



**RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES SUR LES SITES  
D'ORPAILLAGE AU BURKINA FASO : CYCLE DE VIE DES PRINCIPAUX  
POLLUANTS ET PERCEPTIONS DES ORPAILLEURS (CAS DU SITE  
ZOUNAZAGMLIGNE DANS LA COMMUNE RURALE DE BOUROOM,  
REGION DU CENTRE-NORD)**

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

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 13 Octobre 2014 par :

**Joël ROAMBA**

**Travaux dirigés par :**

**Dr. 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. Lynda SAWADOGO

Membres et correcteurs : Dr. Maïmouna BOLOGO  
Dr. Sandrine BIAU LALANE  
Ig. Marcelin KOUAKOU

**Promotion 2013/2014**

## **DEDICACES**

Ce document est dédié :

- A mon Père qui nous a quitté en Février dernier. Que son âme repose en paix ;
- A toute ma famille, pour son soutien sans cesse pendant mes cinq années de formation ;
- A mes amis et camarades de classe ;

A tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont toujours assisté.

## REMERCIEMENTS

Ce mémoire est le fruit d'un travail de dur labeur avec le concours de plusieurs personnes. Je me dois de leur témoigner ma gratitude. Mes remerciements vont particulièrement à l'endroit de :

- Pr Hama YACOUBA, Directeur de la recherche à 2IE, pour m'avoir offert l'opportunité d'effectuer ce stage ;
- Dr Yacouba KONATE, Responsable du Laboratoire Eau, Dépollution, Ecosystème et Santé (LEDES) pour tout le matériel mis à notre disposition pour les missions ;
- Mes encadreurs : Dr Anderson ANDRIANISA, Dr Hela KAROUI, Dr Maïmouna BOLOGO, Ig Marcelin KOUAKOU, pour le suivi et l'accompagnement durant tout le stage ;
- Mr Etienne SEBGO, maire de la commune rurale de Bouroum, pour sa disponibilité à toutes nos sollicitations et pour nous avoir hébergés dans les locaux de la mairie pendant la phase de collecte des données;
- Aux autorités communales, pour l'hospitalité et la collaboration pendant les missions à Bouroum;
- Mr Amadé OUIMENGA, conseiller municipal de Kayara, pour son assistance pendant les missions à Bouroum et surtout pour nous avoir emprunté un moyen de déplacement ;
- Mr Yembila OUIMENGA, chef du site d'orpaillage, pour sa disponibilité et son soutien sans cesse pour toutes nos activités sur le site ;
- Aux orpailleurs ayant collaboré, pour leur disponibilité pendant les enquêtes ;
- A François Kouadio KOUASSI avec qui, j'ai travaillé sur le même thème. Surtout pour son assistance pendant toute la période de stage et pour l'ambiance pendant les missions sur les sites ;
- Au corps enseignant de 2IE, pour le suivi pendant mes cinq années de formation.

## RESUME

Le Burkina Faso connaît ces dernières décennies un développement progressif du secteur minier avec pour conséquence directe le passage de l'or à la première place des produits d'exportation depuis 2009. Ce secteur est caractérisé par la coexistence de l'exploitation industrielle et de l'exploitation artisanale ou orpaillage. L'orpaillage se fait sur plus de 800 sites répartis sur le territoire national. En 2011, il occupait plus de 850 000 personnes issues généralement des zones rurales. C'est la principale activité de ces populations en saison sèche et il contribue fortement aux budgets communaux. Par ailleurs, il implique l'utilisation de produits chimiques toxiques tels que le mercure et le cyanure. Cette étude menée sur le site Zougnazagmligne dans la commune de Bouroum dans le Centre Nord consiste à contribuer à la maîtrise des risques environnementaux et sanitaires liés à l'utilisation des produits chimiques toxiques par les orpailleurs. Pour l'atteinte de cet objectif, des entretiens, des enquêtes et des observations ont été faites en vue de quantifier le flux de produits chimiques et d'avoir les formes de perceptions des orpailleurs sur les risques qu'ils encourent. En outre, des échantillons d'eau et de sol ont été prélevés pour évaluer leur teneur en mercure et en cyanure.

Il ressort de cette étude que le mercure et le cyanure sont effectivement utilisés sur le site. Pour un sac de 50 Kg de farine de minerai lavé, une boule de 14,4 g de mercure métallique  $Hg^0$  est utilisée et pour chaque opération de cyanuration, 1 Kg de cyanure de sodium (NaCN) est utilisé par bassin. Dans l'ensemble, 31,43% des populations sont conscientes qu'elles sont exposées à des risques d'intoxication aux vapeurs de mercure ou à l'ingestion du cyanure contrairement à 42,86% qui estiment que l'utilisation de ces produits ne constitue pas de danger pour la santé et pour l'environnement. Parmi ceux qui sont conscients, 27% disent prendre des mesures de prévention des risques en portant des équipements de protection individuelle et 73% s'en remettent à Dieu comme protecteur suprême. Par ailleurs, les eaux de forage ont des concentrations de mercure dépassant la norme de consommation recommandé par l'OMS. Ces eaux sont également contaminées par le cyanure. Les sols sont aussi affectés par ces polluants mais avec des concentrations ne dépassant les normes de mise en culture en dehors des stériles issus de la cyanuration.

Mots clés : Mercure, Cyanure, Santé, Environnement, Orpaillage, Bouroum.

## ABSTRACT

Burkina Faso knows these latest decencies a progressive development of mining sector with direct consequence the gold passage to first place of exportations since 2009. This sector is characterized by coexistence between industrial exploitation and artisanal exploitation commonly calls orpaillage in French. Orpaillage is made over 800 sites spread in all of national territory. In 2011, it occupied over 850 000 people mostly come from rural areas. It's these people meanly activity in dry season and it contributes largely to townships budgets. Otherwise, it implicates some toxics chemicals use such as mercury and cyanide. This study lead on Zougnazagmligne site in Bouroum rural township in Middle-North aims to contribute to control environmental and health risks linked to toxics chemicals by gold washers. To reach this objective, some interviews, surveys and observations have been made to quantify chemicals flow and gold washer's perceptions about risks that they are exposed. Moreover, some water and soil samples have been taken to determinate its mercury and cyanide concentrations.

The result is that mercury and cyanide are effectively used in the site. A 14, 4 g metallic mercury  $Hg^0$  bowl is used per 50 Kg of crushed ore washed and 1 Kg of sodium cyanide (NaCN) per pond for each cyanide operation. In some, 31, 43% of people are aware that they are exposed to mercury steam intoxication or to cyanide ingestion. On the other hand, 42, 48 think that chemicals use don't form risk for health and environment. Among the aware, 27% take prevention measures by using individual protective equipment's and the others (73%) get back to God. Moreover, drilling waters have concentrations that exceed WHO recommendations for drinking water. These waters are also contaminated to cyanide. Soils samples are also affected by these pollutants but at lower concentrations than recommendations for cultivation of land except ores from cyanide process.

**Keys words:** mercury, cyanide, health, environment, orpaillage, Bouroum.

## **SIGLES ET ABREVIATIONS**

<b>ABNAF</b>	: Brigade Nationale Anti-Fraude
<b>ACGIH</b>	: American Conference of Governmental Industrial Hygienists
<b>AFEMIB</b>	: Association des Femmes Miniers du Burkina
<b>BUMIGEB</b>	: Bureau des mines et de la géologie du Burkina
<b>CN</b>	: Cyanure
<b>CONAPEM</b>	: Corporation Nationale des Petits exploitants Miniers
<b>CSPS</b>	: Centre de Santé et de Promotion Sociale
<b>DEMAS</b>	: Direction de l'Exploitation Minière Artisanale et Semi-mécanisée
<b>DGACV</b>	: Direction Générale de l'Amélioration du Cadre de Vie
<b>DGCM</b>	: Direction Générale du Cadastre Minier
<b>DGCN</b>	: Direction Générale de la Conservation de la Nature
<b>DGMGC</b>	: Direction Générale des Mines, de la Géologie et des Carrières
<b>ETM</b>	: Élément Trace Métallique
<b>EPI</b>	: Equipement de Protection Individuelle
<b>HAP</b>	: Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
<b>HCN</b>	: Cyanure d'hydrogène
<b>Hg</b>	: Mercure
<b>IGAME</b>	: Inspection Générale des Activités Minières et Énergétiques
<b>INERIS</b>	: Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
<b>INRS</b>	: Institut National de la Recherche Scientifique
<b>INSD</b>	: Institut National de la Statistique et de la Démographie
<b>IRA</b>	: Infection Respiratoire Aigüe
<b>IST</b>	: Infection Sexuellement Transmissible
<b>MST</b>	: Maladie Sexuellement Transmissible
<b>NaCN</b>	: Cyanure de sodium
<b>OMS</b>	: Organisation Mondiale de la Santé
<b>PCB</b>	: Polychlorobiphényle
<b>PCD</b>	: Plan Communal de Développement
<b>PIB</b>	: Produit Intérieur Brut
<b>SOMIKA</b>	: Société des Mines Kindo Adama
<b>SOMITA</b>	: Société des Mines de Taparko
<b>WAD</b>	: Weak Acid Dissociable Cyanide

## TABLE DES MATIERES

DEDICACES .....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT .....	iv
SIGLES ET ABREVIATIONS .....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES .....	x
INTRODUCTION GENERALE.....	xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE .....	4
I. Définition des concepts .....	5
II. Cadre législatif et règlementaire .....	7
II.1 Règlementation au Burkina Faso .....	7
II.2 Cadre institutionnel .....	8
III. Généralités sur l'orpaillage.....	9
IV. Produits chimiques utilisés dans l'orpaillage .....	11
IV.1 Mercure .....	11
IV.2 Cyanure .....	14
IV.3 Autres produits utilisés.....	18
V. Eléments contenant des polluants chimiques .....	19
V.1 Les piles .....	19
V.2 Les huiles usées.....	20
V.3 Les détergents .....	21
VI. Perception des orpailleurs.....	21
CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES .....	22
I. Choix de la zone d'étude .....	23
II. Présentation du site d'étude .....	23
III. Environnement biophysique du site choisi .....	24
III.1 Climat et pluviométries .....	24
III.2 Hydrographie.....	24
III.3 Relief .....	24
III.4 Sols .....	24
III.5 Végétation .....	24

IV.	Milieu socio-économique .....	24
IV.1	Démographie .....	24
IV.2	Santé .....	25
IV.3	Sécurité .....	25
V.	Démarche méthodologique pour la collecte des données .....	25
V.1	Outils de collecte des données .....	25
V.2	Collecte des données .....	27
VI.	Traitement des données .....	30
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS .....		32
I.	Organisation socio-économique autour du site .....	33
I.1	Fonçage .....	34
I.2	Test du minerai .....	36
I.3	Concassage .....	37
I.4	Broyage .....	38
I.5	Lavage .....	38
I.6	Récupération au mercure .....	39
I.7	Récupération au cyanure ou cyanuration .....	40
II.	Caractérisation de la population du site .....	42
II.1	Estimation de la population directement impliquée dans les activités du processus 42	
II.2	Répartition de la population en fonction de l'âge et le genre .....	43
II.3	Niveau d'instruction des orpailleurs .....	43
II.4	Niveau d'implication des enfants dans la chaîne d'orpaillage .....	44
III.	Quantités et formes de produits chimiques sur le site .....	45
III.1	Les éléments contenant les polluants chimiques .....	46
III.2	Quantité de mercure et de détergent .....	47
III.3	Quantité de cyanure, de zinc et d'acides utilisés .....	47
IV.	Niveau de pollution des eaux et sols .....	49
IV.1	Niveau de pollution des eaux .....	49
IV.2	Niveau de pollution des sols .....	51
V.	Risques liés à l'orpaillage .....	53
VI.	Impacts de l'orpaillage à Bouroum .....	54
VII.	Perceptions des orpailleurs sur les risques liés à l'utilisation des produits chimiques 58	
VIII.	Recommandations .....	65

CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	68
BIBLIOGRAPHIE: .....	70
ANNEXES .....	72
Annexe 1: Exemple de permis d'exploitation artisanale .....	i
Annexe 2: Les différentes formes de mercure présents dans l'environnement .....	iv
Annexe 3 : Toxicité des composés cyanurés .....	v
Annexe 4 : Normes .....	vi
Annexe 5 : Guide d'entretien.....	vii
Annexe 6 : Questionnaire .....	xi

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I: Points de prélèvement et paramètres recherchés.....	29
Tableau II: Répartition des échantillons dans les laboratoires .....	30
Tableau III: Estimation de la population directement impliquée dans les activités de la chaîne d'orpaillage sur le site .....	42
Tableau IV: Quantités moyennes journalières de mercure et de détergent utilisées sur le site	47
Tableau VI: Quantité moyenne de zinc utilisé sur les sites pour une opération de cyanuration .....	48
Tableau VII: Quantités moyennes d'acides utilisées sur les sites pour une opération de cyanuration .....	48
Tableau VIII: Estimation des quantités des produits utilisés par semaine .....	49

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Les différentes étapes de l'activité d'orpaillage .....	10
Figure 2: Localisation du site .....	23
Figure 3: Points de prélèvement d'eau et de sol .....	29
Figure 4: Organisation sur le site .....	34
Figure 5: Répartition de la population impliquée dans la chaîne de l'orpaillage en fonction de l'âge et du genre.....	43
Figure 6: Niveau d'instruction des orpailleurs du site.....	44
Figure 7: Implication des enfants dans la chaîne de l'orpaillage sur le site .....	45
Figure 8: Flux de matières.....	46
Figure 9: Résultats des analyses des échantillons d'eau .....	51
Figure 10: Résultats d'analyse des échantillons de sol.....	52
Figure 11: Influence de l'âge sur la perception des risques des produits chimiques des orpailleurs du site .....	58
Figure 12: Influence du genre sur la perception des risques des produits chimiques des orpailleurs du site .....	59
Figure 13: Influence du niveau d'instruction sur la perception des risques liés à l'utilisation des produits chimiques des orpailleurs du site .....	60
Figure 14 : Perception des orpailleurs de chaque étape sur les risques liés à l'utilisation des produits chimiques .....	62
Figure 15: Mesures de prévention des risques des produits chimiques des orpailleurs .....	63

## **LISTE DES PHOTOS ET DES PLANCHES**

Photo 1: Système d'aération des trous .....	36
Planche 1 : Puits (A) et matériels de fonçage (B) .....	35
Planche 2: Test du minerai .....	37
Planche 3: Concassage du minerai .....	37
Planche 4: Moulin de broyage (A) et farine issue du broyage (B).....	38
Planche 5: Lavage du minerai .....	39
Planche 6: Amalgamation (A) et brûlage de l'amalgame (B).....	40
Planche 7: Bassins de cyanuration (A) et tracé de la vue en plan des bassins (B).....	41
Planche 8: Amalgamation (A) et brûlage (B).....	53
Planche 9: Quelques impacts environnementaux de l'orpaillage .....	57
Planche 10: Hygiène sur le site .....	64

## **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION

L'exploitation des ressources minérales, par essence non renouvelables, peut paraître contradictoire avec le concept de développement durable (Jacques et al., 2005). En effet, il est utopique de ne pas compromettre les besoins des générations futures en exploitant des ressources naturelles de façon irréversible.

Depuis la fin des années 1990, les institutions financières internationales promeuvent l'initiative privée comme moteur du développement socio-économique et le secteur minier industriel est «désigné pour jouer un rôle central dans le programme de réduction de la pauvreté en Afrique de la Banque mondiale »<sup>1</sup>. Le Burkina Faso était considéré comme un pays où l'économie reposait sur l'agriculture et l'élevage et où 70% de la population vivait et pratiquait ces activités en milieu rural (INSD, 2006). Les aléas climatiques observés ces dernières décennies ont rendu précaire l'activité agricole et il est apparu nécessaire de diversifier les sources de revenus du trésor public. Dans sa dynamique de diversification, l'Etat Burkinabè a entrepris depuis les années 1990, un processus progressif de développement du secteur minier et les travaux d'exploration minière ont permis de mettre en évidence des ressources minérales intéressantes comme l'or et le zinc. A la fin de l'année, on comptait déjà sept (7) mines d'or en exploitation (RAJIT-ORCADE-Min 'Alerte, 2013).

Au Burkina Faso, le secteur minier est caractérisé par la coexistence de l'exploitation à grande échelle pratiquée par les grandes compagnies et l'exploitation à petite échelle (mine artisanale et petite mine). Actuellement le secteur aurifère constitue une composante essentielle dans le développement économique et social du pays et joue un rôle important dans l'économie nationale. La part de l'exploitation de l'or dans le PIB est croissante et avoisine 4 % si les activités informelles sont prises en compte (2 % à 2.5% sinon). L'or représente également près de 43% des exportations du pays et a rapporté près de 180 milliards de FCFA en 2009 devenant ainsi la première source de devises devant le coton (Maradan et al., 2011).

Dans le secteur minier, l'évolution de l'extraction industrielle n'a pas entravé la croissance de l'exploitation artisanale communément appelé orpaillage. Si la première semble être réglementée, la seconde sans l'être, concerne des opérations menées par des individus ou des petits groupes d'individus dans une démarche qui s'apparente à une exploitation opportuniste. C'est une activité de subsistance à dominance saisonnière, le plus souvent complémentaire de l'agriculture, qui occupait déjà plus de 850 000 personnes en 2011 (Lankoandé and Maradan,

---

<sup>1</sup> Paulo Gomes, l'un des directeurs exécutifs de la Banque mondiale, cité dans Campbell et al, 2004

2013). Plus de 800 sites dont seulement 217 bénéficieraient d'une autorisation administrative sont repartis sur tout le territoire national (Direction de l'Exploitation Minière Artisanale et Semi-mécanisé DEMAS, 2014). L'orpaillage a fourni entre 1986 et 2008, 18 tonnes d'or métal soit 53 milliards de francs CFA comme contribution à l'économie nationale et a contribué pour plus de 3 milliards de francs CFA sous forme d'appui aux budgets provinciaux (Direction Générale des Mines, de la Géologie et de Carrières DGMGC, 2009). Il procure par ailleurs des revenus aux populations locales à travers les activités connexes (restauration, commerce).

Toutefois, la croissance accélérée de l'orpaillage a des conséquences sur plusieurs plans. Sur le plan social, l'afflux massif des populations sur les sites s'accompagne de la tendance à la dégradation des mœurs. La prostitution, l'usage de stupéfiants, la délinquance, l'escroquerie, le banditisme et même la criminalité, sont des phénomènes observés dans ces sites.

Sur le plan de l'environnement naturel, la dégradation physique est observable sur les sites du fait de l'installation et des activités des orpailleurs. L'utilisation de produits chimiques, notamment le mercure et le cyanure pour l'extraction et la contamination consécutive des eaux et sols par les rejets solides et liquides sont également des phénomènes largement répandus.

Sur le plan sanitaire, le manque d'hygiène et l'exposition aux poussières et à l'humidité dans les trous exposent les orpailleurs à toutes sortes de maladies. L'utilisation du mercure et du cyanure vient rajouter aux risques. Selon Tomic et al (2011) cité par (Lankouandé et Maradan, 2013), près de 2/3 des travailleurs des mines artisanales présenteraient des symptômes d'exposition chronique au mercure au Burkina Faso.

L'estimation de l'impact de l'utilisation des produits chimiques sur la santé et l'environnement dans les mines artisanales au Burkina Faso évalue les pertes à 19,2% de la valeur ajoutée du secteur, soit 10,9 milliards de FCFA par an (Lankouandé et Maradan, 2013). Par ailleurs, les études sur l'orpaillage se sont focalisées sur ses impacts environnementaux et sanitaires. Le flux des produits chimiques utilisés lors du processus d'extraction et le degré de contamination des eaux et des sols sont rarement évoquées dans ces études. En outre, les informations sur les perceptions des orpailleurs sur les risques qu'ils encourent ne sont pas disponibles. C'est pour contribuer à la disponibilité de ces aspects que cette étude a été initiée. Elle a pour objectif global de contribuer à la maîtrise des risques environnementaux et sanitaires liés à l'utilisation des produits toxiques par les orpailleurs dans la commune rurale de Bouroum située au Centre Nord du Burkina Faso. Il s'agit spécifiquement de :

- Déterminer la forme et estimer la quantité des produits chimiques utilisés à chaque phase du processus d'extraction de l'or sur les sites d'orpaillage;
- Déterminer le degré de contamination 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.

Le présent document est divisé en trois (03) chapitres :

- La revue bibliographique ;
- Les matériels et méthodes ;
- Les résultats et discussions.

## **CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

Afin de permettre de mieux comprendre certains termes et expressions utilisés tout au long du document, nous commençons à rappeler les définitions de quelques concepts fréquemment utilisés dans le document.

## **I. Définition des concepts**

### **o Environnement :**

**La loi N°005/AN 2013 du 03 Avril 2013** portant code de l'environnement du Burkina Faso définit l'environnement comme l'ensemble des éléments physiques, chimiques et biologiques naturels ou artificiels et des facteurs économiques, sociaux, politiques et culturels, qui ont un effet sur le processus de maintien de la vie, la transformation et le développement du milieu, les ressources naturelles ou non et les activités humaines.

### **o Santé :**

Selon le dictionnaire Larousse, la santé est définie 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'infirmités dont le sujet peut être affecté.

### **o Risque :**

Le risque est la probabilité d'occurrence d'un effet nocif résultant de l'exposition d'une entité (Homme, population, écosystème) à un danger qui peut être un agent chimique (pesticide), physique ou une action quelconque (Calvet, 2005).

### **o Produit chimique :**

Un produit chimique désigne qu'une substance chimique soit présente isolément ou dans un mélange ou une préparation, soit fabriquée ou tirée de la nature (Ouoba, 2013). Par la suite les produits chimiques toxiques et dangereux désignent tout produit chimique qui par son action chimique sur des processus biologiques, peut provoquer chez les êtres humains ou les animaux, la mort, une incapacité temporaire ou des dommages permanents ou affecter l'environnement (article 2, aliéna 2 de la convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'emploi des armes chimiques et sur leur destruction, Paris, 13 janvier 1993).

○ **Cycle de vie :**

C'est l'ensemble des phases consécutives et liées d'un produit partant de l'acquisition des matières premières à la fin de vie du produit.

○ **Perception :**

La perception est définie dans le lexique des sciences sociales (Grawitz, 2004) comme la fonction par laquelle notre esprit se forme une représentation des choses extérieures. Cette perception dépend des expériences, de la culture, de l'environnement social dans lequel l'individu évolue.

○ **Exploitation artisanale de l'or :**

Au terme de l'article 4 de la **Loi N°031-2003/AN** du 8 mai 2003 portant code minier au Burkina Faso, l'exploitation artisanale est définie 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.

**L'orpaillage** est l'exploitation artisanale de l'or.

**L'orpailleur** est toute personne exploitant l'or de façon artisanale.

○ **Mercure :**

C'est un métal blanc argenté de symbole Hg et de numéro atomique 80 dans la classification de Mendeleïev. Il fait partie de la famille des métaux lourds comme le cadmium, le plomb ou le zinc. Son point de fusion est de  $-38,9^{\circ}\text{C}$ , son point d'ébullition est de  $357,3^{\circ}\text{C}$  et c'est le seul métal qui demeure sous forme liquide à la température ambiante (INRS, 2004).

○ **Cyanure :**

C'est un élément chimique de symbole CN formé d'un atome de carbone lié par une triple liaison à un atome d'azote. C'est un poison extrêmement violent naturellement présent dans certaines plantes et qui connaît une large gamme d'utilisation dans le domaine industrielle.

○ **Huiles usées :**

D'après le Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement, une huile usée ou huile usagée désigne une huile provenant des sources industrielles et non industrielles et destinée à la lubrification ou à d'autres fins, et qui est devenue impropre à son usage en raison de la présence d'impuretés ou de la perte de ses propriétés initiales.

### o **Enfant :**

Dans la Charte africaine des droits et du bien-être de l'enfant ratifiée par le Burkina Faso le 27 août 1992, l'enfant est défini comme « tout être humain âgé de moins de 18 ans ».

En plus de ces définitions, le pays est doté d'un certain nombre de textes réglementant l'activité d'orpaillage et l'utilisation des produits chimiques dans ladite activité.

## **II. Cadre législatif et réglementaire**

Au Burkina Faso, l'amélioration de la gestion des produits chimiques constitue un enjeu capital. En effet, l'activité économique du pays se mène principalement autour de quelques produits comme le coton, l'élevage et les cultures vivrières, auxquels s'ajoute une production minière en pleine expansion. Ils nécessitent parfois l'utilisation des produits chimiques à la fois utiles pour de bons rendements et nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement. C'est pourquoi le pays s'est doté d'une réglementation pour garantir le respect de l'environnement et des mesures de protection de la santé par les acteurs mettant en œuvre des projets.

### **II.1 Réglementation au Burkina Faso**

Au terme de l'article 7 de la **Loi n°031-2003/AN** du 8 mai 2003 portant code minier au Burkina Faso, la recherche et l'exploitation de substances minérales sont autorisées en vertu d'un titre minier, à l'exception toutefois, de **l'exploitation artisanale traditionnelle**, de la recherche et de l'exploitation de substances de carrières, de l'exploitation autre que minière des haldes et terrils de mines et de résidus d'exploitation de carrières, qui font l'objet **d'une simple autorisation administrative**.

