml	10000
53.	Sulfates	600
54.	Sulfures	0.2
55.	Températures (°C)	18-40
56.	Titane	0.001
57.	Zinc	5
58.	MES	200

ANNEXES 2

Article 12 : sont interdites de rejet direct dans le milieu récepteur les substances ci-dessous citées.

N°	SUBSTANCE
1.	Composés organohalogénés et substances pouvant générer de tels composés dans le milieu aquatique.
2.	Composés organophosphorés
3.	Composés organostanniques
4.	Substances ayant un pouvoir cancérigène, mutagène ou tératogène dans le milieu aquatique ou par l'intermédiaire de celui - ci
5.	Mercure et composés du mercure
6.	Cadmium et composés du cadmium
7.	Huiles minérales et hydrocarbures
8.	Cyanures
9.	Polluants organiques persistants

Article 13 : Sont soumises à autorisation avant leur rejet direct dans le milieu récepteur les substances ci- dessous citées.

N°	SUBSTANCE
1	Les métalloïdes et métaux ainsi que leurs composés : Zinc, bore, uranium, cuivre, antimoine, vanadium, nickel, molybdène, cobalt, chrome, titane, thallium, plomb, étain, tellure, sélénium, baryum, arsenic.
2	Les biocides et leurs dérivés ne figurant pas sur la liste des substances citées dans l'article 12
3	Les substances ayant un effet nuisible sur le goût ou sur l'odeur des eaux souterraines ainsi que les composés susceptibles de donner naissance à de tels composés dans les eaux et à rendre celles-ci impropres à la consommation humaine,
4	Les composés organosiliciés toxiques ou persistants et les substances qui peuvent donner naissance à de tels composés dans les eaux à l'exclusion de ceux qui sont biologiquement inoffensifs ou qui se transforment rapidement dans l'eau en substances inoffensives.
5	Les composés inorganiques du phosphore total et phosphore élémentaire.
6	Les fluors.
7	L'ammoniaque et les nitrates.

ANNEXES 3

Article 14 : Les normes de qualité du sol sont fixées conformément au tableau ci-dessous.

Paramètres (mg/kg MS ou précisés)	Objectifs de qualité	Agricole	Habitat/parcs	Industrie
PH	5.5-8	5.5-8	5.5-8	5.5-8
Conductivité	2µs/cm	2	2	4
Taux d'absorption de sodium	5	5	5	12
Antimoine	20	20	20	40
Argent	2	20	20	40
Arsenic	20	50	110	300
Baryum	200	750	500	2000
Béryllium	4	20	4	20
Bore (soluble dans l'eau chaude)	1	2		
Cadmium	1	5	6	30
Chrome VI	2,5	8	8	
Chrome total	75	750	350	800
Cobalt	25	40	50	300
Cuivre	50	200	400	1000
Cyanure libre	0,25	0,5	10	100
Cyanure total	2,5	50	50	500
Fer blanc	5	5	50	300
Fluorure total	400	200	400	2000
Mercure	0,8	50	15	30
Molybdène	5	5	10	40
Nickel	50	200	470	700
Plomb	100	1000	1000	2500
Sélénium	1	5	10	70
Soufre élémentaire	250	500		
Thallium	1	1		
Vanadium	25	200	200	
Zinc	200	600	1000	3000
Hydrocarbure aromatique monocyclique				
Benzène	0,1	0,5	0,5	5
Chlorobenzène	0,1	0,1	1	10
1,2-dichlorobenzène	0,1	0,1	1	10
1,3-dichlorobenzène	0,1	0,1	1	10
1,4-dichlorobenzène	0,1	0,1	1	10
Ethylbenzène	0,1	1,5	5	70
Styrène	0,1	0,5	5	50
Toluène	0,1	5	15	200
Xylène	0,1	3,5	15	190
Composés phénoliques				
Non chlorés	0,1	0,1	1	10
Chlorés	0,05	0,05	0,5	5
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)				
Benzo (a) anthracène	0,1	4	35	350
Benzo (a) pyrène	0,1	0,5	1	10
Benzo (b) fluoranthène	0,2	1	55	350

