
LE DEVELOPPEMENT DE L'ORPAILLAGE, SON IMPACT ET SANITAIRE DANS LE SUD-EST DU SENEGAL : EXEMPLE DU SITE AURIFERE DE BANTAKO

Auteur : Ndiaye, Khadidiatou

Promoteur(s) : Dogot, Thomas

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master de spécialisation en sciences et gestion de l'environnement dans les pays en développement

Année académique : 2019-2020

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/10062>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

ULiège – Faculté des Sciences – Département des Sciences et Gestion de l’Environnement

UCLouvain – Faculté des bioingénieurs

**LE DEVELOPPEMENT DE L’ORPAILLAGE, SON
IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SANITAIRE
DANS LE SUD-EST DU SENEGAL : EXEMPLE DU
SITE AURIFERE DE BANTAKO**

Khadidiatou NDIAYE

**MEMOIRE REDIGE EN VUE DE L’OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER DE SPECIALISATION
EN SCIENCES ET GESTION DE L’ENVIRONNEMENT DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT**

MODULE EAU ET SOL

ANNEE ACADEMIQUE 2019-2020

REDIGE SOUS LA DIRECTION DE THOMAS DOGOT

COMITE DE LECTURE :

ALAIN HANSON

FRANCOIS ROSILLON

Copyright : « *Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique*
** de l'Université de Liège et de l'Université catholique de Louvain.*

* L'autorité académique est représentée par le(s) promoteur(s) membre(s) du personnel enseignant de l'ULiège et/ou de l'UCL ».

"Le présent document n'engage que son auteur"

« Auteur du présent document: Khadidiatou NDIAYE

Email: khadimaodo86@gmail.com

ndiayekhady29@outlook.fr

DEDICACES

Je dédie ce travail :

A mes parents El hadji Malick Ndiaye et Marie Louise Diouf

A ma petite sœur Ndeye Déthié Ndiaye qui nous a quitté dans la fleur de l'âge

A mon grand frère Ahmadou Ndiaye

A mes frères et sœurs, mes nièces, cousins, mes neveux, à toute ma famille.

REMERCIEMENTS

Je remercie d'abord Allah le tout puissant de m'avoir donné la vie, la santé, et le courage de pouvoir terminer cette formation.

Au terme de cette formation, je voudrais témoigner ma gratitude à toutes les personnes et institutions qui ont de près ou de loin participé à l'aboutissement de ce travail, notamment :

- **L'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES)**, pour avoir mis les moyens nécessaires qui m'ont permis de faire cette formation.
- **Monsieur Thomas DOGOT**, pour d'abord avoir pris l'engagement d'encadrer ce travail, mais aussi pour m'avoir accordé votre temps et vos conseils précieux, votre promptitude et votre regard constructif pour le bon déroulement de ce travail.
- **La Fondation Élisabeth et Amélie FEA**, je vous remercie de m'avoir accordé les ressources financières nécessaires qui m'ont permis de collecter les données pour bien mener ce travail.
- **Les professeurs Bernard TYCHON, Charles BIELDERS et Gilles COLLINET**, Coordonnateurs du Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, je vous remercie pour avoir fournies tous vos efforts pour le bon déroulement de la formation.
- **Professeurs Alain HANSON et François ROSILLON**, je remercie les deux membres de jury d'avoir voulu porter un regard d'examineur sur ce travail.
- A tous les profs de l'Université de Liège et de l'Université Catholique de Louvain qui ont ménagé tous leurs efforts avec le problème de l'Epidémie de covid-19 pour nous donner une formation de qualité.
- Je remercie également monsieur Antoine Denis, pour votre disponibilité et votre clémence.
- Tous mes amis et professeurs du Sénégal, qui ont de loin participé à l'aboutissement de ce travail.
- Je voudrais aussi exprimer ma reconnaissance envers tous mes camarades du Master de Spécialisation en Sciences et Gestion de L'environnement dans les Pays en Développement.