Soucieux de la préservation de l'environnement, en application des recommandations du programme « **Action 21** » adopté à Rio au Brésil en 1992 au Sommet de la Terre et en référence également à la stratégie de la gestion internationale des produits chimiques (SAICM) adoptée à Dubaï (Emirats arabes unis) en février 2006 ; le Burkina Faso a adopté un certain nombre de textes réglementaires afin d'assurer une bonne gestion des produits chimiques fabriqués et/ou utilisés dans le pays. En 2008, une quarantaine d'instruments juridiques gouvernait le domaine des produits chimiques. Ces textes connaissent d'énormes difficultés de mise en œuvre et concernent la globalité des produits chimiques.

Dans le domaine minier, le décret **N°2005-047/PRES/PM** du 03 février 2005 portant gestion des titres miniers au Burkina Faso à son article 160, aliéna 4 et l'article 4 de l'autorisation

d'exploitation artisanale (annexe 1) proscrivent l'utilisation des substances explosives de même que les produits chimiques pour le traitement des minerais dans l'orpaillage.

Toutefois il n'existe pas encore une réglementation spécifique nationale applicable à la gestion des produits chimiques dans le secteur minier. Seulement des textes de portée générale comme le code de l'environnement et le code minier traitent des produits chimiques.

## **II.2 Cadre institutionnel**

Le ministère des mines, des carrières et de l'énergie à travers la DGMGC, l'Inspection Générale des Activités Minières et Énergétiques (IGAME) et la Brigade Nationale Anti-Fraude (ABNAF) sont les institutions de régulation et de contrôle de l'activité minière.

Au niveau du ministère de l'environnement et du développement durable, la Direction Générale de la Conservation de la Nature (DGCN) assure l'exécution technique des missions en matière de forêt et de faune. La Direction Générale de l'Amélioration du Cadre de Vie (DGACV) est 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. Cette direction est représentée au niveau déconcentré par treize (13) directions régionales et quarante-cinq (45) directions provinciales.

Les artisans miniers sont aussi organisés en associations, en coopératives et en syndicats. Il existe une corporation des artisans miniers appelée la Corporation Nationale des Petits exploitants Miniers (CONAPEM). Les femmes du secteur minier ont leur propre association, l'AFEMIB (Association des Femmes Miniers du Burkina).

En ce qui concerne les produits chimiques, il n'existe pas un cadre institutionnel de gestion de ces produits dans le secteur minier. Les agents du ministère des mines font souvent des sorties de sensibilisation et d'information sur les sites d'orpaillage et au niveau des collectivités territoriales, autour des impacts des produits chimiques sur l'homme et l'environnement.

Les difficultés d'application de ces textes et la centralisation des institutions de régulation de l'activité d'orpaillage expliquent son extension sur tout le territoire national. Il a des impacts sur le milieu socio-économique notamment les économies locales et sur l'environnement physique et biophysique.

### III. Généralités sur l'orpaillage

L'orpaillage est une activité largement informelle qui exploite sans planification, avec des méthodes et des outils souvent ancestraux et rudimentaires, une ressource mal connue (Jacques et al., 2005).

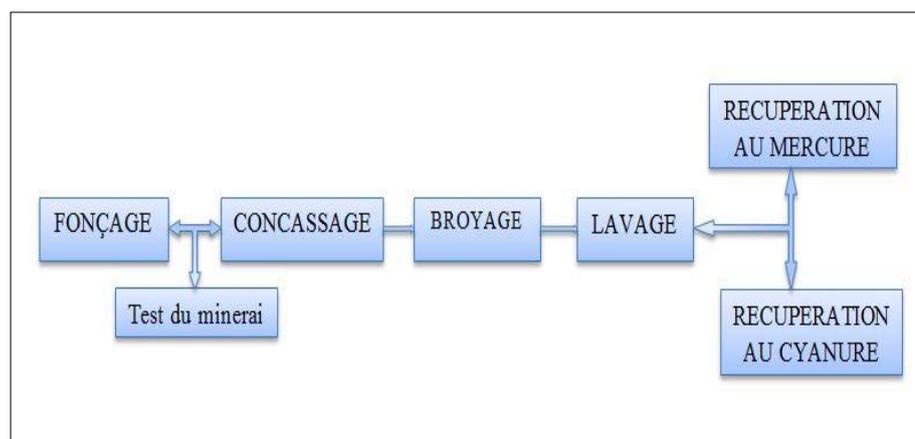
Longtemps critiqué pour ses impacts sociaux et environnementaux dévastateurs, l'orpaillage continue à se répandre dans le monde surtout en Afrique. En Afrique de l'Ouest, il a connu un essor particulier suite aux périodes de sécheresse qui ont touché le Sahel au cours des années 1970 (Butaré et Keita, 2001).

Au Burkina, c'est une activité pratiquée par les populations rurales venant de toutes les régions du pays. L'orpaillage est à tendance saisonnière avec un regain à partir de la fin des récoltes (novembre jusqu'en mai). Il est pratiqué dans les treize (13) régions du pays où il est dénombré plus de 800 sites dont seulement 217 sites bénéficient d'autorisation d'exploitation artisanale (DEMAS, 2014).

Cette activité implique plus de 850 000 personnes et environ 518 495 habitants des zones riveraines des sites d'orpaillage bénéficient des activités induites par l'orpaillage. Globalement, ce sont plus de 1.3 million de personnes qui tirent un revenu de cette activité dont les gains sont estimés à environ 82 milliards FCFA (Maradan et al., 2011). Elle présente des atouts importants pour le pays et bénéficie surtout aux populations rurales.

Au Burkina Faso comme partout dans les pays de l'Afrique de l'Ouest, l'exploitation artisanale de l'or se fait de deux manières:

- L'exploitation alluvionnaire qui consiste à ramasser un tas de terre sur le site (opération de grattage) et de le tamiser afin d'extraire l'or sous forme de pépite ou de poudre. Ce sont les femmes qui s'adonnent le plus souvent à cette forme d'exploitation. Elle nécessite de simples outils comme le panier, le tamis, la pioche pour le grattage et de l'eau et surtout moins d'effort physique ;
- L'exploitation du type filonien: c'est la plus répandue. Des spécialistes de la tectonique des sols s'adonnent à la détection et au suivi de filons. Elle se fait en profondeur et demande beaucoup d'effort physique. Elle est pratiquée par les hommes et est la plus répandue sur tous les sites d'orpaillage au Burkina Faso. Elle se fait généralement en six (06) étapes suivant les indications de la figure 1.



**Figure 1 : Les différentes étapes de l'activité d'orpaillage**

Le processus d'exploitation artisanale comporte d'énormes risques notamment sur la santé humaine mais aussi sur l'environnement et les ressources naturelles du fait :

- des produits chimiques toxiques utilisés. Les rejets directs des boues issues de la récupération de l'or au mercure et de la cyanuration dans le milieu récepteur favorisent la mobilisation et la dispersion des métaux lourds dans l'environnement, notamment dans les eaux de surface par ruissellement, et dans les eaux souterraines par infiltration. En effet, le phénomène de méthylation du mercure est favorisé par les conditions physico-chimiques en milieu aqueux, conduisant ainsi à la forme la plus toxique et dangereuse du mercure pour la santé publique (Ouédraogo, 2010). Environ 357 000 m<sup>3</sup> d'eau sont pollués par an (Lankouandé et Maradan, 2013) ;
- de l'absence d'un système de gestion des produits chimiques au niveau du pays. Le manque de contrôles rigoureux a donc favorisé l'entrée, la commercialisation et l'utilisation abusive des produits chimiques dans l'activité. Conjugée à l'exposition des acteurs à la poussière, à l'humidité dans les galeries, l'utilisation des produits chimiques toxiques accélère la dégradation de la situation sanitaire sur les sites. Selon Tomic et al (2011) cité par (Lankouandé et Maradan, 2013), près de 2/3 des travailleurs des mines artisanales présenteraient des symptômes d'exposition chronique au mercure au Burkina Faso ;
- de la dégradation rapide des mœurs sur les sites avec la prostitution, l'usage de stupéfiants ;
- l'insécurité avec le développement de la délinquance, l'escroquerie, le banditisme et même la criminalité.

Sur le plan environnemental, l'orpaillage contribue (Ouédraogo, 2010) :

- au déboisement et à la déforestation ;
- à la dégradation des sols ;
- à la pollution de l'air par la poussière et le monoxyde de carbone ;
- à la pollution du sol et de l'eau par les huiles usagées des moteurs de broyeurs et motopompes et les produits chimiques ;
- à la prolifération de toute sorte de déchets solides (piles usées, sachets plastiques) ;
- à la perte de la biodiversité, la détérioration du paysage ;

En ce qui concerne les sols, la superficie occupée par les sites n'est pas connue avec exactitude du fait de la forte mobilité des orpailleurs. La zone dégradée a été estimée à 100 000 ha en 2011 (Lankouandé et Maradan, 2013).

Tout au long de leur cycle de vie, le mercure et cyanure peuvent impacter négativement l'environnement si leur utilisation n'est pas conforme aux normes d'utilisation.

#### **IV. Produits chimiques utilisés dans l'orpaillage**

##### **IV.1 Mercure**

Le mercure (Hg) fait partie du groupe des métaux lourds également appelé éléments traces métalliques (ETM) que l'on retrouve dans l'environnement. C'est un élément toxique qui n'accomplit aucune fonction physiologique chez l'être humain.

Il est naturellement présent dans l'environnement lors des émissions volcaniques, par érosion des sols et des roches et par évaporation des océans. De façon artificielle, la présence du mercure dans l'environnement est associée essentiellement aux émissions atmosphériques et aux rejets liquides des industries minières et métallurgiques, à la combustion des combustibles fossiles ou encore à la fabrication du chlore, de la soude et du ciment, etc.

##### **IV.1.1. Les différentes formes de mercure**

Les composés du mercure présents dans l'environnement sont de deux groupes :

- le mercure inorganique composé du mercure métallique  $\text{Hg}^0$  et du mercure inorganique  $\text{Hg}^{2+}$  ;
- le mercure organique  $\text{Hg}^+$ .

Toutefois ces composés peuvent se transformer à travers des réactions comme la méthylation/déméthylation, l'oxydation ou se combiner avec d'autres éléments pour former d'autres composés mercureux et mercuriques. Par exemple, le cation  $\text{Hg}^+$  se combine aux anions inorganiques  $\text{S}^-$ ,  $\text{Cl}^-$   $\text{OH}^-$  et aussi aux composés organiques pour former notamment le méthylmercure, le plus toxique des composés mercuriels pour les organismes vivants. Ces

réactions sont influencées par plusieurs paramètres tels que le pH, le potentiel d'oxydoréduction, la composition en sels nutritifs et la température. Le tableau de l'annexe 2 recense les composés dérivant du mercure présents dans l'environnement énumérés par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) (Thomassin et Touzé, 2003)

#### **IV.1.2. Utilisation du mercure**

Le mercure est utilisé dans un grand nombre de produits et procédés industriels. Pour ses propriétés physico-électriques, il est utilisé dans la conception des instruments de mesure (baromètres, thermomètres...), dans les lampes électriques (fluorescentes, néons, UV...), etc. Dans le domaine médical, il est utilisé dans la fabrication des produits pharmaceutiques (antiseptiques, purgatifs), les indicateurs réactifs, les amalgames dentaires, etc.

Le mercure forme avec les autres métaux tels que l'or, l'argent et l'étain des alliages appelés amalgames d'où son utilisation dans les industries minières et métallurgiques.

Dans l'exploitation minière de l'or, le mercure est utilisé pour extraire l'or des minerais par la formation de l'amalgame, qui ensuite chauffé à haute température entraîne l'évaporation du mercure et le recueil de l'or. Cette méthode est utilisée par les communautés pratiquant l'orpaillage car elle est moins coûteuse et est à la portée d'un seul exploitant. Les rejets anarchiques des déchets issus de l'utilisation du mercure sont à l'origine des pollutions mercurielles de l'environnement.

#### **IV.1.3. Comportement du mercure dans l'environnement**

##### **o Dans l'air**

Dans l'atmosphère le mercure est présent à 90% sous sa forme élémentaire  $Hg^0$ . Le solde restant se compose de teneur décroissante de diméthylmercure, d'autres dérivés mercuriels méthylés et diméthylés et moins de 1% de mercure particulaire (Thomassin et Touzé, 2003).

##### **o Dans le sol**

Le mercure présent dans le sol provient en partie des rejets directs des boues après amalgamation et des dépôts atmosphériques et sédimentaires dans les eaux de surface. Il est faiblement mobile dans les sols et y est rapidement immobilisé par des réactions avec les oxydes métalliques (fer, aluminium et manganèse) et surtout avec la matière organique. Il peut subir des réactions microbiennes ou chimiques de méthylation, avec formation principalement de mono-méthyle mercure, qui va favoriser sa bioaccumulation. Ces processus sont contrôlés par la concentration en ions sulfures, le potentiel d'oxydoréduction et la

quantité de matière organique. Ils se produisent principalement dans les sols hydromorphes à pH faible avec une forte teneur en matière organique (Thomassin et Touzé, 2003).

#### o Dans l'eau

Dans les eaux, le mercure est présent sous forme organique  $Hg^+$  et inorganique  $Hg^0$  et  $Hg^{2+}$  avec une forte teneur en  $Hg^{2+}$ . Il se lie rapidement à la matière en suspension. La réduction et la méthylation sont en compétition dans ce milieu. Les réactions de réduction favorisent son recyclage atmosphérique et les réactions de méthylation sont à la base de sa bioaccumulation. Dans les systèmes aquatiques, l'une de ces réactions de  $Hg^{2+}$  va donc influencer son comportement et modifier sa mobilité, sa biodisponibilité et sa toxicité pour les espèces présentes.

#### IV.1.4. Toxicité

La toxicité du mercure varie selon sa forme chimique. Les symptômes et signes de l'intoxication diffèrent donc dans le cas d'expositions au mercure élémentaire, aux composés inorganiques ou organiques. Le méthylmercure est le plus toxique de tous les composés mercuriels. Par la bioamplification, phénomène par lequel un organisme vivant concentre une substance à un niveau supérieur à celui auquel elle était présente dans le support absorbé (Thomassin et Touzé, 2003), le mercure et ses dérivés se retrouvent dans la chaîne trophique où se développent les effets toxiques

#### o Effets sur la flore et la faune aquatique

Les organismes aquatiques comme les poissons sont capables d'accumuler dans leurs tissus, le mercure issu de leur milieu de vie. L'intoxication se fait, soit directement par adsorption à travers la peau et aussi les membranes des branchies durant la respiration, soit indirectement par ingestion des proies déjà contaminés. Pour des faibles concentrations, en dehors de la bioaccumulation, le mercure et ses dérivés n'ont pas d'effets destructeurs sur les poissons. Une forte exposition entraîne des lésions des tissus branchiaux, la mort survient par asphyxie. La flore aquatique peut également concentrer le mercure présent dans son environnement. Les facteurs de concentration sont de l'ordre de 6700 pour le mercure inorganique et de 35 000 pour le méthylmercure (Simon et Boudou, 2001). L'ion méthylmercure et d'autres composés organo-mercuriels sont reconnus pour être responsables de l'inhibition de la croissance et de la photosynthèse du phytoplancton pour des concentrations de l'ordre de  $0,1 \mu g/g$  (Festy, 1973).

### o Effets sur la santé humaine

Chez l'homme la contamination se fait soit à travers la chaîne alimentaire, soit à travers l'inhalation des vapeurs de mercure. En effet, la principale source d'exposition au méthylmercure est l'alimentation, en particulier le poisson et les autres produits aquatiques. Quant aux vapeurs de mercure élémentaire, ce sont les amalgames dentaires et de minerai qui sont les sources d'exposition.

Le méthylmercure qui est le plus toxique de tous les composés organiques du mercure, est un neurotoxique pour les êtres humains. Il franchit facilement les barrières placentaire et hémato-encéphalique et s'y accumule pour exercer ses effets toxiques notamment les lésions des centres nerveux, des malformations congénitales, l'incidence au cancer à long terme, etc.

Dans les organismes humains, le mercure inhalé se retrouve dans les tissus pulmonaires et y transporté vers le cerveau où il est oxydé en ions mercuriques très peu diffusibles. Il s'accumule donc dans le tissu cérébral et provoque des dysfonctionnements du système nerveux. Une partie se fixe dans les reins et inhibe la synthèse des protéines. Les ions mercuriques diffusent dans le sang où ils se retrouvent complexés à l'albumine dans le plasma et dans les hématies. Ils s'accumulent dans les organes particulièrement les reins et le foie pour y exercer ses effets néphrotiques : troubles digestifs, vomissements, salivation excessive, urémie, etc.

## IV.2 Cyanure

Le cyanure est un composé contenant la liaison  $C \equiv N$  (Baxter et Cummings, 2006). Comme le mercure, il est largement distribué dans l'environnement. De façon naturelle, le cyanure est produit par décomposition des organismes qui contiennent des glycosides cyanogéniques comme les plantes, les algues, les champignons, les bactéries, les arthropodes (Moisan et Blanchard, 2012). Mais la majeure partie du cyanure présent dans l'environnement provient des rejets de l'exploitation minière, du traitement des métaux, des industries pharmaceutiques et des émissions des échappements des véhicules et de la combustion du charbon (Baxter et Cummings, 2006).

### IV.2.1. Les différentes formes de cyanure

Le cyanure est présent dans l'environnement sous 3 formes : le cyanure libre, les cyanures simples et les cyanures totaux.

- Le cyanure libre comprend l'ion cyanure  $CN^-$  et le cyanure d'hydrogène HCN qui est la forme la plus toxique ;

- Les cyanures simples ou cyanures faiblement dissociables (en anglais WAD : Weak Acid Dissociable Cyanide) sont des sels de cyanure plus ou moins solubles qui se dissocient en milieu aqueux à pH modéré (4,5) en libérant un cation (alcalin, alcalino-terreux ou métallique) et un anion qui contient l'ion cyanure. Ce groupe comprend les cyanures simples solubles (KCN, NaCN, Ca(CN)<sub>2</sub>, Hg(CN)<sub>2</sub>) et les cyanures simples peu solubles (Zn(CN)<sub>2</sub>, CuCN, Ni(CN)<sub>2</sub>, AgCN) ;
- Les cyanures totaux prennent en compte le cyanure libre, les WAD et les cyanures de complexes métalliques obtenus à l'issue des réactions entre l'ion cyanure et le cyanure d'hydrogène avec les métaux. Les complexes obtenus sont de type A<sub>a</sub>M(CN)<sub>b</sub> ou A est un cation alcalin et alcalino-terreux de type Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, etc. et M un cation métallique (Moisan and Blanchard, 2012).



Ces composés sont classés en 3 classes en fonction de leur constante de stabilité :

- les complexes faiblement liés ou complexes faibles (Zn(CN)<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cd(CN)<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cd(CN)<sub>3</sub><sup>3-</sup>) ;
- les complexes modérément liés ou complexes moyennement stables (Cu(CN)<sub>2</sub><sup>2-</sup>, Cu(CN)<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Ni(CN)<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ag(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup>)
- les complexes fortement liés ou complexes stables (Fe(CN)<sub>6</sub><sup>4-</sup>, Fe(CN)<sub>6</sub><sup>3-</sup>, Co(CN)<sub>6</sub><sup>4-</sup>, Au(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup>).

#### IV.2.2. Utilisation du cyanure

Le cyanure a une large gamme d'utilisation. Il constitue un élément important dans l'industrie chimique à cause de sa composition en carbone et en azote. Les cyanures de sodium et de potassium sont utilisés dans la photographie, la fabrication des pigments, la fabrication des produits pharmaceutiques, la cémentation de l'acier et dans le traitement des minerais pour l'extraction de l'or et l'argent.

Dans l'exploitation aurifère, le cyanure de sodium est utilisé pour extraire l'or des minerais qui ne sont pas facilement accessibles par les procédés simples comme la gravimétrie ou le broyage simple. La technique se base sur le principe de lixiviation qui désigne les techniques d'extraction des produits solubles à l'aide d'une solution de cyanure. En effet, les ions cyanures forment avec l'or, des complexes très stables. Les solutions cyanurées dissolvent particulièrement l'or contenu dans les minerais à travers la réaction chimique suivante :



La dissolution de l'or dépend donc de la concentration en NaCN et de l'alcalinité de la solution. En général, 0,3 à 0,5 g de cyanure sont nécessaires pour une tonne de minerai, mais dans la pratique, les industrielles utilisent 300 à 2000 g de cyanure par tonne de minerai pour une extraction plus efficace (INERIS, 2011). La récupération de l'or dans la solution se fait sur des colonnes de charbon actif ou par complexation avec le cuivre, le fer ou le zinc. Les stériles de minerai sont stockés dans des bassins pour traitement.

Dans le cas de l'orpaillage, ces stériles sont déversés dans la nature, ce qui constitue des menaces importantes pour l'environnement.

#### **IV.2.3. Comportement des cyanures dans l'environnement**

##### **o Dans l'air**

Dans l'atmosphère, les cyanures sont présents sous la forme gazeuse HCN. Ce composé a un faible taux de dégradation dans l'air et est résistant à la photolyse. Les plus importantes réactions de dégradation se font avec les radicaux hydroxylés générés photo-chimiquement, accompagnées d'une oxydation rapide conduisant à la formation de monoxyde de carbone et d'oxyde nitrique. Il est faiblement redéposé sous forme solide. La demi-vie de HCN, qui correspond au temps de dégradation de 50% de ses molécules est évaluée entre 1,4 et 2,9 années (Moisan et Blanchard, 2012).

##### **o Dans le sol**

Les principaux processus qui affectent la distribution du cyanure dans les sols sont la volatilisation et la biodégradation. Les cyanures sont présents dans les sols sous les formes HCN, cyanures métalliques alcalins et complexes métallo-cyanures immobiles. Les cyanures complexes, comme les ferrocyanures et les ferricyanures, peuvent se dégrader rapidement sous l'action du rayonnement solaire et dégager du cyanure libre. Les composés cyanurés sont tous moyennement mobiles dans les sols et leur mobilité est fortement liée au pH et à la composition du sol. En effet, elle est plus faible quand le pH est bas et quand la teneur des sols en oxydes de fer, en particules chargées positivement et en argiles est élevée.

##### **o Dans les eaux**

Dans les eaux, on retrouve les cyanures essentiellement sous la forme HCN. Ils sont aussi présents sous la forme ionique, KCN, NaCN, CaCN ou encore sous la forme de complexes métallo-cyanures mais en faible quantité par rapport à HCN. Dans ces milieux, les cyanures

libres sont en équilibre en fonction du pH et la température. A  $\text{pH} < 8$ , la forme cyanure libre est retrouvée à 93% (INERIS, 2011).

Dans l'eau potable, l'interaction entre les substances humiques et la chloramine conduit à la formation du chlorure de cyanogène ( $\text{CNCl}$ ), un gaz toxique, pendant la chloration des eaux. Par contre dans la majorité des eaux naturelles, la faible température et la neutralité du pH ne permettent pas d'observer une transformation significative des cyanures et leurs dérivés. Dans les eaux souterraines, les cyanures sont en faible quantité par rapport aux eaux de surface du fait d'une probable dégradation de composés par les microorganismes lors de la diffusion dans les sols. Dans ces eaux, la volatilisation des cyanures n'est pas importante et, en conséquence, ils pourraient persister dans ce milieu (INERIS, 2011).

#### **IV.2.4. Toxicité**

Le cyanure ne se bio-accumule pas dans les organismes vivants. Il agit directement comme un poison. HCN est le plus toxique de tous les composés de cyanure. Pour les cyanures complexes, la toxicité est due à la facilité de dissociation du cyanure libre du complexe. Le tableau de l'annexe 3 recense les principaux composés de cyanure rencontrés sur les sites miniers. La classification a été faite en fonction de la toxicité décroissante et de la stabilité des éléments (Zhang et al., 1997).

##### **o Effets sur la santé humaine**

La principale voie d'intoxication au cyanure par l'homme est l'inhalation de l'acide cyanhydrique gazeux. L'intoxication aux sels de cyanures solubles ( $\text{KCN}$ ,  $\text{NaCN}$  et  $\text{Ca}(\text{CN})_2$ ) se fait par absorption intestinale des ions cyanures mais également de l'inhalation de l'acide cyanhydrique généré au niveau stomacal en raison de l'acidité du milieu.

Comme il ne se bio-accumule pas dans les organismes vivants, ses effets toxiques les plus graves se produisent à l'intérieur des organismes et sont dus à la combinaison de  $\text{CN}^-$  avec le fer de l'hémoglobine empêchant l'oxygénation du sang (Moisan et Blanchard, 2012). La forme la plus toxique est le HCN. L'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) fixe le seuil limite de HCN dans l'air à 4,7 ppm. A des concentrations de l'ordre de 20 à 40 ppm de HCN dans l'atmosphère, des troubles respiratoires peuvent être observés et la mort survient à une concentration de 250 ppm (Logsdon et al., 1999). Dans l'organisme humain, l'ion cyanure est aussi un inhibiteur potentiel des métabolismes de croissances cellulaire et respiratoire. Il provoque des tremblements, des dysfonctionnements

thyroïdiens, des dommages nerveux. La dose létale par ingestion du cyanure est fixée entre 50 et 200 mg (Logsdon et al., 1999).