ANNEXES 4

QUESTIONNAIRE

Date :	Numéro de fiche :
--------	-------------------

Nom _____ Prénoms : _____ Sexe : _____
 Age : _____ Ethnie : _____ Nationalité : _____
 Situation matrimoniale : ☐ Marié ☐ Célibataire ☐ Veuf (ve)
 Fonction : _____ Institution : _____ Ancienneté : _____
 Lieu résidence : _____ Contacts : _____

Agent

1 Les activités économiques de votre commune

 Agriculture ☐ Pêche ☐ Elevage ☐

 Commerce ☐ Orpaillage ☐ Autres ☐

3 Comment sont vos relations avec les orpailleurs

 Très tendue ☐ Tendue ☐ Normal ☐

 Courtois ☐ Très courtois ☐ Autres ☐

4 Quels peuvent être les types de produits dangereux présents sur les sites d'orpaillages ?

 Piles usées ☐ Détergent ☐ Acides ☐

 Plastiques ☐ Drogues ☐ Huile usée ☐

 Cyanure ☐ Mercure ☐ Autres ☐

2 Place de l'orpaillage par rapport aux autres activités

	Négligeable	Moyenne	Importante	Très importante
Création d'emploi	☐	☐	☐	☐
Amélioration des conditions de vie des populations	☐	☐	☐	☐
Dégradation de l'environnement	☐	☐	☐	☐
Risque sanitaire pour les personnes et les animaux	☐	☐	☐	☐

5 Avez-vous des moyens de pression / lutte ?

Si oui lesquels ?

Si non pourquoi ?

6 Pensez-vous que les orpailleurs ont conscience des risques ?

 Non ☐ Peut-être ☐ Oui ☐

7 Quels sont généralement les causes de visite médicale des populations

 Problèmes respiratoire ☐ Intoxication ☐ Accident ☐

 Paludisme ☐ MST/IST ☐ Autres ☐

8 Quels est le taux de fréquentation de votre centre par les orpailleurs par rapports au reste de la population

 0 à 25 % ☐ 25 à 50 % ☐ 50 à 75 % ☐ 75 à 100 % ☐

9 Avez-vous déjà eu à traiter des cas de contamination de personne ou d'animaux à des produits chimiques provenant de l'orpaillage ?

 Oui ☐ Non ☐

10 Vos recommandations

Remarque :

Fonceur / Creuseur

1 Quel type de minerai exploitez-vous ?

Filonien ☐

Alluvionnaire ☐

Eluvionnaire ☐

2 Quels sont les outils que vous utilisez ?

Marteau ☐

Pelle ☐

Pioche ☐

Daba ☐

Burin ☐

3 Quelle est la profondeur de votre puits ?

0 à 25 m ☐

25 à 50 m ☐

50 à 75 m ☐

75 à 100 m ☐

4 Quels sont vos équipements de protection ?

Masque ☐

Casque ☐

Gants ☐

Aucun ☐

5 Depuis quand vous pratiquez ce travail ?

1 à 2 ans ☐

2 à 3 ans ☐

3 à 4 ans ☐

Plus de 5 ans ☐

6 Quel type de médicament utilisez-vous pour vos soins en cas de maladie ?

Traditionnelle ☐

Pharmaceutique ☐

Stupéfiants ☐

Autres

7 Pensez-vous que votre travail peut vous rendre malade ?

Oui ☐

Non ☐

Sans
reponse ☐

Si oui, comment ?

8 Quels sont les produits qui rentrent dans la réalisation de votre activité ?

Piles ☐

Eau de
javel ☐

Cyanure ☐

Gasoil ☐

Fil de fer ☐

Acide ☐

Bois ☐

Essence ☐

Lubrifiant ☐

Autre

9 Jour de travail par semaine

Lundi
☐

Mardi
☐

Mercredi
☐

Jeudi
☐

Vendredi
☐

Samedi
☐

Dimanche
☐

Si non pourquoi ?

10 Temps de travail par jour ?

0 à 6 h ☐

6 à 12 h ☐

12 à 18 h ☐

18 à 24 h ☐

11 Travaillez-vous les jours fériés ?

Oui ☐

Non ☐

12 Pensez-vous que l'utilisation de ces produits peut avoir des conséquences sur l'environnement ?

Oui ☐

Non ☐

Sans
réponse ☐

Si oui, comment ?