Table des matières	
Liste des tableaux.....	vii
RESUME	viii
ABSTRACT.....	ix
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	x
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE.....	3
I.1. CADRE GEOGRAPHIQUE.....	3
I.1.1. Présentation de la zone d'étude.....	3
I.1.2. Géographie physique.....	4
I.1.3. Climat.....	6
I.1.4. Aspect socio-économique et population	8
I.2. CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE.....	8
I.2.1. Géologique	8
I.2.2. Cadre hydrogéologique	11
CHAPITRE II : METHODOLOGIE	13
II. 1. REVUE DE LA LITTERATURE	13
II.2. METHODOLOGIE DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT.....	14
II.2.1. Méthodologie de collecte de données	15
II.2.2. Méthodologie de traitement de données et résultats attendus.....	16
CHAPITRE III : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR L'IMPACT DE L'ORPAILLAGE SUR L'ENVIRONNEMENT	17
III.1. DESCRIPTION DES DIFFERENTES ETAPES D'EXTRACTION.....	17
III.2. LEGISLATION DES EXPLOITATIONS MINIERES A PETITE ECHELLE AU SENEGAL.....	18
III.2.1. Différentes terminologies utilisées et les différents acteurs au niveau des sites d'orpaillages de la région de Kédougou	18
III.2.2. La législation du Sénégal sur l'orpaillage	20
III.3. GENERALITE SUR LE MERCURE	21
III.3.1. Les différentes formes de mercure	21
III.4. EFFET TOXICOLOGIQUE DU MERCURE	22

III.4.1. Les voies d'exposition.....	23
III.4.2. Toxicocinétique du mercure	23
III.4.3. Toxicodynamie du mercure.....	24
III. 5. IMPACT DE L'ORPAILLAGE SUR LA VEGETATION.....	25
III.6. EVALUATION HYDROCHIMIQUE ET IMPACT DE L'ORPAILLAGE SUR LES RESSOURCES EN EAU DE BANTAKO.....	26
III.6.1. Impact sur les eaux souterraines.....	26
III.6.2. Sur les eaux de surface	28
III.7. IMPACT DE L'ORPAILLAGE SUR LES SEDIMENTS DANS LA LOCALITE DE BANTAKO	31
CHAPITRE IV : EVALUATION DE LA PERCEPTION DES ORPAILLEURS ET DES FEMMES SUR LA TOXICITE DU MERCURE ET SUR LES IMPACTS QU'IL PEUT AVOIR SUR L'ENVIRONNEMENT	34
IV.1. PERCEPTIONS DES ORPAILLEURS SUR LES RISQUES LIES A L'UTILISATION DU MERCURE SUR L'ENVIRONNEMENT ET SUR LEUR SANTE	34
IV.1.1. Présentation des résultats.....	34
IV.1.2. Interprétation de la perception des orpailleurs sur l'impact du mercure sur l'environnement et sur la santé.....	40
IV.2.3. Mesures de sensibilisation effectuées sur le site de Bantako sur la dangerosité du mercure	43
IV.2. PERCEPTIONS DES FEMMES SUR LES RISQUES LIES A L'UTILISATION DES EAUX CONTAMINEES PAR LE MERCURE SUR LA SANTE	44
IV.2.1. Présentation des résultats.....	44
IV.2.2. Interprétation sur les connaissances, les attitudes et les pratiques des enquêtées par rapport à la présence du mercure sur les différentes sources d'approvisionnement	52
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	55
Références bibliographiques.....	58
ANNEXES	i