#### o Effets sur les composantes de l'environnement

Une fois libéré dans l'environnement, le cyanure adopte plusieurs comportements : complexation, adsorption, précipitation, volatilisation et biodégradation. Bien que le cyanure réagit facilement dans l'environnement pour former des complexes et des sels de stabilités variables ou se dégrade, il est très toxique pour les organismes vivants à de très faibles concentrations (Logsdon et al., 1999).

Les organismes aquatiques comme les poissons et les invertébrés aquatiques sont les plus sensibles au cyanure. Une concentration du cyanure libre de l'ordre de 5 à 7,2 µg/L en milieu aquatique réduit les performances des nageoires et inhibe le système de reproduction de beaucoup d'espèces de poisson (Logsdon et al., 1999). Seuls les algues et les macrophytes résistent mieux au cyanure libre dans l'environnement.

### IV.3 Autres produits utilisés

Les autres types de produits chimiques présents sur les sites d'orpaillage sont les acides nitrique et sulfurique et le zinc.

Les acides sulfurique ( $H_2SO_4$ ) et nitrique ( $HNO_3$ ) sont très corrosifs. Ils sont utilisés dans plusieurs réactions chimiques, la fabrication des produits chimiques organiques, inorganiques et des engrais, le traitement des minéraux et minerais d'où leur utilisation dans l'industrie minière. Leur manipulation sans équipements de protection provoque chez l'homme, des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves. L'ingestion provoque des lésions caustiques sévères du tube digestif. Les vapeurs d'acides se retrouvent également dans l'atmosphère et retombent sous forme de pluie acide contribuant à l'acidification des eaux de surface perturbant ainsi la faune et la flore aquatique.

L'acidité du sol est exprimée par le pH et régie par la quantité des ions  $H^+$  qui sont fixés sur le complexe argilo-humique ou en mouvement dans la solution de sol. Elle joue un rôle important dans l'assimilabilité des éléments nutritifs dans les sols et le rendement des cultures. La majorité des éléments nutritifs sont assimilables pour un pH optimal de sol compris entre 6 et 7 (Dinon et Gerstmans, 2008). On distingue des sols acides ( $pH < 7$ ) et des sols basiques ( $pH > 7$ ). Quand le sol est soumis à des flux d'acidité supérieurs à la leur capacité à neutraliser les acides, leur acidité ( $pH < 6$ ) augmente et progresse de la surface vers la profondeur. Après un certain temps, la couche profonde des sols ne peut plus neutraliser les

acides qui passent alors vers les nappes. L'acidification du milieu se traduit par la baisse du pH, conduisant ainsi à la perturbation de la faune aquatique.

Le zinc fait partie des ETM présents dans l'environnement. C'est aussi un oligo-élément pour les êtres vivants et pour les plantes. Il est utilisé dans la peinture d'apprêt anticorrosive et comme agent de réduction dans des réactions chimiques. Dans l'industrie aurifère, le zinc est utilisé pour la récupération de l'or des solutions cyanurées par complexation.

Bien qu'étant un élément indispensable pour les êtres vivants et pour les plantes, une forte concentration dans ces organismes entraîne des effets toxiques. Chez l'homme des concentrations importantes provoquent des problèmes de santé comme les irritations de la peau et les vomissements. Elles peuvent aussi endommager le pancréas et perturber le métabolisme des protéines. Dans les eaux, les fortes teneurs en zinc peuvent aussi augmenter l'acidité du milieu et perturber l'équilibre des écosystèmes aquatiques. Le zinc s'accumule aussi dans le sol et empêche le développement des plantes à de fortes teneurs.

En plus de ces polluants aux effets néfastes largement utilisés, les sols et eaux des zones d'orpaillage sont exposés à d'autres formes de polluants issus de l'utilisation intensive des piles électriques et de leur rejet anarchique dans l'environnement, des détergents et des hydrocarbures dans certaines activités de la chaîne d'orpaillage.

## **V. Eléments contenant des polluants chimiques**

### **V.1 Les piles**

Une pile est une réserve d'énergie transportable. Elle fabrique de l'électricité dans une réaction chimique qui met en présence deux métaux différents plongés dans une solution conductrice. Il existe plusieurs types de couplages électrochimiques dans les piles : piles alcalines/salines, piles lithium, piles boutons. Les piles lithium sont utilisées dans les montres et calculettes et les alcalines dans les lampes torches. On distingue 2 catégories de piles :

- les piles dites primaires qui ne sont pas rechargeables où la réaction n'est pas réversible. L'énergie est utilisée jusqu'à ce que la pile se décharge. Celle-ci dévient un déchet ;
- les piles secondaires qui sont rechargeables.

Dans l'orpaillage, la première catégorie est utilisée avec les lampes torches pour l'éclairage dans les galeries. Une fois la pile déchargée, elle est abandonnée soit à l'intérieur des trous, soit rejetée à la surface du sol alors qu'elle contient des éléments tels que le nickel, le cadmium, le mercure, le plomb, le fer et le zinc qui sont des éléments traces métalliques

(ETM). Ces éléments sont connus pour être bioaccumulables, persistants et très toxiques pour les organismes vivants. Ce sont des déchets dangereux qui peuvent polluer directement les nappes phréatiques et les sols.

Les éléments comme le mercure, le plomb et le cadmium peuvent former avec d'autres éléments présents dans l'environnement des composés plus toxiques. L'exposition chronique ou aigue par exemple au plomb entraîne le saturnisme, une maladie grave qui affecte plus les enfants.

## **V.2 Les huiles usées**

L'huile usée prend en compte les lubrifiants à moteur, les liquides hydrauliques, les liquides servant à travailler le métal, les fluides isolants et les liquides de refroidissement.

Dans l'orpaillage, lors de la phase de broyage, les huiles sont utilisées pour alimenter les moteurs des moulins. Les huiles usées sont stockées dans les bidons ou déversées sur le sol.

L'huile de moteur avant l'utilisation est composée d'hydrocarbures et d'additifs servant à améliorer sa performance. Durant l'utilisation, elle est altérée en raison de la dégradation des additifs, de la contamination par les produits de combustion et de l'addition des métaux provenant de l'usure du moteur.

L'huile usée de moteur est constituée :

- d'alcane aliphatiques et cycliques ;
- d'hydrocarbures aromatiques mono et polycycliques (HAP) ;
- de composés organiques (toluène, benzène...) ;
- de composés organiques et inorganiques de chlore, de soufre ;
- de métaux comme le zinc, le magnésium le baryum et le plomb.

Les rejets directs polluent les sols et se retrouvent dans les eaux de surface par ruissellement en saison hivernale. D'une manière générale l'huile usée est peu biodégradable. Dans l'eau de surface, les huiles usées peuvent couvrir des surfaces importantes et réduire l'oxygénation de la faune et de la flore aquatique. Le chlore peut également former avec les composés aromatiques plusieurs composés dont les PCB et les dioxines.

Chez les êtres vivants, l'intoxication se fait par la chaîne alimentaire, par voie cutanée ou par inhalation des gaz de combustion. L'ingestion des HAP notamment le naphtalène, est suivi de troubles digestifs. Des doses importantes se manifestent par des troubles de conscience pouvant conduire au coma. L'inhalation de fortes concentrations provoque des céphalées, des

agitations et confusions. La dose létale est de 5000 à 15000 mg pour les adultes et 2000 mg pour les enfants (Lafon et al., 2000).

Les PCB sont connus pour leurs effets cancérigènes. Les métaux peuvent être à l'origine des cancers.

### **V.3 Les détergents**

Un détergent est une substance qui permet d'éliminer les graisses et les autres salissures à la surface des matériaux. Les détergents se composent d'éléments chimiques comme les tensioactifs, les adjuvants (phosphates, zéolites), des agents de blanchissement (perborate, enzymes) et divers produits de charge et additifs (sulfates, parfums). Les tensioactifs, responsables de l'action détergente ne représentent que 14% environ de la masse totale d'un détergent et sont constitués pour la moitié d'alkylbenzènesulfonates linéaire (Thoumelin, 1995). Dans l'orpaillage, les détergents, utilisés pendant le lavage du minerai pour éliminer les huiles de vidange des moulins de broyage, sont nocifs pour l'environnement car ils contribuent à la pollution des eaux et sont toxiques pour les organismes aquatiques. Par ailleurs, les sachets plastiques les contenant, rejetés dans l'environnement et pas facilement biodégradables, empêchent l'infiltration des eaux dans les sols participant ainsi fortement à leur dégradation.

## **VI. Perception des orpailleurs**

La perception 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). Au Burkina, ces informations sont peu disponibles. L'acquisition de ce type de données passe toujours par des enquêtes auprès des acteurs impliqués dans l'orpaillage. L'étude de perception consiste donc à déterminer les manières par lesquelles, les orpailleurs appréhendent eux-mêmes les risques pour leur propre santé, la santé des populations et l'interaction avec les composantes de l'environnement du fait de l'utilisation des produits chimiques dangereux. Aussi, quels types de comportement les acteurs ont face aux dangers auxquels ils sont exposés ?

La revue bibliographique a permis de réunir des informations préliminaires sur l'orpaillage en général. Pour l'atteinte des objectifs de l'étude, une démarche méthodologique a été adoptée. Elle a consisté à l'organisation des missions dans la zone de l'étude, au choix du site, à l'élaboration des outils de collecte des données, à la collecte et au traitement de ces données.

## **CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES**

## I. Choix de la zone d'étude

Le site de l'étude a été choisi après examen des informations obtenues à la DGMGC à travers son département qui s'occupe de la recherche géologique et minière au Burkina Faso, la Direction Générale du Cadastre Minier (DGCM). Elle a fourni la liste des différents sites d'orpaillage dans le Centre Nord avec des indications sur les sites de forte affluence. Les sites de la commune Bouroum ont alors été choisis pour les plus fortes affluences et une réponse positive à une correspondance a permis d'y effectuer une mission de reconnaissance du 26 au 27 mars 2014. Au cours de celle-ci avec le soutien de la mairie, l'équipe a pu visiter le site Zougnazagmligne dans le village de Kayara. L'accès facile au site, la disponibilité des personnes ressources, l'accessibilité à l'information sur le site et l'ensemble des éléments présents en rapport avec les objectifs de l'étude nous ont permis de retenir le site pour la suite.

## II. Présentation du site d'étude

Le site d'orpaillage Zougnazagmligne (figure 2) est situé au village de Kayara dans la commune rurale de Bouroum à 4 Km à l'Ouest du village de Bouroum chef-lieu de la commune. La commune est située dans la province du Namentenga dans la Région du Centre-Nord du Burkina.

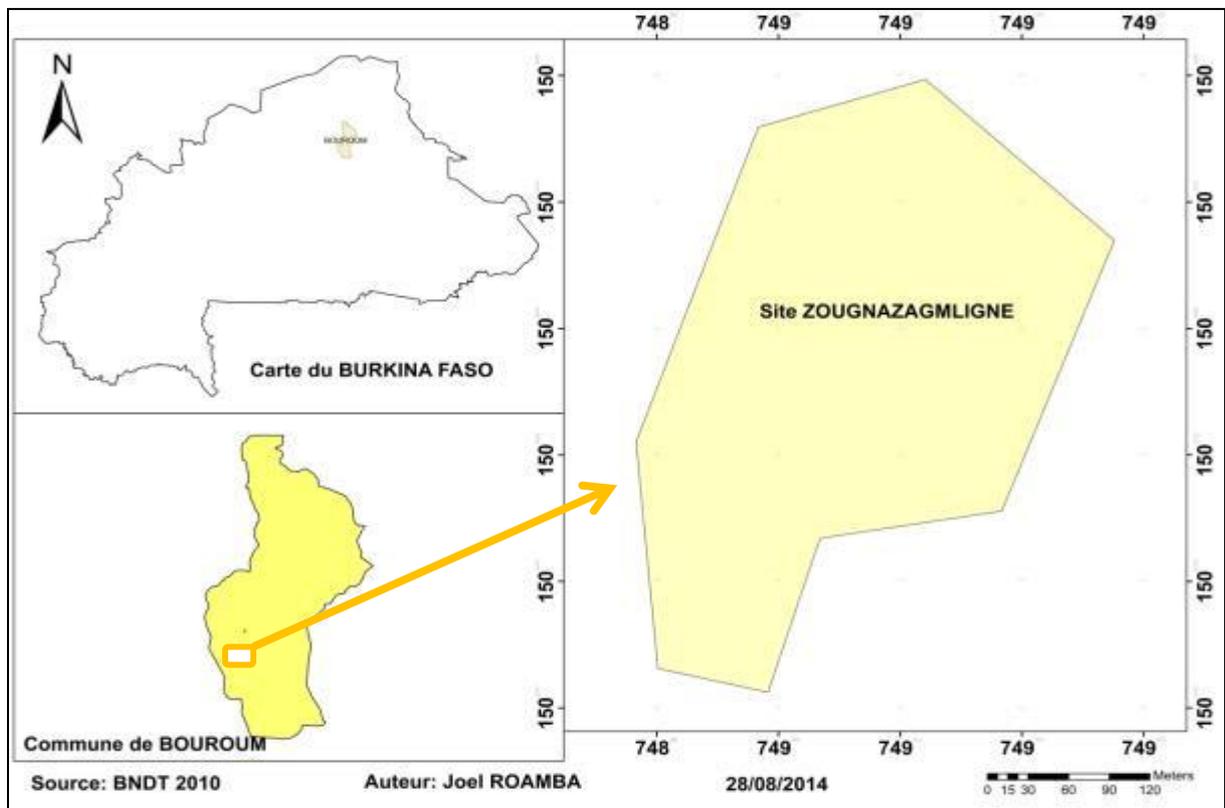


Figure 2: Localisation du site

### **III. Environnement biophysique du site choisi**

#### **III.1 Climat et pluviométrie**

La commune de Bouroum est située dans la zone climatique Sud sahélien caractérisée par deux saisons: une saison sèche d'une durée de 7 à 8 mois allant d'octobre à mai et une saison pluvieuse de 4 à 5 mois allant de juin à septembre/octobre (PCD, 2014).

#### **III.2 Hydrographie**

Le réseau hydrographique de la commune de Bouroum est très peu dense. Il est essentiellement constitué de cours d'eau temporaires, de trois (03) boulis, d'une retenue d'eau et d'une centaine de forages et de puits à grand diamètre. Ce potentiel en ressource en eau est utilisé pour la boisson mais aussi à la pratique des cultures maraîchères : choux, tomate, oignon (PCD, 2014) et à l'abreuvement des animaux.

#### **III.3 Relief**

La commune présente un relief relativement plat. L'on constate cependant quelques ruptures dans ce relief plat à certains endroits avec des irrptions de buttes. De façon général, le relief est composé de bas-fonds, de dépressions et des cours d'eau non encaissés. La topographique de la commune est constituée de collines, de buttes, de roches et de dépressions par endroit.

#### **III.4 Sols**

Dans la commune de Bouroum, il existe cinq (05) principaux types de sols : les sols argilo-sableux, des sols argilo-gravillonnaires, les sols gravillonnaires, les sols ferrugineux et les sols hydromorphes.

#### **III.5 Végétation**

La commune est marquée par une diversification des formations végétales. On distingue globalement une végétation de type savane arbustive caractérisée par une forte tendance vers la steppe.

### **IV. Milieu socio-économique**

#### **IV.1 Démographie**

Il est difficile de déterminer avec exactitude la population sur un site d'orpaillage à cause de la forte mobilité de celle-ci en lien avec l'évolution rapide des sites qui s'étendent ou se ferment en fonction de la découverte de nouveaux sites ou de la présence de l'or. D'après les informations fournies par une personne ressource il y aurait près de 2200 personnes

directement impliquées dans les activités de l'orpaillage sur le site de Zougnazagmligne dont 1500 fonceurs ; 500 concasseurs et broyeurs et 200 laveurs (amalgamation et cyanuration).

#### **IV.2 Santé**

En matière de santé, la commune compte cinq (05) Centres de Santé et Promotion Sociale (CSPS). Le village de Kayara relève du CSPS de Bouroum qui est le plus proche. Chaque formation sanitaire comprend un dispensaire, une maternité, des logements pour les agents et un dépôt de médicaments génériques.

#### **IV.3 Sécurité**

La commune ne dispose pas d'un commissariat de police. La sécurité des personnes et des biens est assurée par une équipe de la police basée dans le village de Kayara. La mission première des agents de la police est de protéger les intérêts de la Société des Mines Kindo Adama (SOMIKA) sur le comptoir du site d'orpaillage de Kayara.

A l'issu du choix du site et des informations préliminaires collectées, une approche méthodologique a été adoptée pour la réalisation de la suite de l'étude.

### **V. Démarche méthodologique pour la collecte des données**

Pour l'atteinte des objectifs de l'étude, des outils de collecte des données ont été élaborés sur la base des objectifs spécifiques de l'étude, des informations et observations faites pendant la mission de reconnaissance du site et des outils déjà utilisés dans les études similaires.

#### **V.1 Outils de collecte des données**

##### **V.1.1 Guide d'entretien**

Des guides d'entretien (annexe 5) par types d'acteurs ont été élaborés (autorités communales, chef de site d'orpaillage, autorités locales, responsable du centre de santé). Ils visaient à explorer avec les acteurs identifiés les risques et impacts de l'orpaillage dans leur zone. Ils comprennent l'identification de l'enquêté, la présentation de sa structure et les questions relatives aux impacts de l'orpaillage.

##### **V.1.2 Fiche d'enquête**

Un questionnaire (annexe 6) a été élaboré en fonction des informations recherchées et du statut de chaque personne présente sur le site. Ses objectifs étaient de déterminer la forme et la quantité de produits chimiques utilisés à chaque étape de la chaîne d'orpaillage et d'avoir les formes de perception des orpailleurs des dangers liés à l'utilisation de ces produits chimiques.

Il comprend des points réservés aux exploitants des puits aurifères, aux concasseurs et broyeurs de minerai et aux laveurs et raffineurs du minerai.

Le questionnaire comprend des questions fermées et des questions ouvertes sur les perceptions des orpailleurs sur les dangers de l'usage des produits chimiques. Il est structuré autour des éléments suivants:

- les présentations d'usage ;
- la forme et la quantité de produits chimiques utilisés à l'étape du processus ;
- la perception sur les dangers que représentent les produits chimiques pour les usagers ;
- l'hygiène et la sécurité sur le site.

### **V.1.3 Echantillon démographique**

L'échantillon de la population à enquêter a été constitué à partir des critères préalablement définis : le sexe, l'âge et le niveau d'instruction. Le choix de ces critères a été fait en partant de l'hypothèse que la perception des dangers de l'utilisation des produits chimiques est influencée par ces trois (03) critères. Il a été aussi construit selon les informations fournies par le chef de site. Ces informations concernaient la spécificité des activités de la chaîne d'orpaillage sur le site comme le type d'activité des enfants, l'implication des femmes, etc. En considérant l'orpailleur comme unité d'enquête, l'échantillonnage aléatoire simple a été utilisé. Chaque orpailleur en fonction des critères définis a donc la même probabilité d'appartenir à l'échantillon.

Selon le rapport d'étude sur le travail des enfants sur les sites d'orpaillage et les carrières artisanales dans cinq (05) Régions au Burkina Faso, les enfants représentent 35,6% de la population des sites d'orpaillage soit 48,3% de filles. Ils sont impliqués à tous les niveaux du processus d'extraction : 6,5% dans le fonçage, 8,5% dans le concassage, 10,3% dans le vannage et 9,5% font le lavage (Yaro et al., 2011).

Le taux d'alphabétisation au Burkina Faso est estimé en moyenne à 39,9% et 61,1% de la population est non alphabétisé (UNICEF, 2012).

Il a été considéré que la population étudiée présente les mêmes caractéristiques que celles des moyennes des sites des cinq Régions et nationales. En appliquant ces statistiques à la population du site Zougnazagmligne, un total de 785 d'enfants a été trouvé soit 379 filles et 406 garçons. La méthode des probabilités a été utilisée pour déterminer le nombre d'orpailleurs à enquêter par activité.

**Echantillon de fonceurs :** le fonçage est une activité pratiquée par les hommes. Seuls les enfants garçons et les adultes sont impliqués dans cette activité. En appliquant le taux de 6,5% aux enfants garçons, nous obtenons 26 enfants qui font le fonçage. Soit  $P_1$ , la probabilité d'avoir un enfant dans le fonçage,  $P_1 = 26/1500$  soit 0,017 et  $P_2$ , la probabilité d'avoir un adulte également dans le fonçage,  $P_2 = 1474/1500$  soit 0,982. La probabilité d'avoir un fonceur non alphabétisé est  $P = 0,61$ . Le nombre de fonceurs  $N_1$  à enquêter est  $N_1 = P_1 * P_2 * P * 1500 = 0,017 * 0,983 * 0,61 * 1500$  soit  $N_1 = 16$ .

**Echantillon de concasseurs et broyeurs :** sur le site, ce sont des activités pratiquées par les femmes et les enfants et 8,5% des enfants sans distinction de sexe sont à ces étapes soit 66 enfants. Soit  $P_3$ , la probabilité d'avoir un enfant dans ces activités,  $P_3 = 66/500$  soit 0,132 et  $P_4$ , la probabilité d'avoir une adulte,  $P_4 = 434/500$  soit 0,868. La probabilité d'avoir un concasseur ou un broyeur non alphabétisé est  $P = 0,61$ . Le nombre de concasseurs et broyeurs  $N_2$  à enquêter est donc  $N_2 = P_3 * P_4 * P * 500$  soit  $N_2 = 35$ .

**Echantillon de laveurs :** sur le site, cette activité est réservée aux adultes et aux enfants de sexe masculin. Si nous appliquons le taux de 9,6% aux enfants du site, nous obtenons 75 enfants soit 39 garçons dans le lavage. La probabilité  $P_5$  d'avoir un enfant dans le lavage est  $P_5 = 39/200$  soit 0,19 et la probabilité  $P_6$  d'avoir un adulte est  $P_6 = 161/200$  soit 0,81. La probabilité d'avoir un fonceur non alphabétisé est  $P = 0,61$ . Le nombre de fonceurs à enquêter est  $N_3 = P_5 * P_6 * P * 200 = 0,19 * 0,81 * 0,61 * 200$  soit  $N_3 = 19$ .

La taille totale de notre échantillon sur site  $T = N_1 + N_2 + N_3$ ,  $T = 70$  orpailleurs.

A la suite de l'élaboration de ces outils, une mission a été organisée sur le site de l'étude du 06 au 12 mai 2014. L'objectif de cette mission était de collecter des données d'enquête et de prélever des échantillons d'eau et de sol afin d'évaluer le degré de pollution de ces composantes de l'environnement en mercure et cyanure.

## V.2 Collecte des données

### V.2.1 Entretien

Les entretiens ont été réalisés avec le premier adjoint au maire et le secrétaire général de la mairie, les agents de santé au CSPS, le chef du site Zougnazagmligne, le chef du village de Kayara, des chefs de puits, un responsable d'un site de cyanuration et des responsables de hangar de lavage.

### **V.2.2. Enquête**

L'enquête s'est déroulée pendant six (06) jours du 06 au 11 mai 2014 sur le site. Elle a été faite de façon aléatoire. Avant d'enquêter, une présentation est faite au cours de laquelle, l'enquêteur explique les objectifs de l'étude à chaque orpailleur. Après cette explication, l'orpailleur accepte ou non de répondre aux questions. Tous les orpailleurs enquêtés sont ceux qui ont accepté volontairement de répondre au questionnaire.

Les fonceurs ont été enquêtés au niveau des zones de fonçage. Le travail se faisant par équipe, chaque équipe désignait toujours un responsable pour répondre aux questions. Les concasseurs et les broyeurs ont été enquêtés au marché. L'enquêteur repère les points de concassage et de broyage et administre le questionnaire aux orpailleurs. Pour les laveurs, seuls ceux en pleine activité ont été enquêtés. Au niveau des sites de cyanuration, le questionnaire a été administré par site. Les orpailleurs de chaque site ont désigné également un responsable qui répond aux questions. A la fin des enquêtes, les 70 personnes préalablement définies de l'échantillon démographique ont été enquêtées.

### **V.2.3. Echantillons d'eau et de sol**

Les échantillons d'eau et de sol ont été prélevés pour évaluer le niveau de pollution en mercure et en cyanure. Au total 16 échantillons liquides (eau de surface et eau souterraine) et 10 échantillons de sol ont été prélevés. Ils ont été prélevés sur le site et dans ses alentours.

Les 26 échantillons ont été prélevés à des points jugés très sensibles susceptibles de fournir au mieux des informations utiles sur la dispersion des polluants chimiques.

Les prélèvements ont été faits d'amont en aval du site et dans le sens d'écoulement des eaux de surface. Sur le site, en dehors des boues de lavage qui ont été prélevées dans un seul bassin de rétention, des échantillons composites de sol ont été prélevés. Pour les points autour du site des échantillons composites de sol ont été également prélevés.

Des échantillons d'eau de forage ont été prélevés dans quatre (04) forages (F1, F2, F3, F4) à proximité du site et des sites cyanuration. L'objectif de ces prélèvements était de vérifier si les polluants chimiques ont déjà diffusés jusqu'aux nappes phréatiques.

Les coordonnées des différents points de prélèvement ont été prises à l'aide d'un GPS. La figure 3 localise les points de prélèvement des échantillons.