13 Vous faites partie d'une équipe de combien de personne ?

2 à 10 pers ☐

10 à 20 pers ☐

20 à 30 pers ☐

30 à 40 pers ☐

Plus de 40 ☐

14 Quel est l'âge de votre puits ?

0 à 1 an ☐

1 à 2 ans ☐

2 à 3 ans ☐

3 à 4 ans ☐

Plus de 4 ☐

15 Combien de pile pouvez-vous utiliser par semaine ?

2 à 4 piles ☐

2 à 6 piles ☐

2 à 8 piles ☐

2 à 10 piles ☐

Plus de 10 ☐

Si non, pourquoi ?

16 Où rejetez-vous vos piles usées ?

Anciens puits ☐ L'environnement ☐ Une décharge ☐ Autre : ☐

17 Pour un fonctionnement de 24h, de combien de litre de gasoil a besoin votre moto pompe ?

5 à 10 litres ☐ 10 à 15 litres ☐ 15 à 20 litres ☐ plus de 20 litres ☐

18 Que faite vous pour éviter les risques pour vous et pour l'environnement liés à l'utilisation de ses produits chimiques ?

19 Pour un fonctionnement de 24h, de combien de litre de lubrifiant a besoin votre moto pompe ?

1 à 3 litres ☐ 2 à 4 litres ☐ 3 à 5 litres ☐ plus de 5 litres ☐

20 Où rejetez-vous vos huiles usées ?

Ancien puits ☐ L'environnement ☐ Une décharge ☐ Autre : ☐

21 Refermez-vous vos anciens puits ? Oui ☐ Non ☐

22 Que faite-vous de vos autres déchets ?

Ancien puits ☐ L'environnement ☐ Une décharge ☐ Incinération ☐

Remarque :

Concasseur

1 Quels sont vos outils pour concassage du minerai ?

Enclume rocheuse ☐ Marteau ☐ Enclume métallique ☐ Autre ☐

2 Vous travaillez combien de jour par semaine ?

Lun ☐ Mar ☐ Mer ☐ Jeu ☐ Ven ☐ Sam ☐ Dim ☐

3 Quels sont vos équipements de protection pendant le travail ?

Casques ☐ Lunette ☐ Cache-nez ☐ Gants ☐ Nœud en sac ☐

4 Vous faites partie d'une équipe de combien de personne ?

2 à 4 pers ☐ 4 à 6 pers ☐ 6 à 8 pers ☐ Plus de 8 ☐

5 Temps de travail par jour ?

0 à 6 h ☐ 6 à 12 h ☐ 12 à 18 h ☐ 18 à 24 h ☐

6 Nombre de sac de 50Kg concassé par jour

0 à 1 sac ☐ 1 à 2 sacs ☐ 2 à 3 sacs ☐ Plus de 3 ☐

7 Connaissez-vous des produits chimiques utilisés à certaines étapes du processus ?

Si oui, lesquels :

Oui ☐

Non ☐

8 Que pensez-vous que ses produits sont dangereux ?

Si oui, comment ?

Oui ☐

Non ☐

9 Pensez-vous que ces produits menacent tous les habitants du site ?

Oui ☐ Non ☐ Aucune idée ☐

Si oui, comment ?

Si non, pourquoi ?

10 Pensez-vous que votre travail vous peut vous rendre malade ?

Oui ☐ Non ☐ Aucune idée ☐

Si oui, comment ?

Si non, pourquoi ?

Remarque :

Broyeur

1 Avec quel type de moulin fait-vous le broyage du minerai ?

Rhino ☐ Doplane ☐ Autre

2 Vous travaillez combien de jour par semaine ?

Lun ☐ Mar ☐ Mer ☐ Jeu ☐ Ven ☐ Sam ☐ Dim ☐

3 Quels sont vos équipements de protection pendant le travail ?

Casques ☐ Lunette ☐ Cache-nez ☐ Gants ☐ Autre ☐ 2 à 4 pers ☐ 4 à 6 pers ☐ 6 à 8 pers ☐ Plus de 8 ☐

4 Vous faite partie d'une équipe de combien de personne ?

5 Temps de travail par jour ?

0 à 6 h ☐ 6 à 12 h ☐ 12 à 18 h ☐ 18 à 24 h ☐ 1 à 2 sacs ☐ 2 à 3 sacs ☐ 3 à 4 sacs ☐ 3 à 5 sacs ☐