Liste des figures

Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude.....	3
Figure 2: Réseau hydrographique de la zone.....	5
Figure 3: Précipitation journalière de la station de Kédougou de 1988 à 2018 (ANACIM)	7
Figure 4: Données de température de la station de Kédougou en 2003 (ANACIM)	7
Figure 5: Carte géologique du Craton de l'Afrique de l'Ouest (Le Mignot, 2014)	9
Figure 6: Grandes entités géologiques du Sénégal oriental (Sud-est du Sénégal) (Théveniaut et al., 2010)	10
Figure 7: Modèle de réservoir bicouche en domaine de socle (Lachassagne et al., 2001)	11
Figure 8: Les différents procédés d'extraction de l'or (Mall 2017).....	18
Figure 9: Schéma résumé de l'organisation des sites d'orpaillage dans le sud-est du Sénégal (ANSD/SRSD, 2018).....	20
Figure 10: Processus de transfert de mercure dans les sites d'exploitation (Niane et al., 2019)	29
Figure 11: Cycle complexe du mercure et du méthylmercure dans le milieu aquatique (modified from Watras et Huckabee, 1994).....	30
Figure 12: Comparaison des concentrations des métaux lourds avec les recommandations pour la qualité des sédiments pour les SQGs_PEC dans les eaux douces selon Macdonald et al 2000 ((Niane et al., 2014)	33
Figure 13: Répartition des enquêtés selon leur nationalité	34
Figure 14: Répartition des enquêtés sur leur niveau d'instruction.....	35
Figure 15: Répartition des orpailleurs selon leur ancienneté sur le site.....	35
Figure 16: Répartition des enquêtés selon l'utilisation du mercure	36
Figure 17: Répartition des enquêtés selon leur connaissance de l'effet du mercure sur les ressources en eau	37
Figure 18: Répartition des enquêtés selon leur connaissance de l'effet du mercure sur le sol.....	37
Figure 19: Répartition des enquêtés selon leur connaissance de l'impact du mercure sur les ressources aquatiques	38
Figure 20: Répartition des enquêtés selon leur connaissance sur l'impact du mercure sur la santé.....	39
Figure 21: Répartition des enquêtés selon leur connaissance sur les différents risques sanitaire liés à l'exposition du mercure	39
Figure 22: Répartition des enquêtés en fonction de leur problème de santé liés à l'exposition du mercure	40
Figure 23 : Répartition des enquêtés selon leur nationalité	45
Figure 24: Répartition des enquêtés selon leur niveau d'instruction	45
Figure 25: Répartition des enquêtées selon ancienneté sur le site	46
Figure 26: Répartition des enquêtées selon leur situation matrimoniale	46
Figure 27: Répartition des enquêtées selon leur sources d'approvisionnement pour la boisson	48
Figure 28: Répartition des enquêtées selon leur source d'approvisionnement pour la cuisine.....	48
Figure 29: Répartition des enquêtées selon leur connaissance de l'utilisation du mercure sur le site.....	49
Figure 30: Répartition des enquêtées selon leur connaissance sur la présence du mercure sur les sources d'approvisionnement.....	49
Figure 31: Répartition des enquêtées selon leur connaissance sur l'impact de la consommation de l'eau contaminée par le mercure sur la santé	50
Figure 32: Répartition des enquêtées selon leur attitude par rapport à la consommation des sources d'eau polluées par le mercure	50

Figure 33: Répartition des enquêtées selon l'utilisation et la technique de collecte de l'eau de pluie	51
Figure 34: Répartition des enquêtées selon les pratiques de potabilisation de l'eau	52

Liste des tableaux

Tableau 1: Démographie de la localité de Bantako (ANSD, 2017)	8
Tableau 2: Caractéristiques des forages de Bantako	12
Tableau 3: Mercure et les principaux composés mercuriels (BRGM 2003, modifié)	22
Tableau 4: Paramètres chimiques du forage de Bantako (Ibrahima et al., 2015)	27
Tableau 5: Composition chimique des métaux lourds du forage de Bantako en $\mu\text{g/l}$ (Ibrahima et al., 2015)	28
Tableau 6: Composition chimique des métaux lourds des eaux de surface de la localité de Bantako en $\mu\text{g/l}$	29
Tableau 7: Teneur en mercure dans le muscle de différentes espèces de poisson (Niane et al., 2015)	31
Tableau 8: Concentration en métaux lourds en mg/kg en saison sèche (sédiment collectés en janvier 2011)	31
Tableau 9: Concentration en métaux lourds en mg/kg en saison humide (sédiment collectés en novembre 2011)	32
Tableau 10: Pourcentage de réponse sur les connaissances de l'impact du mercure sur l'environnement	42
Tableau 11: Relation entre le niveau d'éducation et les connaissances des impacts du mercure sur l'environnement	42
Tableau 12: Relation entre le niveau d'éducation et la connaissance de l'impact du mercure sur la santé	43
Tableau 14: Répartitions des enquêtés ayant été sensibilisés sur le mercure	44
Tableau 13: Pourcentage de réponse sur la connaissance du mercure et de sa présence dans les sources d'approvisionnement	53

RESUME

L'orpaillage a favorisé le développement de plusieurs villages dans le Sud-Est du Sénégal qui abrite les principales ressources aurifères du pays. Bantako, fait partie aujourd'hui des principales localités de la région de Kédougou où l'orpaillage est pratiqué avec plus de 2000 orpailleurs à la recherche du métal jaune. Cette activité contribue de manière substantielle à l'économie locale de cette localité. Par ailleurs, elle implique l'utilisation de produits chimiques toxiques dont le mercure. Cette étude, menée sur le site de Bantako, a pour but de contribuer à l'amélioration de l'état de connaissance sur les impacts environnementaux de l'orpaillage, en particulier du mercure et sur les risques sanitaires.