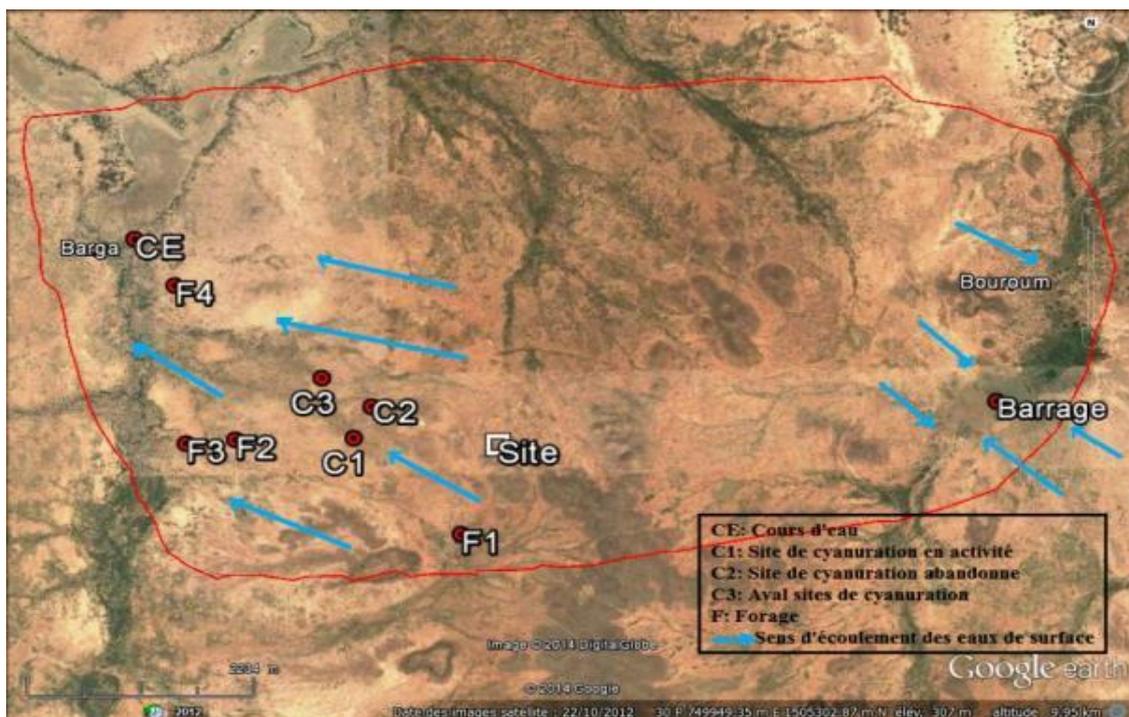


Figure 3: Points de prélèvement d'eau et de sol

Le tableau I présente les points de prélèvement et les différents types d'analyse à effectuer à chaque point.

Tableau I: Points de prélèvement et paramètres recherchés

Autour du site					
Eau			Sol		
Points	Paramètres recherchés		Points	Paramètres recherchés	
Barrage	CN libre, CN total	Mercure	Barrage	CN libre, CN total	Mercure
Forage	CN libre, CN total	Mercure	Cours d'eau	CN libre, CN total	Mercure
Cours d'eau	CN libre, CN total		Sites cyanuration abandonnés	CN libre, CN total	
			Aval zone de cyanuration	CN libre, CN total	
Bassins de cyanuration	CN libre, CN total		Bassins de cyanuration	CN libre et CN total	
Sur le site					
Bassins de rétention d'eau d'amalgamation		Mercure	Bassin de rétention des boues de lavage		Mercure
			Zone de brûlage		Mercure
			Marché		Mercure

L'échantillonnage a été fait au jugé-aléatoire. C'est une technique qui combine l'échantillonnage au jugé basé sur l'examen visuel ou technique des points de prélèvement et l'échantillonnage aléatoire simple qui est fait de façon aléatoire simple. En effet sur la base des observations sur le site, les prélèvements ont été faits à des points jugés sensibles (zone de brûlage d'amalgame, bassin de cyanuration, cours d'eau...). Cette technique permet d'avoir en même temps la dispersion des polluants chimiques sur les sites mais aussi sur les endroits spécifiques jugés sensibles.

Les échantillons liquides ont été prélevés dans des bidons en polypropylène de 1L et conservés dans une glacière pour maintenir la température en dessous de 25°C. Une solution d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) à 2% a été ajoutée aux échantillons destinés aux analyses de mercure. Cet ajout a pour rôle d'acidifier le milieu et de stabiliser les molécules de mercure présentes dans la solution afin d'éviter d'éventuelles réactions chimiques pendant la durée de conservation des échantillons. Des pastilles de soude (NaOH) ont été ajoutées aux échantillons destinés à l'analyse du cyanure de façon à rendre le milieu basique (pH>10) et stabiliser les composés cyanurés y présents.

Pour le sol, des échantillons de 1kg ont été prélevés à l'aide d'une tarière selon le type de sol, d'une pelle, d'une truelle et d'une pioche et mis dans des sachets plastiques polyéthylène puis conservés dans une glacière en dessous de 25°C.

## VI. Traitement des données

Le traitement des données a été fait avec les logiciels SPSS Statistics, Microsoft Excel, Arcview et Google Earth. Les analyses des échantillons d'eau et de sol ont été faites dans trois (03) laboratoires différents. Le tableau ci-dessous donne la répartition des échantillons dans les différents laboratoires et les paramètres recherchés. Les analyses du mercure dans les eaux et les sols ont été faites au laboratoire du Bureau des Mines et de la Géologie du Burkina (BUMIGEB) à Ouagadougou. Quant au cyanure, les analyses de sol ont été faites au laboratoire SGS à Bamako au Mali et celles des eaux ont été réalisées par le laboratoire H<sub>2</sub>O à Ouagadougou.

**Tableau II: Répartition des échantillons dans les laboratoires**

Laboratoire	H2O	BUMIGEB	SGS
Type d'échantillon	Eau	Eau, Sol	Sol
Paramètre analysé	CN libre, CN total	Mercure	CN libre, CN total
Nombre d'échantillon	8	Eau : 8	5
		Sol : 5	

La détermination du CN libre et du CN total dans les échantillons d'eau a été faite par la spectrophotométrie d'absorption atomique.

Pour le CN libre et le CN total dans les échantillons de sol, les analyses ont été faites par deux (02) méthodes respectivement APHA4500 CNE et APHA4500 CNCE.

Le mercure dans les échantillons d'eau et de sol a été déterminé par Flow Injection Atomic Spectrometric (FIAS). Les échantillons d'eau ont été acidifiés et 12 mL de chaque échantillon a été prélevé pour l'analyse au spectrophotomètre. Une extraction liquide a été faite sur les échantillons de sol avant leur analyse au spectrophotomètre. La lecture a été faite au spectrophotomètre Perkin Elmer FIAS 100 couplé au logiciel Winlab.

La démarche méthodologique suivie a abouti à des résultats portant sur la forme d'organisation du site, la forme et quantité de produits chimiques utilisés à chaque étape de la chaîne. En outre, elle a permis de déterminer le degré de contamination des ressources en eau et sol en mercure et cyanure et les perceptions des orpailleurs sur les risques liés à l'utilisation de ces produits.

## **CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

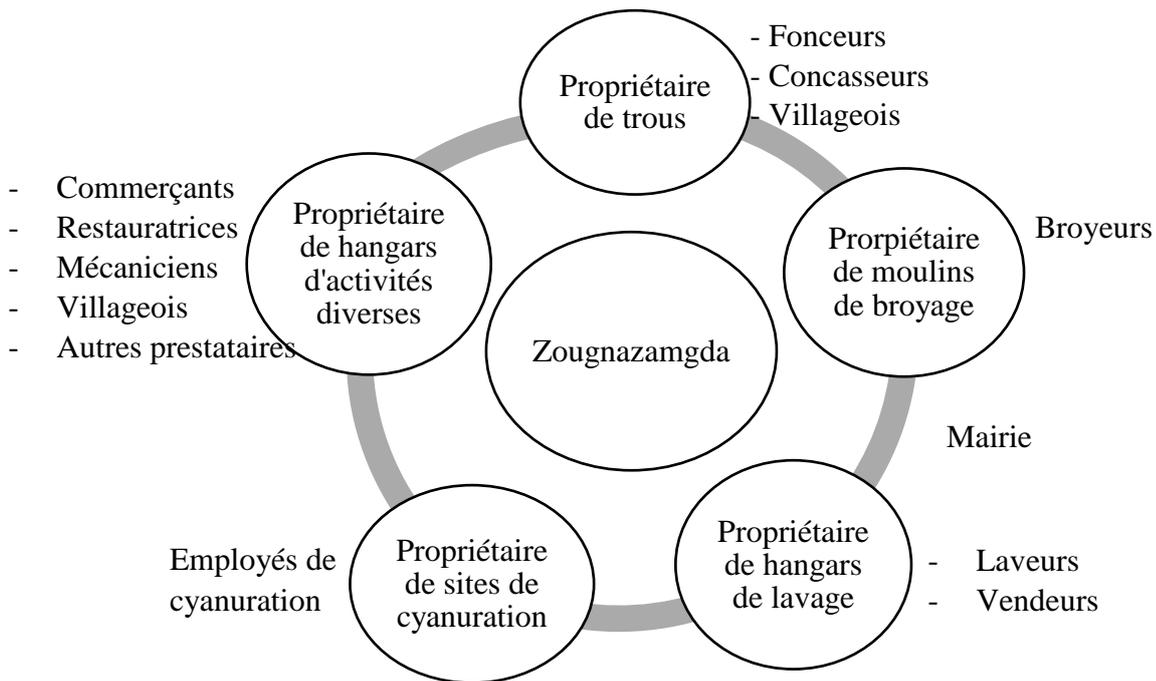
## **I. Organisation socio-économique autour du site**

L'organisation de l'activité d'orpaillage sur le site Zougnazagmligne est pratiquement la même que sur tous les sites au Burkina. C'est donc une chaîne de production qui se met en place après la découverte du site. Cette chaîne comprend le fonçage, le test du minerai, le concassage, le broyage, le lavage, la récupération au mercure et la récupération au cyanure. L'identification du site se fait par des « chercheurs » qui effectuent des fouilles à la recherche de la pyrite, un minerai indicateur de la présence d'or (Kahitou, 2012). Contrairement à ces fouilles, le site Zougnazagmligne a été exploité à la suite d'une découverte de pépites d'or il y a plus de 30 ans par deux (02) vieux du village de Kayara.

Contrairement aux 217 sites (DEMAS, 2014) bénéficiant de permis d'exploitation artisanale, Zougnazagmligne fait partie des sites « illégaux ou sauvages ». L'or y est apparu vers 1980 mais suite à la forte baisse de sa teneur après quelques années d'exploitation, le site a été abandonné. Au cours des travaux d'exploration de la Société des Mines de Taparko (SOMITA) en 2012 au village de Kayara, les tests ont révélé la présence de l'or dans les minerais extraits. Dans la clandestinité, les populations ont commencé à faire des trous dans le champ de Yembila OUIMENGA allias ZOUGNAZAGMDA d'où le nom ZOUGNAZAGMLIGNE. Face à la multiplication des trous et la dégradation continue de son champ, le propriétaire terrien a demandé une autorisation à la mairie officialisant le site et marquant ainsi la reprise de l'orpaillage. Après la fermeture du site Fillon 12 en 2012, l'un des plus grands sites de la commune, qui était situé sur le domaine du permis d'exploitation de la SOMITA, environ de 2% des orpailleurs (Mairie) se sont installés à Zougnazagmligne le peuplant.

Malgré le désordre que l'on peut observer de prime abord, il existe une organisation sur le site. Zougnazagmda est le chef du site. Il autorise les activités sur le site et est aussi chargé de la gestion des différends sur le site. Par ailleurs, il existe des propriétaires de trous et de hangars. Ces propriétaires emploient des orpailleurs qui travaillent pour leur compte. Les orpailleurs sont en équipe formée par affinité et le plus souvent venant du même village.

Il n'existe pas de règle de vente pour l'or. L'or extrait peut être vendu à tout acheteur présent sur le site. Par contre, sur les sites disposant des permis d'exploitation, le chef de site est un coordinateur représentant la société détentrice du permis. Une équipe de la police nationale assure la sécurité sur ces sites. L'or extrait est vendu à des acheteurs installés au comptoir et représentant la société détentrice du permis (Sawadogo, 2011). La figure 4 illustre le type d'organisation rencontré sur le site.



**Figure 4: Organisation sur le site**

La figure indique par ailleurs l'intervention de la mairie qui y collecte des taxes d'occupation du domaine public et de dégradation du domaine public. Ces taxes participent au budget communal. Elles ont été instaurées par la mairie et sont perçues sur les sites ne disposant pas d'autorisation.

Le site comprend un marché où se font le concassage, le broyage et le lavage. Il existe plusieurs zones de fonçage qui sont dispersés autour du marché. Dans une étude similaire en cours sur le site de Galgouli dans le Sud-Ouest, l'occupation spatiale est mieux structurée. En effet, sur ce site, il existe des zones spécifiques à chaque activité (Kouadio, 2014). Par exemple, le fonçage se fait dans une zone éloignée du comptoir.

De l'organisation mise en place découle les activités de la chaîne d'orpaillage sur le site à savoir le fonçage, le concassage et le lavage.

### **I.1 Fonçage**

Le fonçage est l'activité la plus pénible de la chaîne de l'orpaillage. Il consiste à faire des trous circulaires ou rectangulaires conduisant le plus souvent à des galeries, à la recherche du minerai contenant l'or. A Zougnazagmligne, la profondeur des puits varie entre 10 et 25 m en moyenne en relation avec la durée de vie du site.

La propriété du trou est réservée à toute personne disposant des moyens. Le propriétaire de trou appelé « Bôkôsoaba » en langue nationale Mooré, engage des fonçeurs dont il a la charge

des dépenses jusqu'à la production d'or. A partir de ce moment, se met en place un mécanisme de désintéressement qui est fonction de la quantité de minerai extrait. En effet sur chaque sac extrait, le propriétaire garde la moitié et les employés se partagent l'autre moitié. Le travail se fait par équipe de 5 en moyenne par trou qui se relaye jour et nuit. Le fonçage se fait en moyenne 12 heures par jour et tous les jours de la semaine sauf le vendredi considéré comme un jour à risque par certains orpailleurs.

Les matériels utilisés sont la pioche, le marteau, la pelle, le burin, la torche et dans certains cas quand le sol est plus dur, les fonceurs utilisent souvent de la dynamite. La rigidité du sol explique également l'inexistence de soutènement. Le fonçage comprend le creusage suivant le filon et la remontée du minerai. Les fonceurs recherchent d'abord de la pyrite appelée « Hamayanré » en langue nationale Mooré, une roche indicatrice de la présence d'or. Le minerai extrait est transporté au marché du site pour être traité. La faible pluviométrie de la région explique les fortes profondeurs des nappes et la rareté des motopompes sur le site.

Sur d'autres sites, l'organisation du travail est la même et les mêmes outils sont utilisés à la différence de la présence des soutènements et des motopompes (Sawodogo, 2011 ; Kahitou, 2012 ; Kouadio, 2014). Les photos A et B de la planche 1 illustrent respectivement le puits et les matériels utilisés pour le fonçage.



**Planche 1 : Puits (A) et matériels de fonçage (B)**

Malgré les instruments rudimentaires et le caractère archaïque de la technologie utilisée, il existe de l'ingéniosité dans le processus. Par exemple, l'intérieur des trous est aéré par des systèmes de ventilation de fortune issue de l'ingéniosité des artisans locaux. Ce type de

système consiste à enrouler une bâche en plastique en profondeur dans trou. La partie de la bâche à la surface du trou est évasée et permet d'amener l'air jusqu'au fond du trou à travers une ventilation mécanique ou électrique. La ventilation mécanique est faite à l'aide d'éventail et pratiquée par les orpailleurs n'ayant pas les moyens. Pour ceux disposant des moyens financiers, la ventilation est électrique et est assurée par un groupe électrogène alimentant un ventilateur. La même technologie est rencontrée sur le site de Galgouli (Kouadio, 2014). La photo 1 illustre l'ingéniosité des orpailleurs dans l'aération des trous.



**Photo 1: Système d'aération des trous**

## **I.2 Test du minerai**

Il consiste à vérifier la teneur en or du minerai. Le minerai est pilé dans un mortier métallique et lavé dans un petit récipient pour déceler sa teneur en or.

Le test est effectué à la demande du « Bôkôsoaba » et à chaque fois que l'équipe fait remonter le minerai. Dans le cas échéant, le minerai extrait est concassé et broyé pour être lavé. Lors d'un test négatif, le « Bôkôsoaba » décide de l'abandon du puits ou de continuer le creusage en espérant trouver la bonne pierre. Les trous sont le plus souvent abandonnés à la rencontre de la nappe. Les images de la planche 2 montrent les orpailleurs testant du minerai.



**Planche 2: Test du minerai**

### **I.3 Concassage**

Quand le minerai est extrait, il est sous forme rocheux. Il est donc morcelé en petits granuleux par le concassage manuel. Cette tâche est réservée aux femmes et aux enfants sur le site. Le concassage se fait à l'aide de matériels de fortune tels que le marteau, la pierre et le nœud en sac pour réduire les projections des granuleux.

Certains fonceurs concassent leur minerai mais la majorité du minerai extrait est concassé à 1000 FCFA le sac de 50 kg. Les concasseurs n'utilisent pas des moyens de protection, les exposant ainsi à la poussière et aux éclats de pierres. Sur d'autres sites, ce sont également les femmes et les enfants qui s'adonnent à cette activité (Sawadogo, 2011 ; Kouadio, 2014). La planche 3 montre des femmes et des filles pratiquant le concassage sur le site.



**Planche 3: Concassage du minerai**

#### I.4 Broyage

Après le concassage, le minerai est broyé. L'opération de broyage consiste à transformer les granuleux issus du concassage en poudre de minerai semblable à la farine de céréales à l'aide de moulins. Une soixantaine de moulins assurent le broyage de tous les minerais du site. La poudre de minerai est obtenue après trois (03) passages successifs dans le moulin pendant un temps moyen de 1h30 mn le sac de 50 Kg à raison de 7500 FCFA. En moyenne chaque moulin est géré par deux (02) personnes. Les photos A et B de la planche 4 montrent respectivement le moulin de broyage et la farine obtenue après les trois passages successifs.



**Planche 4: Moulin de broyage (A) et farine issue du broyage (B)**

#### I.5 Lavage

La farine obtenue après broyage est lavée sous les hangars pour la récupération de l'or. La récupération se fait par amalgamation et par cyanuration. Le propriétaire du hangar achète le matériel de lavage et de l'eau qu'il met à disposition des orpailleurs ayant de la farine. Ce dernier garde les boues qu'il peut revendre à ceux qui font de la cyanuration ou à d'autres laveurs pour un second lavage car selon certaines croyances sur le site l'or ne finit jamais.

Le lavage se fait à l'aide des fûts contenant de l'eau (200L/sac de 50 Kg lavé), de bacs et d'un sluice (planche en bois ou métallique de largeur variant entre 40 et 60 cm pouvant atteindre 2 m de long). La poudre de minerai est versée dans un bac, on y ajoute cinq (05) sachets du détergent de marque SABA de 30 g par sac de 50 Kg et de l'eau. L'ajout du détergent a pour but d'éliminer les impuretés issues du broyage comme l'huile de vidange. Le mélange est ensuite malaxé avec une pelle pour obtenir une pâte. Le sluice est placé sur le fût et incliné pour permettre l'écoulement de l'eau et des particules légères vers un bassin conçu pour retenir les boues appelées « gneinc » en langue nationale Mooré sur le site. Il est tapissé d'un

plastique et de serviettes en laine. Une petite quantité de la pâte est mise dans récipient maillé servant de tamis placé à la partie supérieure du sluice. A l'aide de sa main et par ajout successif d'eau, le laveur manipule la pâte boueuse qui s'écoule suivant la pente du sluice. Par gravimétrie, les particules lourdes comme l'or sont retenues dans les fibres des serviettes. Les serviettes sont ensuite lavées dans des bacs pour récupérer les grains d'or piégés par les fibres. Après décantation, le concentré est débarrassé de la boue et les particules d'or sont recueillies dans un petit récipient pour être amalgamées. Le lavage est fait par certains fonceurs, certains propriétaire de trou ou par des laveurs travaillant pour leur compte. C'est une activité réservée aux hommes sur le site. Sur d'autres site comme celui de de Galgouli, les mêmes techniques sont utilisées pour le lavage. Par ailleurs, en plus des propriétaires du minerai, le lavage est fait par des professionnels à 1000 FCFA le sac de 50 Kg (Kouadio, 2014). Il est également fait par certaines femmes (Sawadogo, 2011). Les photos A et B de la planche 5 illustrent le lavage du minerai sur le site.



**Planche 5: Lavage du minerai**

### **I.6 Récupération au mercure**

Les photos A et B de la planche 6 illustrent respectivement l'opération d'amalgamation et de brûlage. Elles montrent un jeune orpailleur manipulant le mercure sans protection. Ces mauvaises pratiques sont courantes sur tout le site. Elles exposent les orpailleurs aux risques d'intoxication au mercure par voie cutanée et par inhalation des vapeurs de mercure pendant le brûlage. Cette récupération se fait par amalgamation des particules issues du lavage. Les particules sont donc mélangées à du mercure communément appelé « med » sur le site et malaxées avec les mains nues pour former l'amalgame. En effet, pour chaque sac de 50 Kg de minerai lavé sur le site, une boule de mercure métallique  $Hg^0$  de 14,4 g est utilisée. Selon les informations reçues, le mercure proviendrait des pays voisins probablement du Ghana.

L'amalgame est ensuite mis dans un morceau de tissu et pressé pour le débarrasser de son eau. Enfin, il est chauffé à l'aide d'un chalumeau à une très haute température. Le mercure s'évapore et l'or obtenu est vendu sur le site après pesée. Sur d'autres sites, comme à Galgouli, les mêmes pratiques sont courantes et la même quantité de mercure est utilisée (Kouadio, 2014).



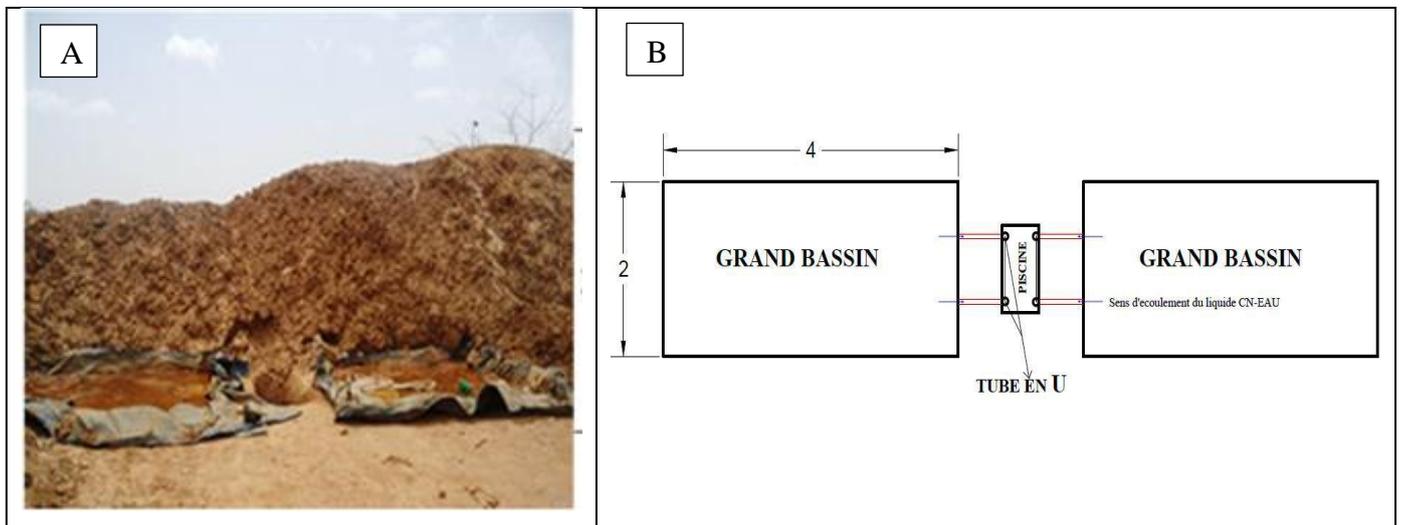
**Planche 6: Amalgamation (A) et brûlage de l'amalgame (B)**

### **I.7 Récupération au cyanure ou cyanuration**

C'est la dernière étape de récupération de l'or sur le site et l'activité la plus dangereuse de la chaîne d'orpaillage. C'est un processus qui consiste à extraire l'or des minerais dans un bassin à l'aide d'une solution cyanurée. Les produits utilisés sont le cyanure, l'acide sulfurique, l'acide nitrique et les copeaux de zinc. Les boues issues du lavage sont vendues aux orpailleurs pratiquant cette opération. Dans la commune de Bouroum, la cyanuration se fait sur plusieurs sites et la majorité des sites se trouvent en brousse loin des habitations. Seulement cinq (05) sites sont situés à quelques centaines de mètres du site Zougnazagmligne. La cyanuration se fait dans des bassins rectangulaires dont 2 grands bassins larges de 2 m, longs de 4 m et profonds de 0,5 m. Entre les 2 bassins se trouve un petit bassin communément appelé piscine de largeur 0,5m, long de 1m et profond de 1,5m. Le fond et les parois des grands bassins sont tapissés de bâches étanches pour éviter les infiltrations et percolations. Le fond et les parois de la piscine sont revêtus en ciment. Chaque bassin peut contenir 4,5 m<sup>3</sup> de minerai soit trois (03) charrettes. Un (01) Kg de pastilles de cyanure de sodium est épandu dans chaque bassin et mélangé avec de l'eau à raison de quatre (04) fûts de 200L par bassin. Comme le mercure, le cyanure présent sur les sites provient des pays voisins : Ghana et Mali.