6 Nombre de sac de 50Kg broyé par jour

7 Combien de fois le minerai est broyé ?

1 fois ☐ 2 fois ☐ 3 fois ☐ 4 fois ☐

8 Combien de temps il faut pour finir un sac de 50 Kg ?

0 à 30 mn ☐ 30 à 60 mn, ☐ 60 à 90 mn ☐ 90 à 120 mn ☐ Plus de 120mn ☐

9 Connaissez-vous des produits chimiques utilisés à certaines étapes du processus ?

Oui ☐ Si oui, lesquels :Non ☐

10 Que pensez-vous que ses produits sont dangereux ?

Oui ☐ Si oui, comment ?Non ☐

11 Pensez-vous que ces produits menacent tous les habitants du site ?

Oui ☐ Non ☐ Aucune idée ☐

Si oui, comment ?

12 Pensez-vous que votre travail vous peut vous rendre malade ?

Oui ☐ Non ☐ Aucune idée ☐

Si oui, comment ?

Si non, pourquoi ?

Si non, pourquoi ?

13 Quels sont les produits qui rentrent dans la réalisation de votre activité ?

Gasoil ☐ Essence ☐ Eau ☐ Lubrifiant ☐Détergent ☐ Goudron ☐ Autres ☐

14 Avez-vous un plan de gestion des huiles usées que produisent vos machines ?

Si oui Comment ?

Oui ☐

15 Que faite vous pour éviter les maladies ?

Stupéfiant ☐ Gris-gris ☐ Rien du tout ☐ Médication ☐

Si non Pourquoi ?

16 Où rejetez-vous vos autres déchets (fut et bidon vide, bouteille, etc.) ?

Décharge ☐ Sur place ☐ Réutilisation ☐ incinération ☐Non ☐Retour au fournisseur de produit ☐ Ancien puits ☐ Nature ☐

Acteur sur site

1 Ou vous restaurez-vous ?

En famille ☐ Au restaurant ☐ N'importe où sur le site ☐

3 Où jetez-vous vos déchets ?

Poubelle ☐ Dépotoir ☐ N'importe où ☐

5 Que pensez-vous de l'hygiène générale du site

Mauvaise ☐ Acceptable ☐ Assez bonne ☐ Bonne ☐

7 Pensez-vous le manque d'hygiène peut causer des maladies ?

Si oui, lesquelles ?

Oui ☐Non ☐

7 Il y a déjà eu des cas d'intoxication sur le site ?

Si oui, comment ?

Oui ☐Non ☐

9 Quels genres de problèmes rencontrez-vous sur le site ?

Accident ☐ Viol ☐ Conflit ☐ Vols ☐

Autres

12 Vos conditions de travail vous satisfont-elles ?

Mauvaise ☐ Acceptable ☐ Assez bonne ☐ Bonne ☐

Pourquoi ?

13 Quels sont les produits chimiques que vous rencontrez sur le site ?

Mercure ☐ Détergent ☐ Cyanure ☐Acides sulfurique ☐ Acide nitrique ☐ Autre : ☐

15 Que savez-vous de l'origine de ses produits ?

Pays voisin ☐ Sur place ☐ Burkina F. ☐ Inconnue ☐

16 Quelle activité pratiquez-vous en plus de l'orpaillage

Agriculture ☐ Elevage ☐ Commerce ☐ Autres ☐

2 Que pensez-vous de l'hygiène de votre lieu de restauration ?

Mauvaise ☐ Acceptable ☐ Assez bonne ☐ Bonne ☐

4 Dans quelles conditions vous habitez sur le site ?

Mauvaise ☐ Acceptable ☐ Assez bonne ☐ Bonne ☐

6 D'où provient votre eau de consommation ?

B.F. ☐ Forage ☐ Puits ☐ Barrage ☐ Cours d'eau ☐ E.M. ☐

8 Avez-vous déjà eu un cas de maladie liée au manque d'hygiène sur le site?

Si oui, laquelle et comment êtes-vous soignés ?

Oui ☐Non ☐

8 Avez-vous déjà été sensibilisés sur les risques liés à l'utilisation des produits chimiques ?

Si oui, par qui et en quelle année ?