La synthèse bibliographique effectuée afin d'évaluer les impacts sur la problématique montre des concentrations de mercure très élevées dans les ressources en eau souterraine et de surface, dans les sédiments et dans les ressources aquatiques (poissons). Les analyses des cheveux effectuées sur les habitants de ce site montrent également des teneurs de mercure importantes.

Les enquêtes ont été effectuées afin d'évaluer la perception des orpailleurs sur l'impact du mercure sur l'environnement et sur les risques qu'ils encourent. Il ressort de cette étude que le mercure est effectivement présent sur le site de Bantako, avec 88 % des enquêtés qui affirment son utilisation pour le traitement de l'or. 81 % des enquêtés disent que le mercure peut dégrader la qualité des ressources en eau, 39 % répondent que le mercure affecte le sol, et seulement 30 % disent que le mercure a des impacts négatifs sur les ressources aquatiques. Seulement 53 % des enquêtés sont conscients que le mercure peut avoir des conséquences néfastes sur la santé. Il ressort également de cette étude que le niveau de connaissance ou l'ignorance sur l'impact du mercure n'est pas liée avec le niveau d'étude.

Le niveau de connaissance et l'attitude des femmes face au mercure ont également été évalués à travers cette enquête. Ainsi, il ressort que 65 % des enquêtées affirment connaître le mercure et le décrivent comme un métal blanc. Par contre, 93 % des enquêtées ignorent qu'il pourrait être présent dans les sources d'approvisionnement en eau. Toutes les enquêtées ont la même attitude, c'est-à-dire l'arrêt de boire ces eaux si elles étaient conscientes de sa pollution. Une grande proportion des femmes (84 %) procède d'abord à une décantation suivie d'une filtration avant la consommation de l'eau collectée.

Mots clés : Orpaillage, mercure, toxicité, Bantako

ABSTRACT

Gold panning has fostered the development of several villages in the south-east of Senegal, which is home to the country's main gold resources. Bantako, is today one of the main localities in the Kédougou region where gold mining is practiced with more than 2000 gold miners in search of the yellow metal. This activity contributes substantially to the local economy of this locality. In addition, it involves the use of toxic chemicals including mercury. This study, carried out at the Bantako site, aims to contribute to improving the state of knowledge on the environmental impacts of gold mining, in particular mercury and on health risks.

The bibliographic synthesis carried out in order to assess the impacts on the problem shows very high mercury concentrations in groundwater and surface water resources, in sediments and in aquatic resources (fish). Hair analyzes carried out on the inhabitants of this site also show significant levels of mercury.

The surveys were carried out in order to assess the perception of artisanal miners on the impact of mercury on the environment and the risks they run. This study shows that mercury is indeed present at the Bantako site, with 88% of respondents affirming its use for processing gold. 81% of respondents say that mercury can degrade the quality of water resources, 39% answer that mercury affects the soil, and only 30% say that mercury has negative impacts on aquatic resources. Only 53% of respondents are aware that mercury can have harmful consequences on health. It also emerges from this study that the level of knowledge or ignorance about the impact of mercury is not related to the level of study.

The level of knowledge and attitude of women towards mercury were also assessed through this survey. Thus, it emerges that 65% of the respondents claim to know mercury and describe it as a white metal. On the other hand, 93% of those surveyed were unaware that it could be present in the sources of water supply. All the respondents have the same attitude, that is to say, to stop drinking this water if they were aware of its pollution. A large proportion of women (84%) first decant followed by filtration before consuming the collected water.

Keys words: Gold panning, mercury, toxicity, Bantako

SIGLES ET ABREVIATIONS

ANACIM : Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie

ANSD : Agence National de Statistique et de la démographique

DEEC : Direction de l'Environnement et des Établissements Classés

DMG : Direction des Mines et de la Géologie

DNACPN : Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et des Nuisances

DQS : Directives de qualité des sédiments (SQGs)

FEM : Fonds Mondial pour l'Environnement

ONU : Organisation des Nations Unies

PAN : Plan d'Action National (Sénégal)

PEC : Concentration à effet probable

TEC : Concentration au Niveau Seuil

INTRODUCTION

Le Sud-Est du Sénégal appelé anciennement Sénégal Oriental qui, regroupait la région de Kédougou et de Tambacounda renferme les principales ressources aurifères du pays. Ces ressources font de cette partie du pays un pôle d'attraction pour les entreprises minières internationales et nationales, mais aussi pour les exploitants artisanaux. L'extraction artisanale à petite échelle de l'or appelée aussi orpaillage est une activité anciennement pratiquée dans la région de Kédougou.