Mais d'après un gérant d'un site de cyanuration, le cyanure présent sur le site serait fabriqué à Pouytenga, une ville du Centre-Est du Burkina. Le mélange eau-cyanure-minerai est laissé pendant une journée entière pour la dissolution du cyanure et les réactions cyanure-or. Le liquide cyanure-or est dirigé à l'aide de petits orifices vers des tubes en forme de U contenant les copeaux de zinc et disposés dans la piscine. L'eau cyanurée débordante des tubes de la piscine est puisée avec un puisard et reversée dans les grands bassins. Après trois (03) jours, les tubes sont retirés du bassin et le zinc riche en or est mis dans des bacs. Une solution d'acide sulfurique à 98% est versée dans les récipients contenant le zinc. L'acide sulfurique réagit avec le zinc pour former une solution concentrée. On ajoute de l'acide nitrique à la solution riche en or pour nettoyer les impuretés telles que le fer et l'aluminium. Il se passe une réaction violente dégageant de la fumée rougeâtre (l'acide cyanhydrique) après l'ajout de l'acide nitrique. Dans les récipients, on y ajoute de l'eau et le mélange est laissé au repos pendant au moins 2H. Après décantation, le concentré est mis dans des bacs en aluminium et chauffé à haute température pendant au moins 4H. Les cendres obtenues sont ensuite acheminées à Ouagadougou dans les fonderies pour récupérer l'or.

Sur d'autres sites comme Galgouli, la même technologie est utilisée à la différence des dimensions des bassins et la qualité du cyanure. Les bassins sont plus grands et le cyanure plus rigide (Kouadio, 2014). La planche 7 montre les bassins de cyanuration.



**Planche 7: Bassins de cyanuration (A) et tracé de la vue en plan des bassins (B)**

Les stériles après cyanuration sont vidés et déversés autour des bassins formant des monticules. Ils sont lessivés par les eaux de pluie pendant la saison pluvieuse et s'écoulent vers les points d'eau de surface. Ces stériles participent fortement à la pollution des sols, des eaux de surface et des eaux souterraines par infiltration. Les eaux issues des différentes étapes

de la cyanuration sont également stockées dans des bassins. Elles s'infiltrent dans le sol et peuvent également polluer les eaux souterraines. Elles sont aussi utilisées par certaines personnes pour traiter les termites dans les ménages. Toutes ces pratiques augmentent les risques d'intoxication.

L'ensemble des activités de la chaîne sont menées sur le site par des hommes, des femmes et des enfants issus d'horizons divers travaillant en équipe formée par affinité selon leur provenance.

## II. Caractérisation de la population du site

### II.1 Estimation de la population directement impliquée dans les activités du processus

Selon les informations recueillies pendant les enquêtes, la population du site directement impliquée dans les activités d'extraction de l'or a fortement diminué avec la baisse de la teneur en or des minerais du site. Le tableau III donne l'estimation de la portion de la population pratiquant les activités de la chaîne d'orpaillage. L'estimation de cette portion de la population s'est faite avec le nombre moyen d'orpailleurs obtenus par activité. La population totale est estimée à 2000 habitants selon le chef du site. On remarque que le fonçage et le lavage occupent le plus grand nombre d'orpailleurs que les autres activités sur le site. La population directement impliquée dans la chaîne d'activités de l'orpaillage est estimée à 809 personnes soit 40,45% de la population totale du site. Les autres habitants du site se composent d'hommes, de femmes et d'enfants menant des activités diverses telles que le commerce, la restauration, la mécanique, etc.

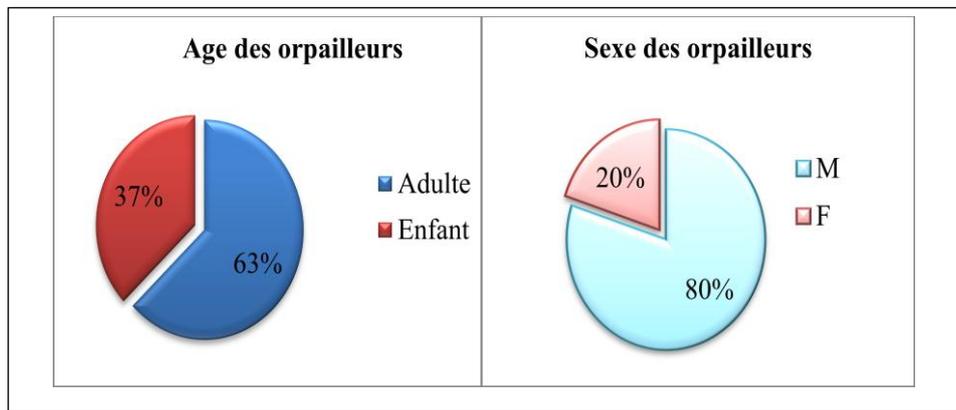
**Tableau III: Estimation de la population directement impliquée dans les activités de la chaîne d'orpaillage sur le site**

Activités	Fonçage	Concassage	Broyage	Lavage	Cyanuration
Nombre par activité	60 trous		62 moulins	100 hangars	5 sites
Nombre moyen d'orpailleurs	5 /trou		2 /moulin	3/hangar	5/site
Total	300	60	124	300	25
Population totale directement impliquée dans les activités d'extraction de l'or : 809 orpailleurs					

## II.2 Répartition de la population en fonction de l'âge et le genre

La figure 5 montre la population du site selon l'âge et le genre. On dénombre 63% d'adultes (>18 ans) contre 37% d'enfants (<18 ans). Parmi cette population, on compte 80% d'hommes contre seulement 20% de femmes et de filles.

Le nombre d'enfants directement impliqués dans l'activité d'orpaillage est autour de la moyenne établie sur les sites de cinq régions du Burkina 35,1% (Yaro et al., 2011). Par contre la population féminine du site est largement en dessous de la moyenne des sites 37,8% (Yaro et al, 2011) et aussi de la commune qui est de 51,59% (PCD, 2014). Cette différence s'explique par la faible implication directe de la tranche féminine dans les activités d'orpaillage mais aussi par le type d'exploitation du site qui est de type filonien. En dehors du concassage et la gestion des hangars, les femmes n'y sont pas directement impliquées dans ce type d'exploitation. Elles sont plutôt impliquées dans les activités connexes comme la restauration et le petit commerce. De manière générale les sites d'orpaillage demeurent des espaces pour hommes que pour femmes (Yaro et al., 2011).



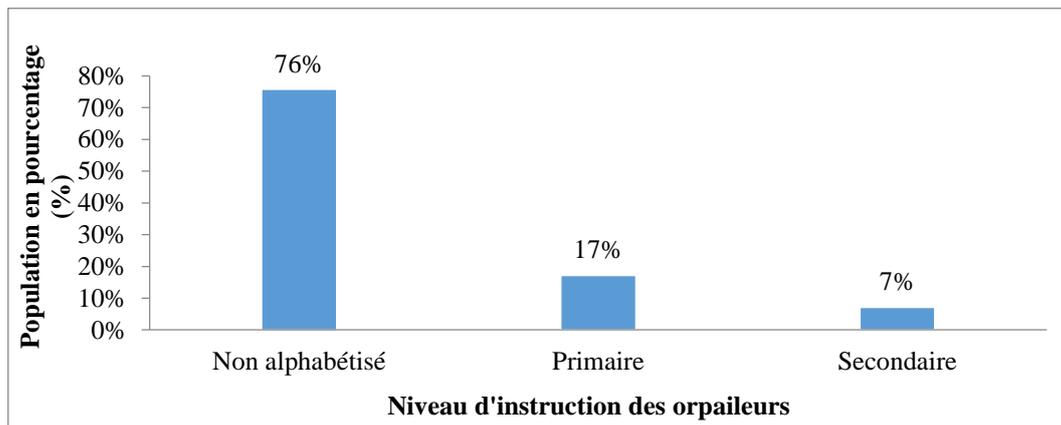
**Figure 5: Répartition de la population impliquée dans la chaîne de l'orpaillage en fonction de l'âge et du genre**

## II.3 Niveau d'instruction des orpailleurs

La figure 6 présente le niveau d'instruction de la population du site. On remarque que 76% de cette population est non alphabétisée. Les alphabétisés sont de 24% dont 17% n'ont pas dépassé l'école primaire et seulement 7% ont le niveau secondaire.

Le niveau d'instruction des orpailleurs de Zougnazagmligne est relativement bas par rapport à la moyenne des sites dans les cinq Régions de référence qui est de 39% (Yaro et al., 2011) et à la moyenne nationale 38,9% (UNICEF, 2012). Quant aux personnes ayant fréquenté l'école primaire, elles avoisinent la moyenne des sites de référence 16,5% (Yaro et al., 2011). Le

faible taux d'instruction des orpailleurs peut s'expliquer par leur provenance, ceux-ci proviennent essentiellement du milieu rural du pays où le taux d'alphabétisation demeure faible. En outre, la majorité des orpailleurs du site sont des ressortissants du village de Kayara ou de la commune de Bouroum qui n'a bénéficié d'une assez bonne couverture en école primaire qu'à partir de l'année 2009 (PCD, 2014).



**Figure 6: Niveau d'instruction des orpailleurs du site**

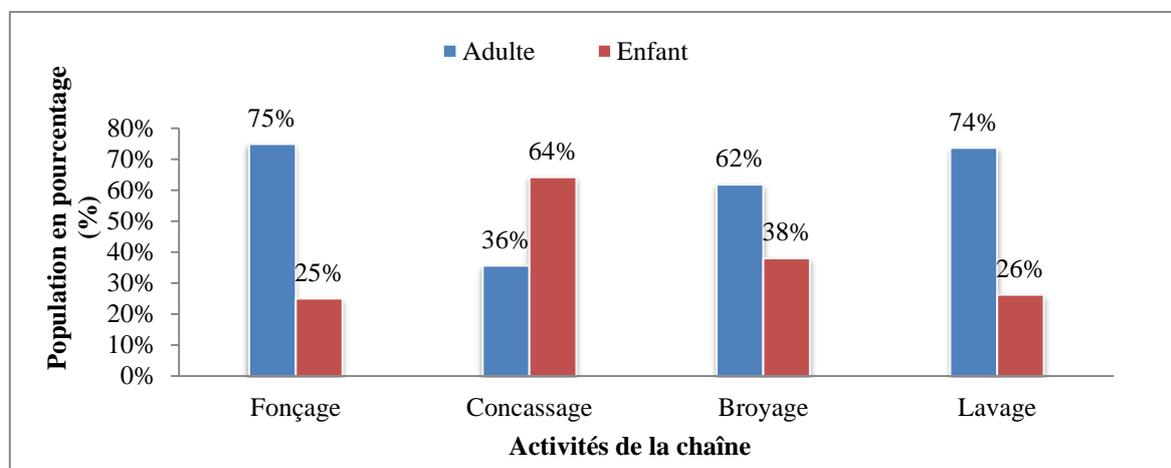
#### **II.4 Niveau d'implication des enfants dans la chaîne d'orpaillage**

Malgré les risques qu'ils encourent quotidiennement, il subsiste une relative forte présence des enfants sur le site. Les enquêtes ont montré que les enfants du site sont impliqués à toutes les activités de la chaîne d'orpaillage. Le graphique de la figure 7 présente le niveau d'implication des enfants dans le processus d'orpaillage sur le site.

Il montre que les enfants sont plus impliqués dans le concassage et le broyage avec respectivement 64% et 38%. Le fonçage et le lavage demeurent les activités qui emploient le moins d'enfants avec respectivement 25% et 26% de la population. Leur présence dans le fonçage, le concassage et le lavage est plus forte que les moyennes sur les sites des cinq Régions de référence respectivement de 6,5%, 8,5% et 9,5% (Yaro et al., 2011). Le nombre élevé d'enfants sur le site peut avoir plusieurs explications. D'abord le manque d'occupation pendant la saison sèche. En effet, la plupart de ces enfants sont des fils d'agriculteurs issus de la commune. Ils se retrouvent sans occupations pendant la longue saison sèche qui dure 7 à 8 mois (PCD, 2014). Ensuite, il y a l'espoir de trouver l'or un jour et d'améliorer ainsi leurs conditions de vie. Enfin, le manque d'opportunités de se faire l'argent pour subvenir aux besoins de base comme se nourrir. Z. P<sup>2</sup>, employé d'un site de cyanuration a déclaré je cite «*Je viens ici pour avoir l'argent pour me construire une maison* ». Pour un groupe d'enfants

<sup>2</sup> Orpailleur rencontré le 10/05/2014 sur un site de cyanuration

fonceurs « *Nous sommes ici parce qu'il n'a pas assez plu et les récoltes n'ont pas été bonnes, si nous restons à la maison, nous n'avons pas à manger. Nous sommes ici pour avoir de l'argent pour se nourrir* ».



**Figure 7: Implication des enfants dans la chaîne de l'orpaillage sur le site**

Pendant les phases d'amalgamation et cyanuration d'importantes quantités des produits chimiques rentrent dans la chaîne de production. Ces produits prohibés, rentrés clandestinement au Burkina sont présents sur le site à travers un circuit de commercialisation non maîtrisé.

### III. Quantités et formes de produits chimiques sur le site

Du suivi de la chaîne de production, il ressort que les produits chimiques utilisés sur le site sont donc le mercure métallique  $Hg^0$ , le cyanure de sodium (NaCN) sous forme de pastilles, les acides sulfurique ( $H_2SO_4$ ) et nitrique ( $HNO_3$ ) et le zinc. La figure 8 présente le flux de produits de la chaîne d'orpaillage sur le site. Elle montre par ailleurs les phases d'intervention des produits chimiques dangereux. On y voit clairement que le mercure est utilisé pendant l'amalgamation après le lavage qui utilise aussi des détergents pour éliminer les huiles issues du broyage. Quant au cyanure présent sur le site, il est utilisé avec les acides sulfurique et nitrique et le zinc sous forme de copeaux pendant la cyanuration. Cependant, certains intrants des phases de fonçage et le broyage contiennent des polluants chimiques persistant dans l'environnement. On note l'absence de certains produits comme l'eau de javel utilisé sur d'autres sites comme Galgouli (Kouadio, 2014). En effet, l'eau de javel est utilisée sur ces sites pour traiter les insectes présents dans les bois de soutènement dans les trous.

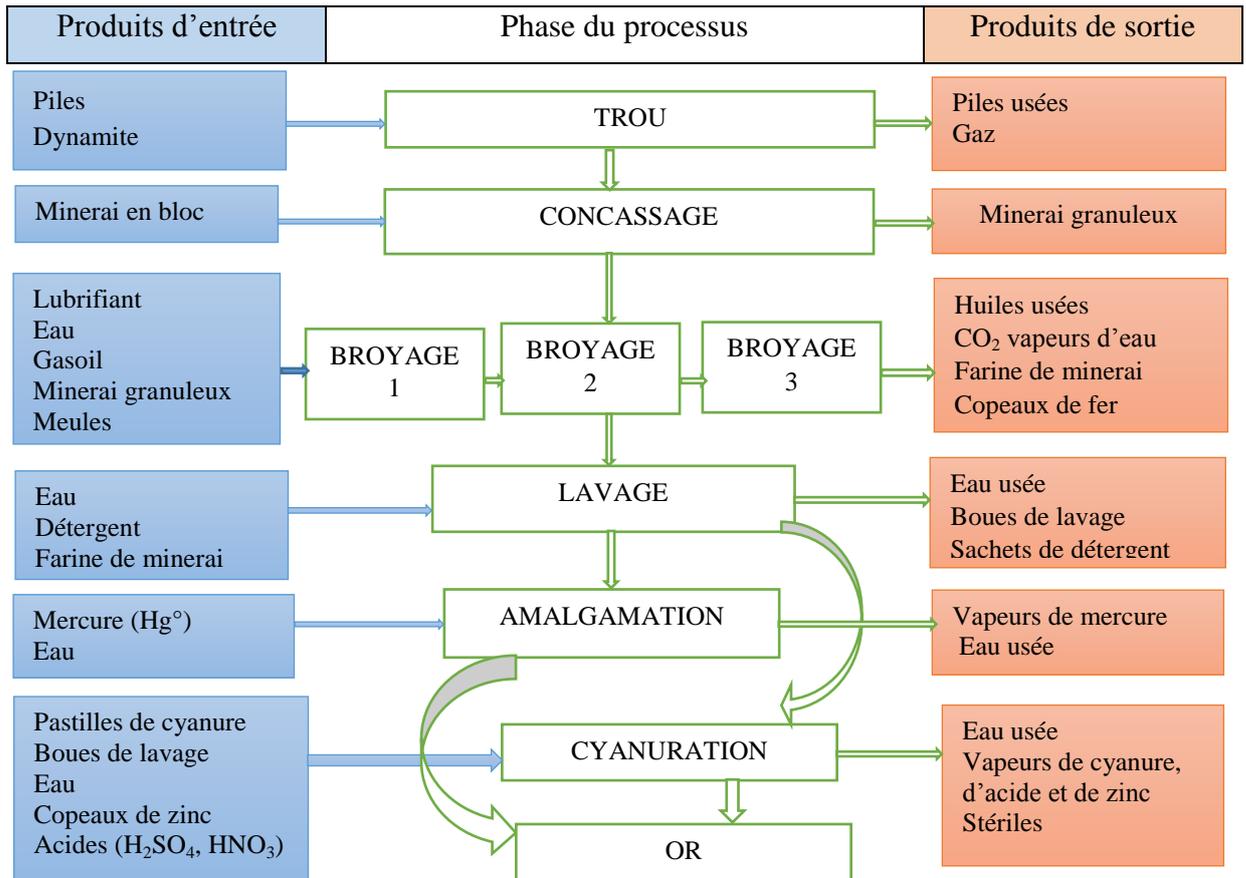


Figure 8: Flux de matières

### III.1 Les éléments contenant les polluants chimiques

#### III.1.1. Les piles usées

Les piles utilisées pour l'éclairage dans les puits et galeries sont abandonnées soit dans les puits, soit à l'extérieur. Selon les informations recueillies pendant l'enquête, les piles usées sont rejetées à l'extérieur des puits à la surface du sol. Chaque fonceur utilise en moyenne une paire de piles par semaine. L'estimation donne avec le nombre total de fonceurs du site 300 paires de piles usées rejetées dans le milieu naturel par semaine. Elles constituent des déchets dangereux pour l'environnement après leur décomposition.

#### III.2.1. Les hydrocarbures

Des quantités importantes d'hydrocarbures sont utilisées sur le site. L'essence, le gasoil et les lubrifiants de moteur sont indispensables au fonctionnement des moulins et des engins à deux (02) roues à savoir les motocyclettes et les tricycles. La présence de ces produits constitue d'énormes risques en cas d'incendie. Les débordements d'essence et de gasoil sont plus ou moins contrôlés. Cependant, les huiles usées issues des moulins de broyage et des ateliers de

mécanique polluent les sols et sont entraînés vers les cours d'eau en saison hivernale. En moyenne, chaque moulin utilise 5L de gasoil et 2L d'huile de vidange par jour. Les huiles usées rejetées n'ont pas pu être quantifiées mais d'énormes quantités sont déversées sur le sol notamment sur les zones de broyage.

### III.2 Quantité de mercure et de détergent

Le mercure est utilisé en fonction de la teneur en or et de la quantité de minerai lavée. Les enquêtes ont montré que plus de la moitié des laveurs du site peuvent laver deux (02) sacs de minerai broyé par jour et 20% lavent un sac par jour. 13% se contentent de moins d'un sac par jour pendant que les 13% restant peuvent laver trois (03) sacs. En moyenne, 174 sacs peuvent être lavés par jour sur le site.

Le tableau IV donne une estimation journalière des quantités de mercure et de détergent utilisées sur le site. Dans l'ensemble, une boule de 14,4 g de mercure métallique Hg<sup>0</sup> achetée à 2000 FCFA est utilisée en moyenne sur le site par sac de 50 Kg de minerai lavé. Ceux qui lavent moins d'un sac utilisent la moitié de la boule. Le lavage utilise également les détergents de la marque SABA disponibles sur le site à 50 F CFA le sachet de 30 g. Une quantité totale de 2,5 Kg de mercure et 870 sachets de détergents de la marque SABA peuvent être utilisés par jour sur le site par l'ensemble des acteurs. Il est à signaler que le lavage est fait quotidiennement avec différentes intensités en fonction de la disponibilité de la farine de minerai et de la disponibilité de fonds. Certains laveurs affirment ne pas pouvoir travailler à certains moments pendant une semaine par manque de farine de minerai. Sur d'autres sites tel que Galgouli, ce sont la même forme et la même quantité de mercure qui est utilisé pour le traitement d'un sac de farine de minerai de 50 Kg (Kouadio, 2014).

**Tableau IV: Quantités moyennes journalières de mercure et de détergent utilisées sur le site**

Quantité totale de sacs de 50 Kg lavés par jour	Normes utilisées sur le site		Total mercure (boules)	Masse totale (kg)	Total détergent (sachet de 30g)
	Quantité mercure/sac (boules)	Quantité de détergent (sache de 30g)			
174	1	5	174	2,50	870

### III.3 Quantité de cyanure, de zinc et d'acides utilisés

Le cyanure est dosé par bassin de cyanuration. Chaque bassin prend 1 Kg de cyanure. Une opération de cyanuration dure en moyenne trois (03) jours sur les sites. Les quantités moyennes estimées concernent une fréquence de trois (03) jours. Le tableau V donne la

quantité totale de cyanure utilisée sur les sites de cyanuration. Il montre qu'il existe cinq (05) sites de cyanuration et chaque site comprend en moyenne quatre (04) bassins. Sur l'ensemble des cinq (05) sites de cyanuration, la quantité totale de cyanure utilisée est estimée à 20 Kg pour la fréquence de trois (03) jours. Sur le site de Galgouli, l'opération de cyanuration dure aussi trois (03) jours et chaque bassin de cyanuration prend également 1 Kg de cyanure (Kouadio, 2014).

**Tableau V: Quantité totale de cyanure utilisée sur les sites pour une opération de cyanuration**

Nombre de site	Nombre de bassin/site	Nombre total de bassin	Quantité cyanure/bassin Kg	Quantité totale (Kg)
5	4	20	1	20

Le tableau VI donne une estimation de la quantité moyenne de zinc utilisée pendant une opération de cyanuration sur les sites. En effet, pendant l'opération de cyanuration, les copeaux de zinc sont mis dans les tubes en forme de U pour capter l'or. Le tube à un diamètre de 110 mm. Les tubes sont hauts de 1 m et sont raccordés entre eux par un coude de 15 cm. Chaque bassin prend un tube de zinc. On remarque que l'ensemble des sites de cyanuration utilise vingt (20) tubes en forme de U avec un volume unitaire estimé à 0,019 m<sup>3</sup>. La quantité totale de zinc utilisé pour une opération de cyanuration est de 0,38 m<sup>3</sup>.

**Tableau VI: Quantité moyenne de zinc utilisé sur les sites pour une opération de cyanuration**

Nombre de sites	Nombre de tube/site	Nombre total de tubes	Volume du tube (m <sup>3</sup> )	Quantité de zinc (m <sup>3</sup> )
5	4	20	0,019	0,38

Les acides (sulfurique et nitrique) utilisés pour les réactions sur les copeaux de zinc ayant captés l'or sont dosés en moyenne 3L/tube pour l'acide sulfurique et 50 mL pour l'acide nitrique. Le tableau VII donne une estimation des quantités d'acides utilisées pour une opération de cyanuration. On remarque que l'acide sulfurique est plus utilisé que l'acide nitrique. Pour une opération de cyanuration c'est donc 60 L d'acide sulfurique qui est utilisé contre seulement 1 L d'acide nitrique.

**Tableau VII: Quantités moyennes d'acides utilisées sur les sites pour une opération de cyanuration**

Nombre de tube de Zinc	Quantité de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /tube (L)	Quantité de HNO <sub>3</sub> /tube (L)	Quantité totale H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (L)	Quantité totale HNO <sub>3</sub> (L)
20	3	0,05	60	1

Le tableau VIII donne une estimation des quantités de produits chimiques utilisés rapportées à une semaine. Cette estimation est basée sur trois jours de lavage intensif et deux opérations de cyanuration dans la semaine. En effet, 7,5 Kg de mercure et 40 Kg de cyanure peuvent être utilisés par semaine sur les sites. Les sites de cyanuration peuvent également utiliser 0,76 m<sup>3</sup> de zinc, 120 L de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et 2 L de HNO<sub>3</sub>. En outre, 300 paires de piles usées peuvent être rejetées dans l'environnement par les fonceurs. Malgré les textes interdisant l'usage des produits chimiques toxiques sur les sites d'orpaillage, notamment le décret N°2005-047/PRES/PM du 03 février 2005 portant gestion des titres miniers au Burkina Faso, l'article 4 du permis d'exploitation artisanale et le code de l'environnement, l'on constate que d'énormes quantités de mercure et de cyanure sont toujours utilisées sur les sites. Le manque de contrôle rigoureux, la cupidité des orpailleurs et la corruption pourraient expliquer la persistance de l'utilisation de ces produits. Comme précisé plus haut, les produits chimiques proviendraient des pays frontaliers notamment le Ghana et le Mali. Ils rentreraient clandestinement et arriveraient sur les sites à travers un réseau de commercialisation secrète. Du cyanure serait également fabriqué à Pouytenga dans la Région du Centre-Est et commercialisé sur les sites à bon prix. Il semblerait que les propriétaires des sites de cyanuration passeraient des ententes avec les forces de police pour continuer l'activité une fois les sites découverts.