Oui ☐Non ☐

10 Comment trouvez-vous la sécurité sur le site et au travail ?

Mauvaise ☐ Acceptable ☐ Assez bonne ☐ Bonne ☐

11 Comment jugez-vous vos relations avec les villageois ?

Mauvaise ☐ Acceptable ☐ Assez bonne ☐ Bonne ☐

Pourquoi ?

14 Comment jugez-vous vos relations avec la mairie ?

Mauvaises ☐ Bonnes ☐ Excellente ☐

Pourquoi ?

Remarque :

E.M : Eau minéral B.F :

Borne

fontain

Cyanuration

1 Quels sont les outils utilisés pour le raffinage du minerai ?

2 Quels sont vos moyens de protection ?

Masque ☐ Casque ☐ Gants ☐ Autres

Quelle quantité de minerai est stockée par bassin ?

1 charrette ☐ 2 charrettes ☐ 3 charrettes ☐

Plus ☐

3 Quel est le temps de séjour du minerai dans le bassin ?

1 jour ☐ 2 jours ☐ 3 jours ☐

Plus

4 Quels sont les produits chimiques que vous utilisez ?

Mercure ☐ Cyanure ☐ Acide ☐

Zinc ☐ Détergent ☐ Autres

5 Pouvez-vous faire une estimation de la quantité moyenne de produits utilisés ?

6 Comment se fait le dosage avec ces produits ?

7 Que savez-vous de ces produits ?

8 Que faites-vous des déchets contenant ces produits ?

Stockés dans ☐ Rejetés dans ☐a Autres
bassin nature

9 Savez-vous que ces produits sont dangereux pour votre santé et pour l'environnement ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, comment ?

10 Quelles mesures prenez-vous pour prévenir les dangers que présentes ces produits ?

11 Connaissez-vous des maladies liées à l'utilisation de ces produits ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, lesquelles ?

12 Avez-vous déjà été victime d'une maladie liée à l'utilisation de ces produits ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, comment vous êtes-vous soignés ?

Hôpital ☐ Médicament de la rue ☐

13 Pensez-vous que l'utilisation de ces produits menace tout le site ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, comment ?

14 Connaissez-vous d'autres méthodes de récupération qui n'utilisent pas les produits chimiques ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, lesquelles ?

Si non, pourquoi ?

15 Quels sont les problèmes auxquels vous êtes confrontés dans votre activité ?

Village

1 Quelles activités pratiquez-vous ?

Agriculture ☐ Elevage ☐ Commerce ☐

Orpaillage ☐ Pêche ☐ Autres :

3 Savez-vous que l'orpaillage utilise des produits chimiques ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, lesquels ?

2 Quelle est la place de l'orpaillage dans votre ménage ?

4 Savez-vous que certains produits utilisés dans l'orpaillage peuvent avoir des effets sur votre santé et sur l'environnement ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, lesquels ?

5 Connaissez-vous des maladies liées à l'utilisation de ces produits ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, lesquelles ?

6 D'où provient votre eau de boisson ?

BF ☐ Puits ☐ Robinet ☐ Forage ☐ Autres

7 Comment jugez-vous la qualité de votre eau de boisson ?

Mauvaise ☐ Acceptable ☐ Assez bonne ☐

Bonne ☐

8 Savez-vous que les produits chimiques utilisés dans l'orpaillage peuvent se retrouver dans votre eau de boisson ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, comment ?

9 Avez-vous déjà été victime d'une maladie qui puisse être liée aux produits chimiques utilisés sur le site ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, laquelle et comment vous êtes-vous soignés ?

Hôpital Médicament de la rue

10 L'orpaillage a-t-il amélioré vos conditions de vie ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, comment ?

11 Quels genres de relations entretenez-vous avec les orpailleurs ?

Mauvaises ☐ Bonnes ☐

Justifier votre réponse

12 Avez-vous déjà eu des problèmes avec les orpailleurs ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, pour quelles raisons ?

13 Pensez-vous être en sécurité chez vous ?

Oui ☐ Non ☐

Si non, pourquoi ?

14 Si vous étiez maire, permettez-vous que les orpailleurs restent dans votre localité ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, pourquoi ?

15 Quels sont les problèmes de votre village par ordre de priorité ?

Si non, pourquoi ?