L'orpaillage a pris une grande ampleur dans le Sud-Est du Sénégal depuis quelques décennies avec la découverte des filons aurifères et l'accroissement de la pauvreté. Dans cette région, l'orpaillage nourrit plusieurs familles et a pris une place importante dans l'économie locale. L'extraction artisanale de l'or constitue une réalité incontournable en milieu rural, une occupation au même titre que l'agriculture et l'élevage (Ndela, 2008 *in Affessi et al, 2016*).

Bantako ou Bantakokouta (selon l'ancienne appellation) fait partie aujourd'hui des sites d'exploitation artisanale les plus actifs du sud-est du Sénégal. Cette activité constitue aujourd'hui la principale source de revenu dans cette localité. Cependant, une des particularités de cette activité est l'utilisation de produits chimiques dont les plus courants sont le cyanure et le mercure. Dans le site de Bantako, le mercure est le principal produit chimique utilisé pour le traitement de l'or (PAN, 2019). Pourtant, ce métal engendre plusieurs impacts négatifs environnementaux et des risques sanitaires.

Plusieurs études ont été menées au niveau des sites d'orpaillage du Sud-est du Sénégal (Doucouré 2014 ; Niane 2014, 2015, 2019 ; Mall 2017). Ces études se sont focalisées sur l'impact de l'orpaillage en général et spécifiquement celui du mercure sur l'environnement (ressources en eau, ressources aquatiques et sol) ainsi que sur des orpailleurs et sur la population environnante. De même, les mutations sociales et économiques engendrées par cette activité ont été aussi abordées dans certaines études. C'est pour contribuer à l'amélioration de la disponibilité de ces informations que cette étude a été réalisée.

L'objectif général de cette étude est de renforcer les connaissances sur les risques environnementaux et sanitaires de l'orpaillage sur la localité de Bantako. Spécifiquement il s'agira de :

- Evaluer à travers une synthèse bibliographique les impacts de l'orpaillage, particulièrement du mercure sur les ressources en eau, le sol et la végétation ;

- Evaluer la perception des orpailleurs de l'impact du mercure sur certaines composantes environnementales et sur la santé ;
- Evaluer le niveau de connaissance des femmes sur la problématique du mercure et de sa présence dans les différentes sources d'approvisionnement ;
- Evaluer la perception des élus locaux sur la problématique de l'orpaillage et les impacts environnementaux et risques sanitaire du mercure.

Ce travail est divisé en quatre chapitres :

- Le chapitre I sera axé sur la généralité de la zone d'étude, la géographie physique, l'aspect socio-économique, la population et l'aspect géologique et hydrogéologique ;
- Le deuxième chapitre portera sur une revue de la littérature et sur la méthodologie adoptée dans cette étude ;
- Le troisième chapitre abordera à travers une synthèse bibliographique des travaux précédents, l'impact de l'orpaillage, et plus spécifiquement celui du mercure sur les ressources en eau, le sol, la végétation et les ressources aquatiques ;
- Enfin, le dernier chapitre sera basé sur l'évaluation de la perception des orpailleurs en général et des femmes en particulier sur la toxicité du mercure et sur les impacts qu'il peut générer sur l'environnement.

CHAPITRE I : DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. CADRE GEOGRAPHIQUE

I.1.1. Présentation de la zone d'étude

La zone choisie se trouve à 5 km de la communauté rurale de Tomborokoto, à une trentaine de kilomètres de Kédougou (fig. 1). La région de Kédougou (ancien Sénégal oriental) se trouve dans le sud-est du Sénégal. Elle est limitée à l'ouest par le Mali et au sud par la Guinée. Cette région concentre les principaux gisements d'or du Sénégal et comprend plusieurs sites aurifères dont celui de Tinkoto, de Sabodala et Bantako qui est notre zone d'étude. Bantakokouto, de son ancienne appellation, fait partie aujourd'hui des principaux sites aurifères les plus convoités dans le Niokolo (Doucouré, 2015 b). Le site d'orpaillage de Bantako se situe dans la périphérie proche du village et s'étale sur une distance estimée à près de 2,5 km de part et d'autre des deux rives du fleuve Gambie. Le site est difficile d'accès pendant la saison des pluies à cause des pistes impraticables.