**Tableau VIII: Estimation des quantités des produits utilisés par semaine**

Quantité de piles usées (paire)	Quantité de mercure (Kg)	Quantité de cyanure (Kg)	Quantité de zinc (m <sup>3</sup> )	Quantité de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (L)	Quantité de HNO <sub>3</sub> (L)
300	<b>7,5</b>	<b>40</b>	0,76	120	2

L'utilisation intensive de ces produits chimiques constitue des dangers pour l'environnement. Par ruissellement ou par infiltration, ils se retrouvent dans les ressources en eau et sol où ils participent fortement à leur pollution.

#### **IV. Niveau de pollution des eaux et sols**

##### **IV.1 Niveau de pollution des eaux**

La figure 9 présente les résultats des analyses des échantillons d'eau placés à leur point de prélèvement. Toutes les eaux de forage (F1 : 0,00139 mg/L, F2 : 0,00069 mg/L, F3 : 0,001 mg/L, F4 : 0,00237 mg/L) prélevées tous en aval du site sont au-dessus de la norme

OMS/Burkina de consommation humaine (0,0005 mg/L) pour le mercure. L'eau de puits (0,00069 mg/L) prélevé en amont site dépasse également cette norme. Les concentrations dans ces eaux sont par ailleurs inférieures à celles relevées sur le site dans les bassins de rétention des boues d'amalgamation (bassin 1 : 0,002 mg/L et bassin 2 : 0,0061 mg/L).

Les eaux de forage sont également contaminées au cyanure mais à des concentrations inférieures à la norme OMS/Burkina de consommation humaine (0,07 mg/L) pour le cyanure libre et total. L'eau du puits (0,22 mg/L) en amont des sites est au-dessus de la norme pour cyanure total tandis que l'eau du cours d'eau (0,22 mg/L) en aval des sites est supérieure à la norme pour le cyanure libre. Les effluents de cyanuration (bassin1 : 0,118 mg/L, bassin2 : 0,118 mg/L) sont au-dessus de la norme de déversement dans les cours d'eau (0,1 mg/L) pour le cyanure total.

On remarque que les concentrations en mercure et cyanure diminuent en s'éloignant de leur site d'utilisation. En effet, la concentration en mercure sur le site est supérieure à celles des autres points en amont et en aval. Le cours d'eau (0,00055 mg/L) à l'aval du site et le plus éloigné est d'ailleurs le moins concentré en mercure. Celles des sites de cyanuration sont également supérieures aux autres points éloignés de ces sites. Cette diminution pourrait s'expliquer par une probable dégradation des polluants pendant leur transport. Cependant, pour les eaux souterraines, la diminution n'est pas fonction de la distance avec le site. Le forage F4, le plus éloigné du site reste le plus concentré par rapport aux autres.

La présence du mercure dans ces eaux pourrait être due à l'orpaillage en général dans la zone et non spécifiquement sur le site. En effet, en dehors de F4, les autres forages ont été implantés après le début de l'exploitation du site. Mais l'utilisation du mercure étant courante sur les sites et même dans les concessions dans la zone, la contamination pourrait provenir d'autres sites. Par ailleurs, le mercure est un composé faiblement mobile dans les sols et y généralement mobilisé par la matière organique (Thomassin et Touzé, 2003). Cette propriété pourrait écarter toute source de contamination anthropique par infiltration. Toutefois, les forages n'auraient pas été implantés si les eaux contenaient du mercure. Ce qui écarte la présence naturelle du mercure dans les roches.

La présence du cyanure dans les eaux pourrait avoir pour cause son utilisation sur les sites de cyanuration dans la commune. La faible mobilité du cyanure dans les sols pourrait également expliquer les faibles concentrations dans les eaux souterraines à l'aval des sites. La forte teneur du cyanure dans le cours d'eau et le puits pourrait s'expliquer par la présence des sites de cyanuration dans les environs.

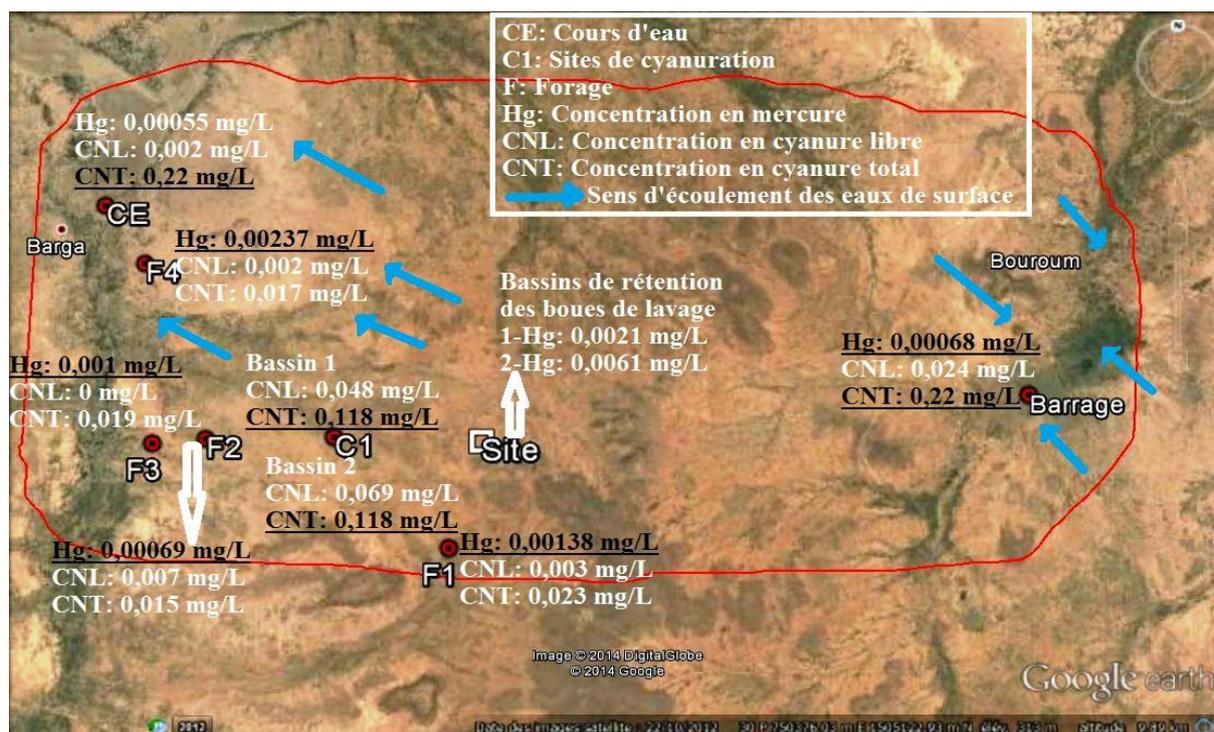


Figure 9: Résultats des analyses des échantillons d'eau

#### IV.2 Niveau de pollution des sols

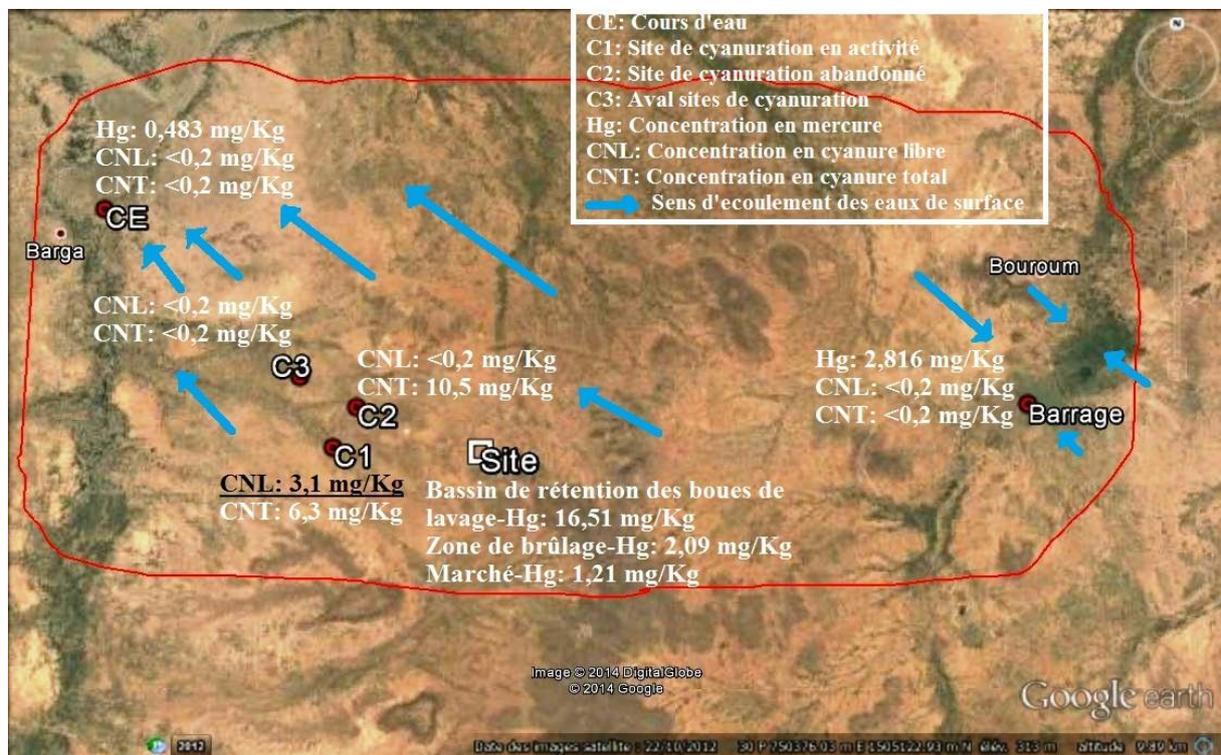
La figure 10 présente les résultats des analyses des échantillons de sol placés sur leur point de prélèvement. Seuls les stériles issus des sites de cyanuration en activité ( $CN_L$  : 3,1 mg/Kg) sont au-dessus de la norme OMS/Burkina de mise en culture des terres (0,5 mg/Kg) pour le cyanure libre. Les sites de cyanuration abandonnés ( $CN_L$  : <0,2 mg/Kg,  $CN_T$  : 10,5 mg/Kg) sont aussi contaminés mais restent inférieurs à la norme. Le cyanure est également présent à des points éloignés (aval des sites :  $CN_L$  < 0,2 mg/Kg,  $CN_T$  < 0,2 mg/Kg ; cours d'eau  $CN_L$  < 0,2 mg/Kg,  $CN_T$  < 0,2 mg/Kg) mais à l'état de trace.

Quant au mercure, il est aussi présent dans les sols mais avec des concentrations inférieures à la norme de mise en culture des terres (50 mg/Kg). Les boues d'amalgamation (16,51 mg/Kg) restent les plus concentrées par rapport à la zone de brûlage et le marché du site respectivement 2,09 mg/Kg et 1,21 mg/Kg. Les sédiments des points éloignés du site comme le barrage et le cours d'eau avec respectivement 2,82 mg/Kg et 0,483 mg/Kg sont aussi moins concentrés que les sols du site.

Comme dans les eaux, les concentrations en mercure et en cyanure dans les sols diminuent en s'éloignant de leur point d'utilisation. Leur présence dans les sols est due aux activités d'orpaillage dans la zone. Les faibles concentrations de ces polluants aux points éloignés des sites d'utilisation pourraient être dues à la faible mobilité de ces composés dans les sols. Elles

peuvent aussi s'expliquer par une probable dégradation pendant leur transport. La volatilisation du mercure pourrait également expliquer la diminution des concentrations pendant son transport vers les points en aval du site.

La présence du mercure sur la zone de brûlage et au niveau du marché pourrait être due à des dépôts atmosphériques ou par ruissellement. Le mercure étant un composé extrêmement volatil, pendant le brûlage des amalgames, les vapeurs se sont volatilisées et ont pu se redéposer pour contaminer les sols. Cependant, les dépôts atmosphériques ne sont pas immédiats. Certains stériles issus de l'amalgamation restent stockés sur le site. L'entraînement de ces stériles par les eaux de ruissellement pourrait en être la cause de la contamination de ces sols.



**Figure 10: Résultats d'analyse des échantillons de sol**

Les conditions de travail et de vie sur le site et les comportements des orpailleurs vis-à-vis des produits chimiques les exposent à d'énormes risques de la phase de trou à la dernière étape de l'extraction d'or. Ces risques, sanitaires et/ou environnementaux peuvent être dus à l'ignorance et au manque de sensibilisation mais sont généralement les fruits de mauvaises pratiques des acteurs.

## V. Risques liés à l'orpaillage

La majorité des orpailleurs n'utilisent pas d'équipements de protection et ne prennent pas de mesures de précaution dans leur activité respective, augmentant ainsi les risques. Ces risques sont énumérés à la suite des observations sur les comportements de certains acteurs au cours des enquêtes.

Sur le plan sanitaire, toutes les étapes de l'orpaillage exposent les acteurs à d'énormes risques. Pendant la phase de fonçage, la poussière et l'humidité dans les trous peuvent causer des infections respiratoires aiguës (IRA). L'utilisation des dynamites peut aussi causer des stress respiratoires. A cela, s'ajoutent les risques d'éboulement, d'accidents et d'asphyxie dus au manque d'oxygène dans les trous. En outre ces acteurs sont exposés aux risques d'infections cutanées et de piqûres d'insectes.

La phase de concassage qui utilise des moyens rudimentaires expose les femmes et les enfants aux blessures par les projections de pierres, aux IRA à l'inspiration des poussières et à la surdité aux bruits. Quant aux broyeurs ils sont exposés aux IRA à travers l'inhalation des fumées et la poussière, aux blessures par la manipulation des moulins. Des infections cutanées peuvent également survenir aux contacts répétitifs de la farine de minerai, des huiles usées et autres hydrocarbures. La planche 7 présente les pratiques courantes pour l'amalgamation et le brûlage sur le site. Pendant les phases de lavage et de raffinage du minerai (amalgamation, brûlage et cyanuration), la manipulation sans protection et l'exposition continue aux produits chimiques peuvent être des sources d'intoxication au mercure et au cyanure. En effet, pour le mercure, le brûlage des amalgames est la principale source d'exposition aux vapeurs de mercure (Thomassin and Touzé, 2003). Quant à l'amalgamation qui se fait à mains nues, elle expose aussi les acteurs à une intoxication cutanée.



**Planche 8: Amalgamation (A) et brûlage (B)**

Sur les sites de cyanuration, les orpailleurs manipulent les pastilles de cyanure sans gants augmentant ainsi les risques d'intoxication. Par exemple, pendant les prélèvements des échantillons d'eau et de sol, alors que l'opérateur utilisait des gants, un employé de cyanuration a saisi un bidon et l'a plongé dans un bassin pour prélever un échantillon destiné à l'analyse du cyanure.

Dans l'ensemble, les populations du site et des villages environnant sont aussi exposées aux risques d'intoxication du fait de l'utilisation des produits chimiques sur le site et à la consommation des eaux polluées par ces produits. Ce faisant, elles sont exposés aux risques épidémiologiques dus à l'hygiène du site.

Sur le plan environnemental, les sols et les eaux sont exposés par l'utilisation sans précaution des produits toxiques (mercure, cyanure, acides...) et au déversement d'hydrocarbures (essence, gasoil, huile usée). Il faut noter la présence des hydrocarbures et matériaux utilisés pour la construction des infrastructures sur le site augmentent les risques d'incendies. Après la mission de reconnaissance du site, un incendie a d'ailleurs ravagé une partie du marché du site. Selon le chef de site, le feu dont il ignore la source se serait déclenché vers 2h PM. Il s'est propagé très vite après avoir calciné un mini bus présent sur le site et ravagé un bon nombre de hangars.

Sur le plan social, l'afflux des populations de plusieurs horizons sur le site augmente les risques de fléaux tels que les IST, les MST, la prostitution, la drogue, l'insécurité....

Malgré ces risques, l'orpaillage demeure toujours une réalité incontournable dans la commune de Bouroum. Le 1<sup>er</sup> adjoint au maire de la commune affirme que « *L'orpaillage existe depuis des temps anciens dans notre commune et occupe les populations en saison sèche* ». Il impacte aussi bien positivement que négativement l'ensemble de la commune.

## **VI. Impacts de l'orpaillage à Bouroum**

Bouroum est une zone où l'activité d'orpaillage est primordiale. La majorité des villages de la commune abrite au moins un site. C'est la principale activité des populations en saison sèche. Toutefois, elle a des conséquences sur l'environnement physique, biophysique et socio-économique.

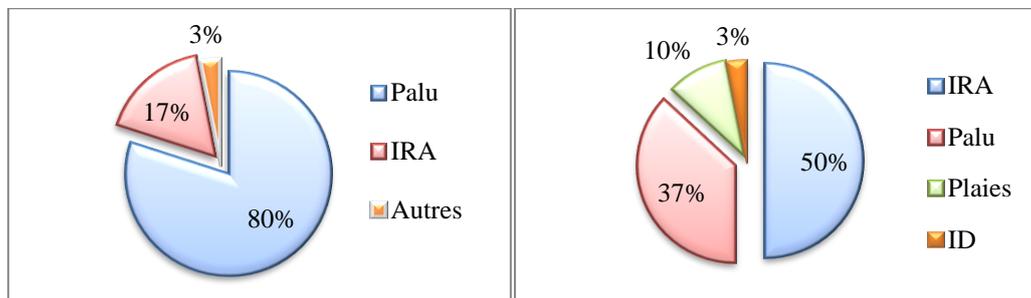
Sur le plan économique, l'orpaillage occupe une place importante dans la commune. C'est la principale activité génératrice de revenus pour les populations locales surtout en saison sèche. Il contribue également à renflouer le budget de la commune à travers les taxes perçues notamment la taxe d'occupation du domaine public et la taxe de dégradation du domaine

public. Les gains de l'orpaillage permettent aux populations locales de développer d'autres activités comme le commerce et l'élevage. Les grosses motos et les constructions en matériaux définitifs sont visibles dans le village de Kayara et partout dans la commune et sont imputables aux gains issus de l'orpaillage.

Sur le plan social, l'orpaillage est à l'origine de la dégradation des mœurs dans la commune. Les sites d'orpaillage sont fréquentés par les prostituées venues des grandes villes du Burkina et même de pays voisins. Ils sont également les lieux de vente de la drogue et d'autres stupéfiants.

Sur le plan sanitaire, l'orpaillage contribue à l'augmentation des risques sanitaires. Le manque d'hygiène sur les sites augmente la prévalence des maladies vectorielles comme le paludisme. La forte affluence sur les sites contribue à la prévalence des épidémies. P.Z<sup>3</sup>, infirmier en chef au CSPS de Bouroum indique que « *Au temps du fonctionnement du site Filon 12 qui connaissait une très forte affluence, les cas de rougeole étaient fréquents dans la commune* ».

La figure 11 présente respectivement les principales causes de consultation au CSPS de Bouroum des populations et des orpailleurs. Avec respectivement 80% et 17% au niveau des populations, 37% et 50% chez les orpailleurs, le paludisme et les IRA sont les maladies persistantes dans la zone. Les plaies sont plus fréquentes chez les orpailleurs (10%) que dans l'ensemble de la population où elles sont confondues aux maladies diarrhéiques dans les autres maladies (3%). Le fort taux de paludisme chez les orpailleurs pourrait être dû au manque d'hygiène sur les sites. Les IRA sont plus fréquentes chez les orpailleurs et sont dues à la poussière et à l'exposition continue aux produits chimiques sur les sites. Quant aux plaies également plus fréquentes chez les orpailleurs, l'amalgamation à mains nues et l'humidité dans les trous en sont les principales causes.



**Figure 11: Principales causes de consultation des populations et des orpailleurs au CSP de Bouroum**

<sup>3</sup> Infirmier rencontré au CSPS le 07/05/2014

Pendant les enquêtes, aucun cas d'intoxication aux produits chimiques n'a été évoqué sur le site. Mais certains orpailleurs, surtout ceux utilisant le mercure souffraient de toux. Ce qui est sans doute lié à l'inhalation des vapeurs de mercure pendant le brûlage. Quant au cyanure, les animaux sont les plus exposés. Des villageois ont failli venir à bout d'un propriétaire de site de cyanuration après l'intoxication mortelle d'un troupeau de chèvres. En outre, un cas d'intoxication à l'acide a été enregistré au centre de santé. En effet, un jeune fonceur assoiffé a confondu l'eau à l'acide et en a bu une gorgée et qui s'est remis par la suite.

Dans l'ensemble, le mercure et le cyanure présentent des dangers pour les orpailleurs. Mais plusieurs facteurs ne permettent pas de prouver la persistance des maladies liées à leur utilisation. Ce sont :

- Le manque d'effets à de faible exposition ;
- La capacité de bioaccumulation surtout du mercure et le manque d'effets immédiats ;
- Le manque d'étude sur l'impact sanitaire de ces produits dans la zone ;
- Le manque de moyens de diagnostic des cas d'intoxication au mercure ;
- L'ignorance des orpailleurs des maladies liées à l'exposition aux produits chimiques ;
- Le faible taux de fréquentation des centres de santé par les orpailleurs;
- Etc.

Sur le plan environnemental, la dégradation physique est observable sur les sites et le milieu environnant. Les trous non bouchés sont observables au village de Kayara augmentant ainsi les risques d'accidents. Les sites sont également des zones de prolifération de toutes sortes de déchets surtout les sachets plastiques. Les impacts des acides utilisés sur les sites de cyanuration et les huiles usées issues des moulins de broyage sont visibles sur les anciens sites. La contamination des eaux de forages vient rajouter les impacts environnementaux des produits chimiques dans l'orpaillage sur l'environnement. La planche 8 montre les impacts des produits utilisés sur l'environnement.



### **Planche 9: Quelques impacts environnementaux de l'orpaillage**

Malgré les impacts environnementaux visibles des produits chimiques et les dangers liés à leur utilisation pour la santé, les orpailleurs ont plusieurs formes de perception sur la problématique.

## VII. Perceptions des orpailleurs sur les risques liés à l'utilisation des produits chimiques

L'hypothèse de départ était que les perceptions sur les dangers des produits chimiques dépendaient de plusieurs paramètres comme l'âge, le genre et le niveau d'instruction des orpailleurs. Cependant, cette hypothèse est-elle fondée pour les orpailleurs? Les résultats ci-dessous aideront à édifier la question.

### o Influence de l'âge sur la perception des risques liés à l'utilisation des produits chimiques

La figure 12 présente la perception des dangers liés à l'utilisation des produits chimiques sur le site en fonction de l'âge des orpailleurs. 38% des enfants du site affirment que les produits chimiques ne présentent aucun danger et 38 % d'entre eux sont dans l'ignorance absolue des risques. Seulement 24% des moins de 18 ans sont conscients qu'ils sont exposés à des risques. Par contre, pour les adultes, 36% sont conscients de la problématique contre 45% qui nient l'existence des dangers. Seulement 18% sont dans l'ignorance. L'ignorance des risques des enfants s'explique par leur forte implication dans les activités n'utilisant pas de produits chimiques notamment le concassage et le broyage. Respectivement 64% et 62% sont d'entre eux sont impliqués dans lesdites activités. La majorité des enfants conscients des dangers sont notamment ceux impliqués dans le lavage et la cyanuration. Au niveau de la cyanuration, ces derniers ont la charge de la surveillance des sites. La surveillance a pour but d'éviter la consommation des effluents de cyanuration par les animaux. Ils sont donc conscients que le cyanure est très dangereux pour la santé humaine et animale.