Cyanuration					
1 Quels sont les outils utilisés pour le raffinage du minerai ?			2 Quels sont vos moyens de protection ?		
			Masque ☐	Casque ☐	Gants ☐ Autres ☐
			Quelle quantité de minerai est stockée par bassin ?		
			1 charrette ☐	2 charrettes ☐	3 charrettes ☐
			Plus ☐		
3 Quel est le temps de séjour du minerai dans le bassin ?			4 Quels sont les produits chimiques que vous utilisez ?		
1 jour ☐	2 jours ☐	3 jours ☐	Mercure ☐	Cyanure ☐	Acide ☐
Plus ☐			Zinc ☐	Détergent ☐	Autres ☐
5 Pouvez-vous faire une estimation de la quantité moyenne de produits utilisés ?			6 Comment se fait le dosage avec ces produits ?		
7 Que savez-vous de ces produits ?			8 Que faites-vous des déchets contenant ces produits ?		
			Stockés dans ☐ bassin	Rejetés dans ☐ nature	Autres ☐
9 Savez-vous que ces produits sont dangereux pour votre santé et pour l'environnement ?			10 Quelles mesures prenez-vous pour prévenir les dangers que présentent ces produits ?		
Oui ☐	Non ☐				
Si oui, comment ?					
11 Connaissez-vous des maladies liées à l'utilisation de ces produits ?			12 Avez-vous déjà été victime d'une maladie liée à l'utilisation de ces produits ?		
Oui ☐	Non ☐		Oui ☐	Non ☐	
Si oui, lesquelles ?			Si oui, comment vous êtes-vous soignés ?		
			Hôpital ☐	Médicament de la rue ☐	
13 Pensez-vous que l'utilisation de ces produits menace tout le site ?			14 Connaissez-vous d'autres méthodes de récupération qui n'utilisent pas les produits chimiques ?		
Oui ☐	Non ☐		Oui ☐	Non ☐	
Si oui, comment ?			Si oui, lesquelles ?		

Si non, pourquoi ?		15 Quels sont les problèmes auxquels vous êtes confrontés dans votre activité ?	
Village			
1 Quelles activités pratiquez-vous ?		2 Quelle est la place de l'orpaillage dans votre ménage ?	
Agriculture ☐	Elevage ☐	Commerce ☐	
Orpaillage ☐	Pêche ☐	Autres :	
3 Savez-vous que l'orpaillage utilise des produits chimiques ? ☐		4 Savez-vous que certains produits utilisés dans l'orpaillage peuvent avoir des effets sur votre santé et sur l'environnement ?	
Oui ☐	Non ☐	Oui ☐	Non ☐
Si oui, lesquels ?		Si oui, lesquels ?	
5 Connaissez-vous des maladies liées à l'utilisation de ces produits ?		6 D'où provient votre eau de boisson ?	
☐ Oui	☐ Non	BF ☐	Puits ☐ Robinet ☐ Forage ☐ Autres
Si oui, lesquelles ?		7 Comment jugez-vous la qualité de votre eau de boisson ?	
		Mauvaise ☐	Acceptable ☐ Assez bonne ☐
		Bonne ☐	
8 Savez-vous que les produits chimiques utilisés dans l'orpaillage peuvent se retrouver dans votre eau de boisson ?		9 Avez-vous déjà été victime d'une maladie qui puisse être liée aux produits chimiques utilisés sur le site ?	
Oui ☐	Non ☐	Oui ☐	Non ☐
Si oui, comment ?		Si oui, laquelle et comment vous êtes-vous soignés ?	
		Hôpital	Médicament de la rue
10 L'orpaillage a-t-il amélioré vos conditions de vie ?		11 Quels genres de relations entretenez-vous avec les orpailleurs ?	
Oui ☐	Non ☐	Mauvaises ☐	Bonnes ☐
Si oui, comment ?		Justifier votre réponse	
12 Avez-vous déjà eu des problèmes avec les orpailleurs ?		13 Pensez-vous être en sécurité chez vous ?	
Oui ☐	Non ☐	Oui ☐	Non ☐

Si oui, pour quelles raisons ?		Si non, pourquoi ?	
14 Si vous étiez maire, permettez-vous que les orpailleurs restent dans votre localité ?		15 Quels sont les problèmes de votre village par ordre de priorité ?	
Oui ☐	Non ☐		
Si oui, pourquoi ?			
Si non, pourquoi ?			