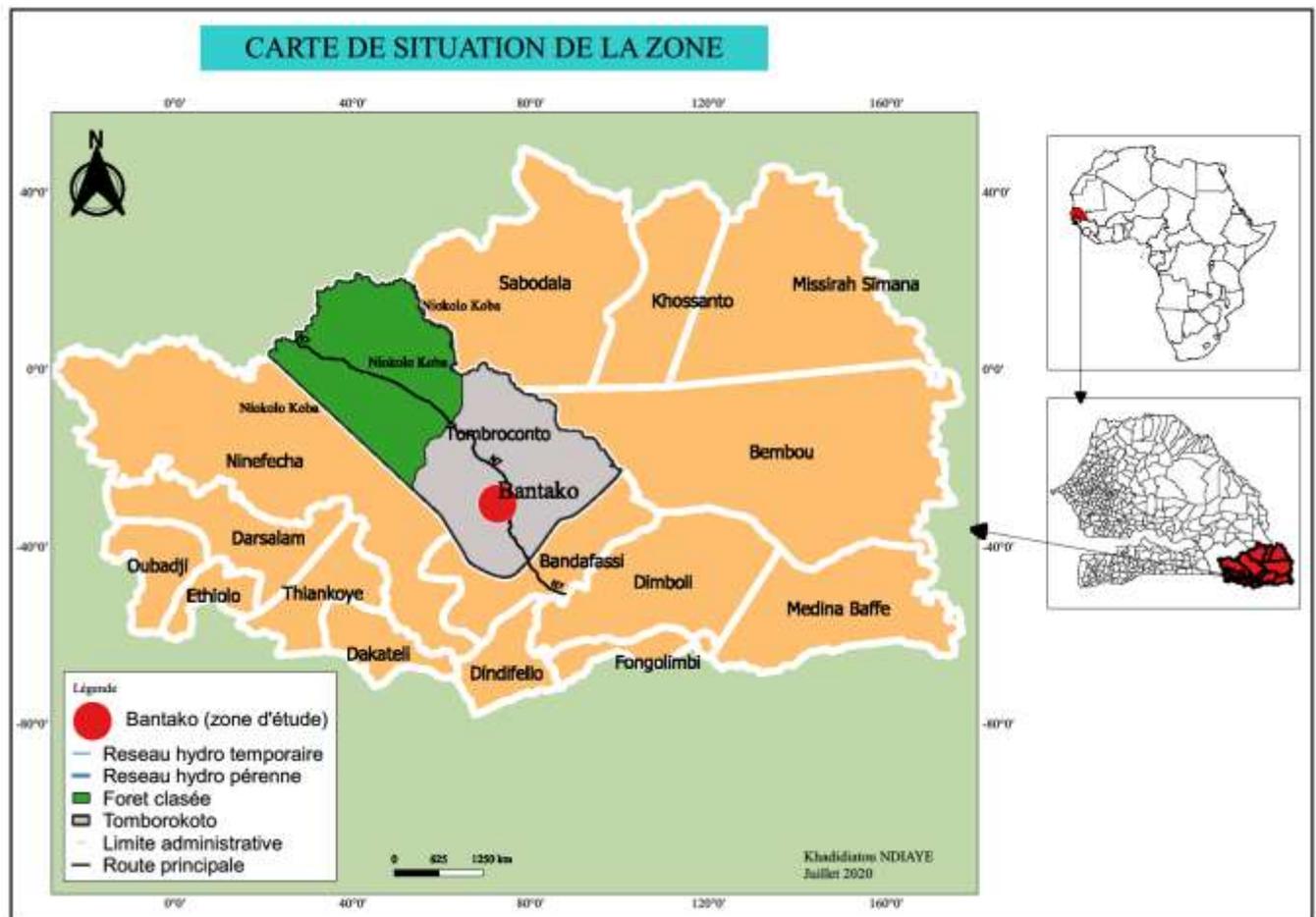


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude

I.1.2. Géographie physique

I.1.2.1. Géomorphologie

Le relief de la région de Kédougou est beaucoup plus marqué que le reste du Sénégal. Elle est frontalière avec la Guinée, où s'élèvent les plateaux gréseux des contreforts du Fouta Djallon. C'est dans cette région que se trouvent les points les plus culminants du pays dont le plus élevé atteint 581 m d'altitude (Wuilleumier et al., 2010). Les plateaux recouverts de latérite sont limités par un escarpement d'une hauteur de 200 m qui domine le socle Birimien. De petits massifs dominant ces bas pays et sont formés de roche du socle ou de coulées volcaniques. L'ensemble de ces reliefs est couvert par des latérites et des colluvions, les sols, on les rencontre sur les bas versants.