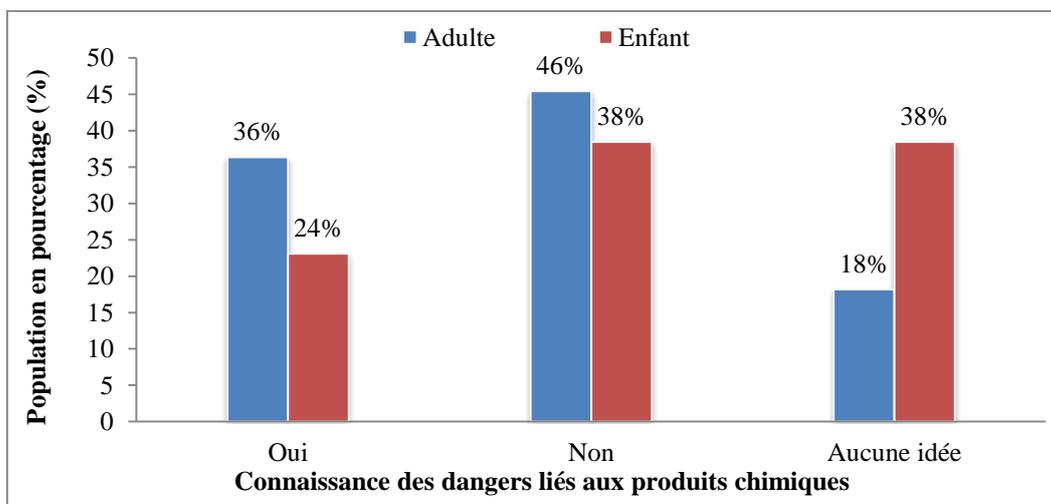
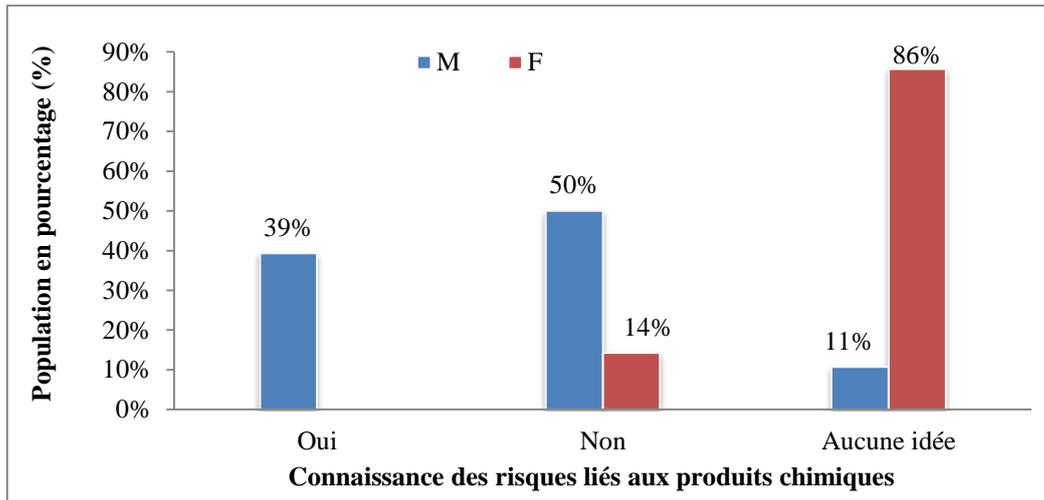


Figure 11: Influence de l'âge sur la perception des risques des produits chimiques des orpailleurs du site

o **Influence du genre sur la perception des risques liés à l'utilisation des produits chimiques**

La figure 13 présente les perceptions des orpailleurs vis-à-vis des dangers des produits chimiques selon le genre. Aucune femme questionnée n'est au courant des risques encourus. 86% d'elles sont dans l'ignorance totale de cette problématique et 14% affirment que les risques n'existent pas. Par contre, pour les hommes, seulement 11% sont dans l'ignorance et 50% affirment que l'utilisation des produits chimiques ne présente aucun danger. Par ailleurs, 39% d'entre eux sont conscients qu'ils sont exposés. L'ignorance des femmes peut avoir pour origine leur faible implication dans l'activité. Leur présence sur le site se limite au concassage du minerai, une activité n'utilisant pas de produits chimiques. Celles qui pensent que les risques n'existent pas estiment d'ailleurs que toute forme de dysfonctionnement de la vie humaine est l'œuvre de Dieu.

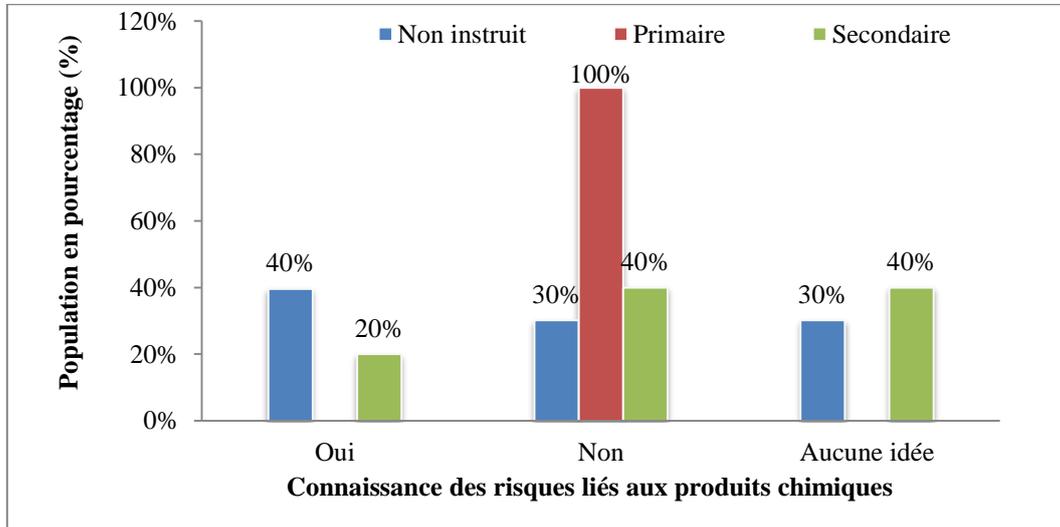


**Figure 12: Influence du genre sur la perception des risques des produits chimiques des orpailleurs du site**

o **Influence du niveau d'instruction sur la perception des risques liés à l'utilisation des produits chimiques**

Le site présente dans l'ensemble un faible taux d'alphabétisation. La figure 14 présente les perceptions des orpailleurs en fonction de leur niveau d'instruction. On remarque que 100% de ceux qui ont fait au moins l'école primaire affirment qu'ils n'existent pas de risques. En effet, ces acteurs sont en majorité impliqués dans le broyage, une activité qui n'utilise pas de produits chimiques mais des intrants contenant des polluants chimiques que les acteurs ignorent. 40 % de ceux qui ont fait le secondaire estiment que les risques n'existent pas et 40% sont dans l'ignorance totale. Seulement 20% estiment qu'ils sont menacés. Les non

instruits restent les plus nombreux à connaître les risques. Ils sont d'ailleurs 40% à les connaître contre 30% qui ne sentent pas menacer et également 30% sont dans l'ignorance de la problématique.



**Figure 13: Influence du niveau d'instruction sur la perception des risques liés à l'utilisation des produits chimiques des orpailleurs du site**

Les résultats précédents montrent que les perceptions des risques liés à l'utilisation des produits chimiques pourrait ne pas être liée ni à l'âge, ni au genre, ni au niveau d'alphabétisation des orpailleurs. Elle serait plutôt liée à l'activité de la chaîne utilisant le produit chimique.

#### o Perceptions globales des risques liés à l'utilisation des produits chimiques

La figure 11 montre la connaissance des risques liés à l'utilisation des produits chimiques des orpailleurs à chaque étape du processus. Il montre particulièrement que :

- 100% des orpailleurs impliqués dans la cyanuration sont conscients qu'ils sont exposés à des risques. Ils savent que le cyanure est un poison et agit violemment. La principale source d'exposition évoquée est l'ingestion des pastilles et/ou la consommation des effluents liquides contenant du cyanure. En outre, ils sont aussi conscients que l'ingestion des acides peut être mortelle et que le contact provoque des brûlures graves de la peau. Ils sont les seuls à évoquer les risques de pollution des eaux de surface. Cela s'explique par la connaissance de la dangerosité du cyanure.
- Plus de 53% des acteurs du lavage sont au courant des risques contrairement à 47% qui pensent que l'utilisation du mercure ne présente aucun danger pour l'homme et pour son

environnement. Leur connaissance des risques se limite seulement à l'intoxication par inhalation des vapeurs de mercure pendant le brûlage. H.S<sup>4</sup>, laveur en toussant quand il se prêtait au questionnaire affirme « *Ce sont les vapeurs de mercure qui sont à la base de ma toux* ». Comme, d'autres laveurs, il estime que l'amalgamation sans protection des mains n'a pas d'effets sur la santé. Pendant le brûlage, les orpailleurs affirment que seul le brûleur est exposé. H.S ajoute « *C'est moi seul qui suis exposé, le gaz se dissipe vite donc, il n'y a pas de dangers pour mes voisins de hangar* » ;

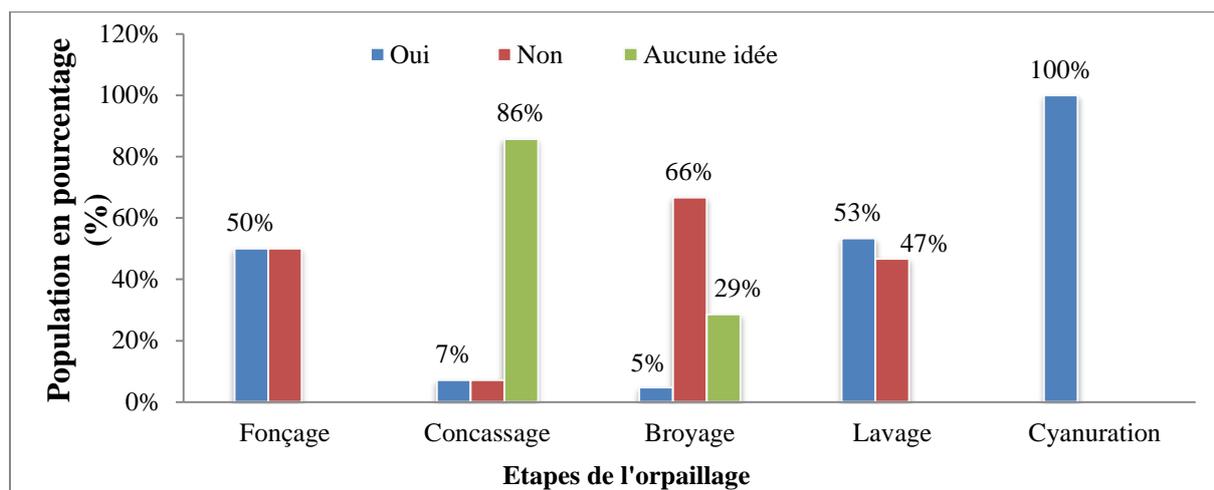
- 50% de fonceurs sont également conscients des risques encourus. En effet, la majorité d'entre eux lavent leur minerai et connaissent bien les dangers du mercure. Par contre, seulement 15% sont conscients que les piles usées sont dangereux pour la santé humaine. Si ces piles sont rarement abandonnées au fond des puits, cela peut être interprété comme une considération pour le trou et non une réelle perception des dangers. Certains le considèrent à leur case et qu'ils ne veulent pas salir;
- Les concasseurs et les broyeurs restent les seuls à vivre en majorité dans l'ignorance des dangers que les produits représentent pour la santé et pour l'environnement avec respectivement 86% et 29% dans ce cas. Pourtant, le broyage reste une activité à risque de la chaîne. En effet, les huiles usées déversées dans le milieu naturel et les résidus de fer constituent des sources de pollution des sols et des eaux. L'ignorance de ces acteurs s'explique par la forte implication des femmes et enfants dans lesdites activités. Respectivement 86% et 38% d'entre eux sur le site ignorent l'existence des risques. Le fort taux d'orpailleurs niant l'existence des risques au broyage (66%) s'explique par la forte présence d'enfants dans ladite activité. En effet, 100%, d'entre eux, en majorité ayant fait l'école primaire estimaient que l'utilisation des produits chimiques ne les expose à aucun danger. La majorité de ces acteurs comme J.M<sup>5</sup> affirme « *Je n'utilise pas de produits chimiques, donc je connais rien sur le mercure ou le cyanure* ».

Ces résultats confirment encore que les perceptions des dangers liés à l'utilisation des produits chimiques sur le site sont liées aux activités de la chaîne d'orpaillage utilisant les produits chimiques. Autrement dit, plus on est en contact avec les produits chimiques, plus on est conscient de leur dangerosité.

---

<sup>4</sup> Orpailleur (laveur) rencontré le 10/05/2014

<sup>5</sup> Orpailleur (broyeur) rencontré le 07/05/2014



**Figure 14 : Perception des orpailleurs de chaque étape sur les risques liés à l'utilisation des produits chimiques**

Dans l'ensemble, 31,43% de la population du site est consciente que l'utilisation des produits chimiques constitue des menaces pour la santé contre 42,86% qui affirme que les risques n'existent pas. Ces derniers attribuent tout ce qui arrive à l'œuvre divine. Ils estiment que l'activité humaine ne peut impacter la santé ou l'environnement. Seul Dieu, initiateur de toute forme de vie décide du sort des humains. En outre, 25,71% des orpailleurs du site demeurent dans l'ignorance absolue des risques potentiels encourus à travers l'utilisation des produits chimiques. La faible connaissance des risques peut s'expliquer en premier lieu par le manque de sensibilisation des acteurs. Seulement 1% de la population du site affirme avoir déjà bénéficié d'une sensibilisation sur les dangers liés aux produits chimiques. Quant à l'ignorance totale des risques, si le manque de sensibilisation peut être évoqué, la méfiance aussi peut expliquer les réponses qui ont été reçues. Certains orpailleurs pensant à une enquête policière ou sociale pouvant avoir des répercussions sur leur activité se sont montrés réticents. Ils affirment ignorer l'existence de la cyanuration sur le site.

Les risques environnementaux et sanitaires ne sont pas très bien perçus par les orpailleurs parce que pour eux, le plus grand risque qui soit, c'est de ne pas pouvoir faire fortune malgré tous les efforts consentis et tous les dangers auxquels ils sont exposés. Toutefois, certains orpailleurs conscients des risques auxquels ils sont exposés disent prendre des mesures de préventions pour éviter leurs éventuels impacts potentiels.

#### o Mesures de prévention des risques

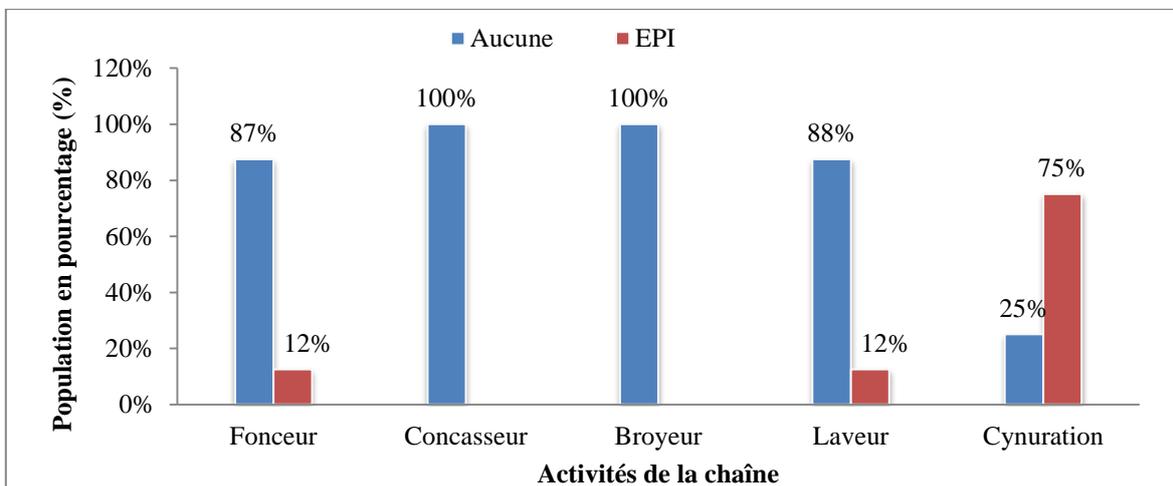
Sur le site, les mesures de prévention des risques se limitent généralement à la prévention de la santé humaine. La figure 15 présente les moyens de prévention des risques évoqués par les

orpailleurs à chaque activité de la chaîne d'orpaillage. Elle montre que parmi les orpailleurs, seulement les fonceurs, les laveurs et ceux faisant de la cyanuration disent prendre des mesures de prévention pour leur propre santé à travers le port des équipements de protection individuelle (EPI).

Au niveau des sites la cyanuration, 25% des acteurs, généralement les nouveaux, disent porter les gants, les masques et les bottes pendant le travail. Les 75% ne prenant aucune mesure, notamment les plus expérimentés affirment avoir la maîtrise totale de l'activité et n'ont plus besoin de se protéger.

La majorité des laveurs qui sont les plus exposés au mercure ne se protègent pas. Seulement 12% disent porter des masques et des gants pendant l'amalgamation et le brûlage. Egalement 12% des fonceurs, notamment ceux faisant le lavage affirment porter les gants et les masques pendant le travail. Ces résultats ne traduisent pas des réelles mesures de protection mises en place par les orpailleurs mais plutôt des intentions. Lors des enquêtes aucun signe de présence, ni d'utilisation de ces équipements n'ont été observé. Les pratiques courantes sont l'utilisation des habits comme cache-nez pendant le brûlage.

Les concasseurs et les broyeurs conscients des dangers auxquels ils sont exposés sont les seuls à affirmer ne pas prendre des mesures de protection. Ils affirment d'ailleurs être sous la protection divine dans leur activité.



**Figure 15: Mesures de prévention des risques des produits chimiques des orpailleurs**

En plus de ces mesures, les orpailleurs qui pratiquent la cyanuration disent prendre des précautions pour éviter la contamination des eaux de surface et les risques d'intoxication des populations et des animaux. Ces mesures se résument :

- A l'isolement et l'éloignement des sites de cyanuration des zones d'habitation pour éviter l'intoxication des populations ;
- A la surveillance des sites par les enfants pour éviter que les animaux ne pénètrent dans les sites ;
- A l'éloignement des sites des cours d'eau et rivières pour éviter la contamination de ces eaux.

En conclusion, seulement 27 % des orpailleurs conscients des risques disent prendre des mesures de prévention. Les 73% restant, bien que conscients de leur exposition, s'en remettent à la protection divine.

Le mercure et le cyanure, bien que toxiques, ne sont pas les seules sources d'exposition aux risques environnementaux et sanitaires sur les sites d'orpaillage. L'hygiène et la sécurité participent également à la dégradation des conditions de vie des populations du site.

#### o Hygiène et sécurité sur le site

Les photos A et B de la planche 9 présentent l'aspect hygiénique du site. On remarque la stagnation d'eau et les déchets plastiques. Ces zones sont favorables à la prolifération des mouches et moustiques. Malgré ces conditions, certains orpailleurs apprécient l'hygiène du site. En effet, 57% de la population estiment qu'elle est bonne contre 17% qui pensent vivre dans de mauvaises conditions. 22% de la population trouve acceptable l'hygiène du site.

Sur le plan sécuritaire, malgré les nombreux cas de vol et de conflit évoqués, 66% des orpailleurs ne se plaignent pas de la sécurité autour du site pendant que respectivement 24% et 9% la trouvent acceptable et mauvaise.



**Planche 10: Hygiène sur le site**

### **VIII. Recommandations**

L'orpaillage occupe une place importante dans l'économie du Burkina Faso. Il se pratique sur plus de 800 sites répartis sur l'ensemble du territoire national et rapporte d'importants revenus surtout aux populations rurales. Il est aussi à la base de la dégradation de l'environnement dans les zones où il est pratiqué du fait de l'utilisation des produits chimiques. C'est pourquoi nous recommandons :

- La définition d'une réglementation spécifique applicable à l'orpaillage prenant en compte les aspects environnementaux. Cette réglementation pourrait déléguer les compétences et la surveillance de l'activité aux autorités locales. L'Etat central pourrait se charger d'encadrer les acteurs. Cette nouvelle réglementation pourrait également prévoir le remplacement des sites artisanaux par des mines semi-mécanisées dont la mise en place nécessite une étude d'impact environnemental et social ;
- Sur le plan institutionnel, l'élaboration d'un cadre institutionnel spécifique à la gestion des produits chimiques dans le domaine minier en général et en particulier l'orpaillage. Les agents du ministère des mines bien qu'au courant des dommages qu'occasionnent les produits chimiques, sont limités en termes de moyens matériels, de personnel et de mandat de suivi. Une collaboration entre les ministères de l'environnement, de la santé, des mines et du transport pourrait aboutir à une stratégie de gestion durable des produits chimiques ;
- L'établissement d'une situation de référence sur les produits chimiques et les dommages déjà causés sur les sites d'orpaillage. Elle permettra de dégager une stratégie d'introduction de nouvelles techniques n'utilisant pas ou très peu de produits chimiques et de prendre des mesures efficaces pour remédier les impacts déjà causés. Pour ce faire, une collecte des données sur l'utilisation du mercure et du cyanure sur les sites d'orpaillage et le financement des travaux de recherche sur les alternatives au mercure s'avèrent nécessaires ;
- Le renforcement des capacités des acteurs et des communautés impliqués dans la gestion des produits chimiques. La bonne gestion passe par la vulgarisation des documents des bonnes pratiques utilisées dans d'autres pays ; la mise en place d'une surveillance au niveau des postes frontaliers pour éviter l'entrée des produits ; une formation des agents de santé sur les effets du mercure sur la santé humaine ; une

large diffusion des protocoles de prise en charge des personnes exposées au mercure est nécessaire dans les centres de santé ;

- La sensibilisation des acteurs sur les risques liés à l'utilisation des produits chimiques sur la santé et sur l'environnement. L'atteinte de cet objectif passe par l'organisation des séances de sensibilisation sur les sites ;
- La sensibilisation des populations sur les bonnes pratiques en matière d'hygiène. Pour ce faire, il faudrait installer des bacs pour récupérer les déchets solides en vue de valoriser les plastiques et d'enfouir les non valorisables. Il faudrait également construire des systèmes adéquats d'assainissement des eaux usées et excréta sur les sites ;
- Au vu du nombre élevé d'enfants sur le site, le ministère de l'action sociale doit veiller à l'interdiction formelle de la présence des enfants sur les sites. L'alternative pour lutter contre la présence des enfants sur les sites peut se traduire par la création de centres de formation aux métiers professionnels tels que la mécanique, la soudure, l'électricité, l'élevage, la couture, la coiffure, etc.

Les orpailleurs risquent leur vie (à travers toutes les étapes d'extraction de l'or) pour leur propre survie et celle de leur famille et de la communauté. Mais au bout de la chaîne, les profits reviennent aux sociétés détentrices des permis d'exploitation artisanale comme Burkina Or Métal, SOMIKA... Celles-ci devraient prendre leur responsabilité à travers :

- Une étude d'impact environnementale sommaire pour la sauvegarde de l'environnement physique et humain ;
- La réhabilitation des sites abandonnés leur incombe ;
- La réalisation des investissements communautaires pour les villages concernés ;
- Une distribution des équipements de protection aux équipes de travail.

Malgré l'interdiction formelle de l'utilisation du cyanure, d'énormes quantités de ce produit sont toujours utilisées sur les sites d'orpaillage. En outre, il n'existe pas actuellement d'alternative adéquate au cyanure dans l'exploitation aurifère. Une étude de faisabilité sur un projet de renforcement des capacités des orpailleurs et de mise en place des sites communs d'utilisation du cyanure par zone d'orpaillage permettra de vérifier la possibilité de maîtrise des risques.

La quantification des produits chimiques est basée sur les estimations des orpailleurs. Les quantités exactes peuvent être obtenues avec les quantités d'or extraites. L'établissement des

bilans massiques des réactions chimiques en place permettrait d'évaluer les quantités exactes de produits chimiques utilisés et peut faire l'objet d'une étude poussée.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude sur les « risques environnementaux et sanitaires sur les sites d'orpaillage au Burkina Faso : cycle de vie de principaux polluants et perceptions des orpailleurs dans le Centre Nord, cas du site Zougnazagmligne dans la commune de Bouroum » a été une occasion de suivre la chaîne d'orpaillage sur le site. La majorité des études sur les produits chimiques utilisés dans l'orpaillage se sont focalisées sur leurs impacts environnementaux et sanitaires. Cette étude a également fournie les quantités de produits chimiques utilisés sur les sites, le degré de contamination des ressources en eau et des sols occasionné par l'utilisation de ces produits et les avis des orpailleurs sur les dangers qui les menacent. En effet, malgré l'interdiction de l'utilisation de ces produits dans l'orpaillage, le mercure et le cyanure sont toujours très utilisés dans le processus. Le manque d'une réglementation spécifique et d'institutions fiables de gestion des produits chimiques ont favorisé l'entrée et la commercialisation de ces produits sur le marché burkinabé. Pour un sac de 50 Kg de farine de minerai traité, une boule de 14,4 g de mercure métallique ( $Hg^0$ ) est utilisée. Quant au cyanure, 1 Kg de cyanure de sodium (NaCN) est utilisé par bassin de cyanuration d'une capacité de 4,5 m<sup>3</sup> de minerai sur les sites.

L'utilisation anarchique de ces produits expose les orpailleurs à d'énormes risques en plus de ceux liés aux conditions de vie et de travail sur les sites. Mais les acteurs ont différentes formes de perception de ces risques. En effet, 31,43% sont conscients que l'utilisation du mercure et du cyanure les expose à des risques sanitaires et environnementaux. Cependant la connaissance des risques se limite à la santé humaine notamment l'intoxication à travers l'inhalation des vapeurs de mercure ou l'ingestion du cyanure. Par contre, 42,86% de cette population restent convaincus que leur activité ne les expose à aucun risque. Ces derniers écartent d'ailleurs tout dysfonctionnel environnemental lié à l'action anthropique et l'attribue à l'œuvre divine. Toutefois, 25,71% ignorent quasiment l'existence de risques suite à l'utilisation des produits chimiques. Le manque de sensibilisation et la méfiance de certains orpailleurs pourraient expliquer ce fort taux. Parmi les orpailleurs conscients des risques, seulement 27% disent prendre des mesures de prévention à travers les EPI. Toutefois, la présence des équipements et leur utilisation n'ont pas été observées pendant les enquêtes. Les 73% qui ne se protégeant pas croient à une protection divine.

Contrairement à l'hypothèse de départ, la perception sur les dangers liés à l'utilisation des produits chimiques sur le site n'est pas forcément liée au genre, à l'âge et au niveau d'instruction des orpailleurs. Elle est plutôt fonction de l'activité utilisant le produit chimique.

Les analyses des eaux et des sols ont révélé la présence effective des polluants chimiques dans ces milieux. Les eaux de forage sont d'ailleurs devenues impropres à la consommation du fait de la contamination au mercure au-delà des normes OMS/Burkina de consommation. Dans les sols, seuls les stériles issus de la cyanuration en activité ne sont pas dans les plages de valorisation agricole des terres fixées par l'OMS.

Le Burkina Faso est un pays où le secteur minier surtout aurifère est en pleine expansion et l'orpaillage connaît une croissance accélérée. L'or est d'ailleurs devenu le premier produit d'exportation depuis 2009 (DGMCG, 2011). Au vue du manque d'institutions de régulation des produits chimiques dangereux, et du non-respect des clauses des permis d'exploitation artisanale, une étude de faisabilité sur un projet de renforcement des capacités des orpailleurs et de mise en place des sites communs d'utilisation du cyanure par zone d'orpaillage permettra de vérifier la possibilité de maîtrise des risques.

La quantification des produits chimiques reste basée sur les estimations des orpailleurs. Les quantités exactes peuvent être obtenues avec les quantités d'or extraites. L'établissement des bilans massiques des réactions chimiques en place permettrait d'évaluer les quantités exactes de produits chimiques utilisés.

## **BIBLIOGRAPHIE:**

**Baxter, J., et Cummings, S. (2006).** The current and future applications of microorganism in the bioremediation of cyanide contamination. *Atonie Van Leeuwenhoek* 90, 1–17.

**Butaré, I., et Keita, S. (2001).** Aspects environnementaux liés au développement du secteur minier en Afrique de l'Ouest. Centre de recherches pour le développement international (CRDI). 13 pages.

**Calvet, R. (2005).** Les pesticides dans le sol: conséquences agronomiques et environnementales ([Paris]: Ed. France agricole).

**Dinon, E., et Gerstmans, A. (2008).** L'Influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes. 4 pages.

**FESTY, B. (1973).** Données actuelles sur les utilisations et la toxicité du mercure [Ouvrage]. - Paris : TSM L'EAU.

**Grawitz, M. (2004).** Lexique des sciences sociales (Paris: Dalloz).

**INERIS (2011).** Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [Rapport]. <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/getDocument/3063>

**INRS (2004).** Fiche radionucléique, Mercure 203 et environnement. [Rapport] [http://www.irsn.fr/FR/Larecherche/publicationsdocumentation/fichesradionucleides/Documents/environnement/Mercure\\_Hg203\\_v1.pdf](http://www.irsn.fr/FR/Larecherche/publicationsdocumentation/fichesradionucleides/Documents/environnement/Mercure_Hg203_v1.pdf).

**Jacques, E., Orru, J.-F., and Pelon, R. (2005).** Développement durable: quelle place pour la mine artisanale. *Géoscience* N°1 Janvier 2005 page 67–70.

**Kahitouo, H. (2012).** Réalisation d'un diagnostic environnemental pour l'amélioration de la performance environnementale de l'orpaillage au Burkina Faso : cas du site de Kampti [Rapport]: Mémoire de fin de cycle 2IE, 87 pages.

**Kouadio, K.-F., (2014).** Risques environnementaux et sanitaires sur les sites d'orpaillage au Burkina Faso : cycle de vie des principaux polluants et perceptions des orpailleurs (cas du site de Galgouli dans la commune rurale de Kampti, Région du Sud-Ouest): Mémoire de fin de cycle 2IE.

**Lafon, D., Pichard, A., and Bisson, M. (2000).** Evaluation du danger du danger toxicologique du fioul rejeté sur les côtes. Dossier ERIKA Rapport 3, <http://www.ineris.fr/centredoc/rapport3.pdf>.

**Lankouandé, G.D., et Maradan, D. (2013).** Coût de l'inaction de la gestion des produits [Rapport final 2013] Projet IPE Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD). Ouagadougou , 48 pages.

**Logsdon, M.J., Hagelstein, K., and Mudder, T.I. (1999).** The management of cyanide in gold extraction. International Council on Metals and the Environment, Avril 1999, disponible sur <http://www.icmm.com/document/124>.

**Maradan, D., Ouédraogo, B., Thiombiano, N., Thiombiano, T., and Zein, K. (2011).** Analyse économique du secteur des mines: liens pauvreté et environnement, [Rapport final 2011] Projet IPE Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV), 69 pages.

**Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD): Loi N°005/AN 2013 du 03 Avril 2013** portant code de l'environnement au Burkina Faso.

**Ministère des Mines et de l'Energie: Loi N°031-2003/AN du 8 mai 2003** portant code minier au Burkina Faso. [www.Droit-Afrique.com](http://www.Droit-Afrique.com)

**Moisan, M., et Blanchard, F. (2012).** Utilisation de la cyanuration dans l'industrie aurifère en Guyane. Impacts potentiels sur l'environnement et recommandations. Rapport final BRGM/RP-61968-FR, 120 pages.

**Ouedraogo, A.H. (2010).** L'impact de l'exploitation artisanale de l'or (orpaillage) sur la santé et l'environnement. <http://www.mediaterre.org/afrique-ouest/actu,20061121095625.html>.

**Ouoba, S. (2013).** Etude sur l'évaluation des produits chimiques dans le secteur cotonnier et minier et les problèmes liés à l'application de la législation au Burkina Faso [Rapport] Ouagadougou : Cadastre Minier. 44 pages.

**PCD (2014).** Plan communal de développement de Bouroum. [Rapport provisoire 2014] Mairie de Bouroum, 46 pages.

**RAJIT-ORCADE-Min'Alerte (2013).** Rapport d'étude sur l'emploi des nationaux dans les projets miniers au Burkina Faso, Cas de Kalsaka Mining et d'Essakane S.A. [http://orcade.olympe.in/wp-content/uploads/2014/01/rapport-d%C3%A9tude\\_emploi-des-nationaux\\_mai-2013.pdf](http://orcade.olympe.in/wp-content/uploads/2014/01/rapport-d%C3%A9tude_emploi-des-nationaux_mai-2013.pdf).

**Sawadogo, E. (2011).** L'impact de l'exploitation artisanale de l'or: cas du site de Forafora dans la province de Poni. Université de Ouagadougou. [Rapport]: Mémoire de maîtrise en géographie.

**Simon, O., et Boudou, A. (2001).** Direct and Trophic Contamination of the Herbivorous Carp *Ctenopharyngodon idella* by Inorganic Mercury and Methylmercury. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 50, 48–59.

**Thomassin, J., et Touzé, S. (2003).** Le mercure et ses composés. Comportement dans les sols, les eaux et les boues de sédiments. BRGM/RP-51890-FR, 119p., 4 ann.

**Thoumelin, G. (1995).** Les tensio-actifs dans les eaux douces et marines: analyse, comportement, écotoxicologie. REPERE OCEAN N°9, 1995, disponible sur <http://archimer.ifremer.fr/doc/1995/rapport-1447.pdf>.

**Yaro, Y., Kaboré, I., and Kobanka, H. (2011).** Etude sur le travail des enfants sur les sites d'orpaillage et les carrières artisanales dans cinq régions du Burkina. [Rapport final] Ministère de l'action sociale et la solidarité nationale, 85 pages.

**Zhang, Y., Fang, Z., and Muhammed, M. (1997).** On the solution chemistry of cyanidation of gold and silver bearing sulphide ores. A critical evaluation of thermodynamic calculations. *Hydrometallurgy* 46, 251–269.

## **ANNEXES**

**Annexe 1: Exemple de permis d'exploitation artisanale**

**MINISTERE DES MINES, DES  
CARRIERES ET DE L'ENERGIE**

**SECRETARIAT GENERAL**

**DIRECTION GENERALE DES MINES ET  
DE LA GEOLOGIE**

**BURKINA FASO**

**Unité-Progrès-Justice**

**Décision N°...../MCE/SG/DGMG**

**Portant octroi d'autorisation d'exploitation  
artisanale traditionnelle du site aurifère.... dans la  
Province ....à Mr ....**

**VU** la Constitution ;

**VU** la loi N° 031 - 2003/AN du 08 mai 2003, portant code minier au Burkina Faso;

**VU** le décret N° 2011-208/PRES du 18 avril 2011, portant nomination du Premier Ministre ;

**VU** le décret N° 2012-122/PRES/PM du 23 mars 2012, portant composition du Gouvernement du Burkina Faso ;

**VU** le décret N° 2008 – 403/PRES/PM SGG– CM du 10 juillet 2008, portant organisation type des départements ministériels ;

**VU** le décret N° 2011-329/PRES/PM/SGG-CM du 06 juin 2011, portant attributions des membres du Gouvernement ;

**VU** le décret n° 2012-280/ PRES/ PM/MCE du 03 avril 2012, portant organisation du Ministère des Mines, des Carrières et de l'Energie;

**VU** le décret N° 2005-047/PRES/PM/MCE du 03 février 2005, portant des autorisations et titres miniers ;

**VU** le décret N° 2010-075/PRES/PM/MCE/MFB du 03 mars 2010, portant fixation des taxes et redevances minières ;

**VU** l'arrêté N° 2005-013/MCE/SG/DGMGC du 17 mars 2005, portant attributions, organisation et fonctionnement de la DGMGC ;

**VU** les arrêtés d'application :

N°2002/031/MCE/SG/DGMGC du 06/06/2002 ;

N°2002/056/MCE/SG/DGMGC du 23/07/2002 ;

N°2002/057/MCE/SG/DGMGC du 23/07/2002 ;

N°2002/058/MCE/SG/DGMGC du 23/07/2002 ;

Du code minier.

VU la demande de la société «.....» en date du jj/mm/an.

### **DECIDE**

**Article 1 :** Il est accordé une autorisation d'exploitation artisanale traditionnelle pour l'or le site de ..... situé dans la Département de ....., Province de ....., à Monsieur....

**Article 2 :** La superficie de l'autorisation d'exploitation objet de la présente décision est de ...Km<sup>2</sup>

Les coordonnées cartésiennes (X, Y) en UTM des sommets du périmètre de cette autorisation sont les valeurs suivantes :

Sommets	X	Y
A		
B		
C		
D		
<b>Ellipsoïde : Clark 1880</b>	<b>Datum : Adindan Zone 30, 31 Nord</b>	

**Article 3 :** La présente décision est valable pour une durée de deux (02) ans à compter de sa date de signature.

Elle n'est renouvelable que si le bénéficiaire est en règle au regard de la législation minière, de ses obligations fiscales et si il a l'accord du détenteur du permis de recherche couvrant cette zone.

**Article 4 :** Monsieur ..., bénéficiaire de l'autorisation d'exploitation artisanale, doit exploiter les substances minérales de façon rationnelle en respectant les normes de sécurité et d'hygiène, de préservation de l'environnement et de commercialisation des produits conformément à la réglementation en vigueur. L'utilisation des explosifs pour l'extraction et celle des produits chimiques pour la concentration sont prohibées.

Monsieur... a l'obligation de remettre en état le site exploité.

**Article 5 :** Monsieur..., bénéficiaire de l'autorisation d'exploitation artisanale, est tenue d'adresser au Directeur Général des Mines, de la Géologie et des Carrières, un rapport d'activités au terme de chaque trimestre calendaire et un rapport d'activités au terme de l'année calendaire. Le contenu de ces rapports doit être conforme à la réglementation en vigueur.

**Article 6 :** Monsieur ....doit interdire l'accès du site aurifère aux enfants de moins de 18 ans.

**Article 7 :** La présente décision sera publiée et communiquée partout où besoin sera.

Ouagadougou le jj/mm/an

**Ampliations:**

*1-SP/CABINET*

*1-ITS*

*1-DGMG*

*1-BUMIGEB*

*1-DGD/MBF*

*1-DGI/MBF*

*1-INTERESSE*

*1-GOUVERNORAT DE LA REGION*

*1-HC DE LA PROVINCE*

*PREFECTURE DE LA COMMUNE*

*MAIRIE DE LA COMMUNE*

*1-JO*

*1-CLASSEMENT*

**Pacal DIENDERE**

*chevalier de l'ordre national*

## Annexe 2: Les différentes formes de mercure présents dans l'environnement

Le mercure et les principaux composés mercuriels (Thomassin and Touze, 2003)

Termes utilisés	Autres termes rencontrés dans la bibliographie	Définition	Symbole/formule	Exemples
Mercure élémentaire	Etat fondamental du mercure	Mercure de valence 0	Hg <sup>0</sup> ou Hg(0)	
Mercure divalent	Ions mercuriques libres	Mercure de valence 2	Hg <sup>2+</sup> ou Hg(II)	
Composé mercurieux	Sel, élément, produit mercurieux	Composé mercuriel de valence 1	Hg(I)	HgCl ou Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> Calomel
Composé mercurique	Sel, élément, produit mercurique	Composés mercuriels de valence 2	Hg(II)	Hg(OH) <sub>2</sub> , HgCl <sup>+</sup> , HgCl <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Hg
Composé organique du mercure	Mercure organique ou organométallique ou organo-mercuriel	Le composé possède, au moins, du mercure et un élément organique	Hg(II)	CH <sub>3</sub> Hg <sup>+</sup> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Hg, CH <sub>3</sub> HgCl, comple <sup>2</sup> es humiques
Dérivé mercuriel diméthylé	Mercure méthylé	Le composé possède, au moins, du mercure et un groupe méthyle (CH <sub>3</sub> )	Hg(II)	CH <sub>3</sub> Hg <sup>+</sup> , (MMHg), CH <sub>3</sub> HgCl, CH <sub>3</sub> HgOH
Dérivé mercuriel diméthylé	Mercure diméthylé Dérivés alkylés	Le composé possède, au moins, du mercure et un groupe diméthyle (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Hg(II)	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Hg, (MDHg)
Méthylmercure MeHg	Monométhyl mercure MMHg	CH <sub>3</sub> Hg	Hg(II)	CH <sub>3</sub> Hg
NB : le terme méthyl mercure peut être généralisé aux dérivés mercuriels méthylés				
Composé inorganique du mercure	Complexe, sel, mercure inorganique	Le composé possède, du mercure et un élément inorganique	Hg(II)	HgS, HgCl <sup>+</sup> , HgCl <sub>2</sub> , HgOH <sup>-</sup> , HgOH <sub>2</sub>

### Annexe 3 : Toxicité des composés cyanurés

Caractéristiques physico-chimiques des différents types de cyanures rencontrés sur les sites miniers et classés en fonction de leur stabilité croissante et de leur toxicité décroissante (Yu Zhang Hydrometallurgy 46, 1997)

Réf	Désignation	Désignation analytique réglementaire	Spéciations/ Composés	Constante d'équilibre	Solubilité g/100mL	Toxicité/poisson LC50 en mg/L
1	Cyanure libre	Cyanure libre	CN <sup>-</sup> HCN	9,2	- 9,2	0,1 0,05-0,18
	Cyanure composés simples A_solubles	Cyanure libre	KCN(s) NaCN·2H <sub>2</sub> O(s) Ca(CN) <sub>2</sub> (s)		71,6 (25°C) 34,2 (15°C)	0,03-0,08 0,4-0,7
2	Cyanures composés simples B_solubles	Cyanures aisément libérales (WAD)	CuCN(s) Zn(CN) <sub>2</sub> (s) Ni(CN) <sub>2</sub> (s)	19,5 15,9 -	9,1 10 <sup>-4</sup> (15°C)	- - -
3	Cyanures faiblement complexes/ faiblement liés	Cyanures aisément libérales (WAD)	Cd(CN) <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Zn(CN) <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	17,9 19,6		- 0,18
4	Complexes cyanurés modérément ou faiblement liés	Cyanures aisément libérales (WAD)	Ni(CN) <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Cu(CN) <sub>2</sub> <sup>-</sup> Cu(CN) <sub>3</sub> <sup>2-</sup> Cu(CN) <sub>4</sub> <sup>3-</sup> Ag(CN) <sub>2</sub> <sup>-</sup>	30,2 16,3 21,6 23,1 20,6	- -0,26 - - -	0,42 - 0,71 (24h) - -
5	Complexes cyanurés fortement liés (SAD)	Intégrés dans les cyanures totaux	Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>4-</sup> Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>3-</sup> Co(CN) <sub>6</sub> <sup>4-</sup> Au(CN) <sub>2</sub> <sup>-</sup>	35,4 43,6 - 38,3	- - - -	35,0 (jour) et de 860 à 940 (nuit)  35,0 (jour) et de 860 à 940 (nuit)
6	Produits de dégradation des cyanures	Thiocyanates	SCN <sup>-</sup>	-	-	50-200
		Cyanates	CNO <sup>-</sup>	-	-	34-54

#### **Annexe 4 : Normes**

<b>Normes OMS/Burkina</b>	<b>Mercure</b>	<b>Cyanure libre</b>	<b>Cyanure total</b>
Eau de boisson (mg/L)	0,0005	0,07	0,07
Déversement dans les cours d'eau (mg/L)	0,17	0,1	0,1
Mise en culture des terres (mg/Kg)	50	0,5	50

## **Annexe 5 : Guide d'entretien**

### **CHEF DE SITE**

Nom :

Prénom(s) :

Fonction :

Ethnie :

1. Quelle est l'histoire de votre village ? (date de création, origine, signification, fondateur)
2. Quelle était la place de l'orpaillage dans votre société ?
3. De nos jours quelle place occupe-t-il ?
4. Comment ce site a-t-il été découvert ?
5. En quoi consistent vos activités sur le site ? Etes-vous propriétaire de trou ?
6. Quelles sont vos relations avec les orpailleurs ?
7. Que proposez-vous pour une meilleure cohabitation avec les orpailleurs ?
8. Quelles sont vos relations avec SOMITA ?
9. Selon vous, quelles sont les conséquences sur la santé des hommes et sur l'environnement de l'exploitation artisanale de l'or ?

Merci d'avoir bien voulu répondre à nos questions !

## **AUTORITES COMMUNALES**

Nom :

Prénom(s) :

Fonction :

Pouvez-vous nous faire une présentation de votre commune ?

Quelles sont les principales activités économiques de votre localité ?

Quelle est la place de l'orpaillage dans votre commune ?

Quelles sont vos relations avec les orpailleurs ?

Que savez-vous des produits utilisés sur les différents sites d'orpaillage ?

De quels moyens disposez-vous pour faire respecter les textes de loi sur les sites ?

Connaissez-vous les produits chimiques utilisés dans l'orpaillage ?

Avez-vous noté des cas de pollution qui ont eu des conséquences sur la santé humaine ou sur l'environnement ces dernières années ?

Pensez-vous que les orpailleurs sont conscients des menaces et risques auxquels ils sont exposés ?

Quelles sont vos relations avec les autorités locales ?

Quels sont les problèmes que vous rencontrez sur les sites ?

Que proposez-vous pour une meilleure amélioration de l'exploitation de l'or dans votre commune ?

Merci d'avoir bien voulu répondre à nos questions !

## AGENTS DE SANTE

Nom :

Prénom(s) :

Fonction :

Pouvez-vous nous faire une présentation de votre structure ?

Quelle est la place de l'orpaillage dans la commune

Quels sont les produits chimiques utilisés sur les sites d'orpaillage dans la commune

Que pensez-vous de ces produits ?

Quel est le taux de fréquentation de la formation sanitaire par les populations ?

Quelles sont les principales causes de consultation des populations ?

Quel est le taux de fréquentation des orpailleurs ?

Quelles sont les principales causes de consultation des orpailleurs ?

Avez-vous eu des cas d'intoxication due aux produits chimiques utilisés sur les sites d'orpaillage ?

Quelles sont les mesures d'accompagnement des malades ?

Pensez-vous que les orpailleurs sont conscients des risques qu'ils encourent à travers l'utilisation de ces produits ?

Quelles recommandations faites-vous pour réduire les risques sanitaires sur les sites d'orpaillage dans votre localité ?

Merci d'avoir bien voulu répondre à nos questions !

## AUTORITES LOCALES

Nom :

Prénom(s) :

Fonction :

Ethnie :

1. Quelle est l'historique de votre village ? (date de création, origine, signification, fondateur)
2. Quelle était la place de l'orpaillage dans votre société ?
3. De nos jours quelle place occupe-t-il ?
4. Quelles sont vos relations avec les orpailleurs ?
5. Que proposez-vous pour une meilleure cohabitation avec les orpailleurs ?
6. Selon vous, quelles sont les conséquences sur la santé des hommes et sur l'environnement de l'exploitation artisanale de l'or ?

Merci d'avoir bien voulu répondre à nos questions !

## Annexe 6 : Questionnaire

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

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

### Fonceur / Creuseur

#### 1 Quel type de minerai exploitez-vous ?

Filonien  Alluvionnaire  Eluvionnaire  Marteau  Pelle  Pioche  Daba  Autre

#### 2 Quels sont les outils que vous utilisez ?

#### 3 Quelle est la profondeur de votre puits ?

0 à 25 m  25 à 50 m  50 à 75 m  75 à 100 m  Masque  Casque  Gants  Aucun  Autres

#### 4 Quels sont vos équipements de protection ?

#### 5 Depuis quand vous pratiquez ce travail ?

1 à 2 ans  2 à 3 ans  3 à 4 ans  Plus de 5 ans  Traditionnelle  Pharmaceutique  Stupéfiants  Autres

#### 6 Quels genres de médicaments utilisez-vous pour vos soins ?

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

Oui  Non  Peut-être   
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 ?

Lun  Mar  Mer  Jeu  Ven  Sam  Dim

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  Peut-être   
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

**16 Où rejetez-vous vos piles usées ?**

Ancien 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

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

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

Si non, pourquoi ?

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

**Concasseurs**

**1 Quels sont vos outils pour concassage du minerai ?**

Mortier  Marteau  Enclume  Autre

**3 Quels sont vos équipements de protection pendant le travail ?**

Casques  Lunette  Cache-nez  Gants  Autre

**5 Temps de travail par jour ?**

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

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

Si oui, lesquels :

Oui

Non

**2 Vous travaillez combien de jour par semaine ?**

Lun  Mar  Mer  Jeu  Ven  Sam  Dim

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

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

**6 Nombre de sac de 50Kg concassé par jour**

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

**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 ?

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

Oui  Non  Aucune idée

Si oui, comment ?

Si non, pourquoi ?

Si non, pourquoi ?

## Broyeurs

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

Mortier  Marteau  Enclume  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  Lu net  te Cache-nez  Gants  Autre

**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 broyé par jour**

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

**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 ?**

10 à 20 mn  20 à 30 mn  30 à 40 mn  40 à 50 mn  50 à 60 mn

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

Si oui, lesquels :

Oui

Non

**10 Que pensez-vous que ses produits sont dangereux ?**

Si oui, comment ?

Oui

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 ?**

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

Gasoil  Essence  Eau  Lubrifiant  Si oui Comment ?  
Détergent  Mercure  Minerai  Bois  Oui

**15 Que faite vous pour éviter les risque sanitaire ?**

Stupéfiant  Gris-gris  Rien du tout  Médication  Si non Pourquoi ?  
Non

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

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

**Laveurs et raffineurs**

**1 Quels sont les outils utilisés pour le lavage et 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 un bassin  Rejetés dans la nature  Autres

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

Oui  Non

Si oui, comment ?

**10 Quelles mesures vous prenez pour prévenir les dangers que présentent ces produits ?**

**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

Si oui, lesquelles ?

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

Oui  Non

Si oui, comment ?

Si non, pourquoi ?

Oui  Non

Si oui, comment vous êtes-vous soignés ?

Hôpital  Médicament de la rue

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

Oui  Non

Si oui, lesquelles ?

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

#### Questions communes

**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

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

Si oui, comment ?

Oui

Non

**10 Quels problèmes rencontrez-vous sur le site ?**

Accident  Viol  Conflit  Vols

Meurtre  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

**9 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

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

Mauvaise  Acceptable  Assez bonne  Bonne

**12 Comment jugez-vous vos relations avec les villageois ?**

**13 Vos conditions de travail vous satisfont-elles ?**

Mauvaise  Acceptable  Assez bonne  Bonne

Mauvaise  Acceptable  Assez bonne  Bonne  Pourquoi ?

Pourquoi ?

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

Mercure  Détergent  Cyanure

Acides  Acide nitrique  Autre :  
sulfurique

**15 Comment jugez-vous vos relations avec la mairie ?**

Mauvaises  Bonnes  Excellente

Pourquoi ?

**16 Que savez-vous de l'origine de ses produits ?**

Pays  Sur place  Burkina F.  Inconnue   
voisin

**17 Quelle activité pratiquez-vous en plus de l'orpaillage ?**

Agriculture  Elevage  Commerce  Autres