I.1.2.2. Hydrologie

La région du Kédougou dispose de nombreux cours d'eau, ruisseau et de marigots, dont certains sont temporaires et d'autres pérennes. Cette région est principalement traversée par la Falémé à l'Est et le fleuve Gambie et ses affluents dont le Niokolo, le Thiankoye et le Koulountou (fig. 2). En dehors des cours d'eau pérenne comme La Falémé et le fleuve Gambie, le reste du réseau hydrographique est tributaire de la pluviométrie et tarit rapidement au début de la saison sèche. Notre zone d'étude, Bantako est principalement traversée par un des affluents du fleuve Gambie, le Niokolo. Ce cours d'eau facilite le traitement (lavage) de l'or. L'orpaillage alluvionnaire a été principalement pratiqué dans cet affluent par les femmes pendant la saison sèche avant la découverte d'autres filons sur le site. Cet affluent du fleuve Gambie reçoit toutes sortes de pollutions, mais aussi la plupart des produits halieutiques consommés dans le village provient de ce dernier. Il est aussi utilisé pour certains besoins ménagers même en eau de boisson quand les forages existants sont en panne (Doucouré, 2015 b).

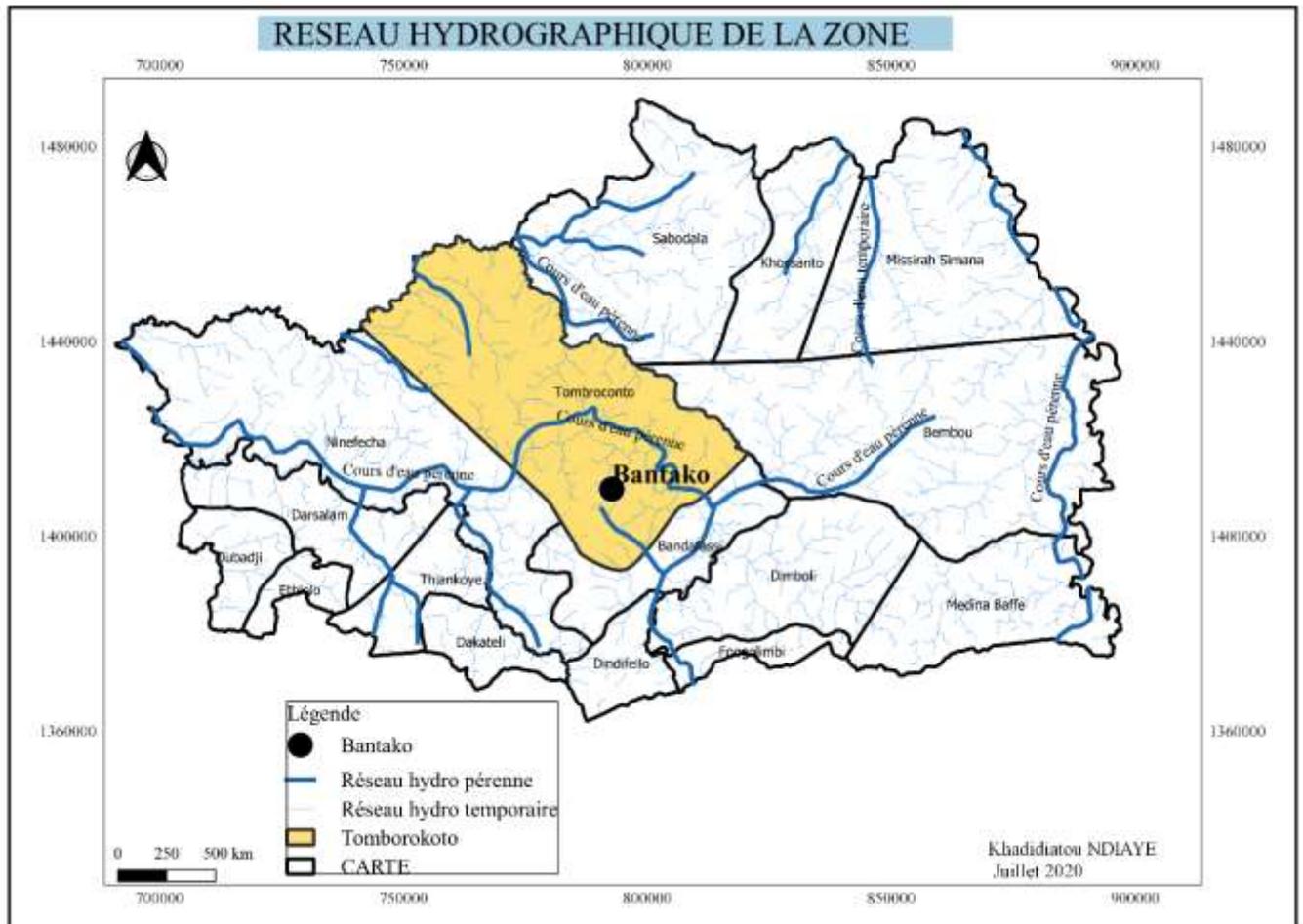


Figure 2: Réseau hydrographique de la zone

I.1.2.3. Sol et végétation

Les sols de la région de Kédougou se sont formés sur des roches volcano-sédimentaires. On y distingue ainsi :

- Les vertisols, qui se sont principalement déposés dans les vallées, les zones dépressionnaires et les bas de pentes des plateaux cuirassés.
- Les sols bruns eutrophes, qui sont présents au niveau des pentes des collines de roches basiques et ultrabasiqes.
- Les sols hydromorphes, qui se sont déposés au niveau des zones planes inondables et dans les bas-fonds qui bordent les lits des cours d'eau.
- Les lithosols, qui sont peu évolués et se rencontrent sur les plateaux et les buttes cuirassées.

La région de Kédougou est comprise dans une savane arbustive et boisée. La densité de la végétation est fonction des précipitations et des types de sol et varie du Nord au Sud. Deux types de groupements végétaux caractérisent cette région (Diouf, 1999) :

- Groupement à *Acacia seyal* sur sols argileux, constitué des arbres tels les baobabs dominants, des fourrés (*Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum* par exemple) et des espèces épineuses comme *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana*,
- Groupement à *Combretum glutinosum* peut varier d'une savane arbustive à une savane arborée.

Le tapis herbacé est très dense en saison des pluies, mais disparaît rapidement en début de saison sèche, dû principalement aux feux de brousse qui sont fréquents dans la région.

Le développement de l'orpaillage a accentué la disparition du couvert végétal à cause de l'expansion de la démographie, la déforestation à la recherche de filon aurifère mais aussi pour avoir des bois de soutènement pour l'étayage des puits des orpailleurs. Les ressources végétales subissent beaucoup de pressions se traduisant par leur dégradation ainsi que la disparition des espaces végétaux protégés comme le vène (*Pterocarpus erinaceus*) et le rônier (*Borassus aethiopum*) (Doucouré, 2015b). La dégradation du couvert végétal au niveau des sites d'orpaillage entraînera une forte érosion et ainsi une et une stérilisation irréversible des sols (Bamba et al., 2015).

I.1.3. Climat

La région de Kédougou est caractérisée par un climat de type soudano-guinéen au Sud et sahélo-soudanais au nord. Comme tout le reste du Sénégal, elle est caractérisée par deux grandes saisons : celle pluvieuse qui s'étale du mois de juin au mois d'octobre et la saison sèche qui occupe le reste de l'année. La station de mesure de la région de Kédougou (qui se trouve à 30 km du village de Bantako) a été considérée comme station de référence. Les données pluviométriques qui ont été obtenues à l'Agence nationale de la météorologie du Sénégal concernent la période 1988 à 2018.

Les précipitations dans la zone peuvent atteindre un pic de 600 mm (fig. 3). Les pluies journalières peuvent être violentes jusqu'à atteindre 100 mm en quelques heures. Ces pluies torrentielles peuvent accentuer l'érosion dans la zone, en plus d'un couvert végétal clairsemé. Cette érosion pourra ainsi faciliter le transfert des produits chimiques utilisés pendant le traitement de l'or et le déposer au niveau des étendues d'eau (effluent du fleuve Gambie).

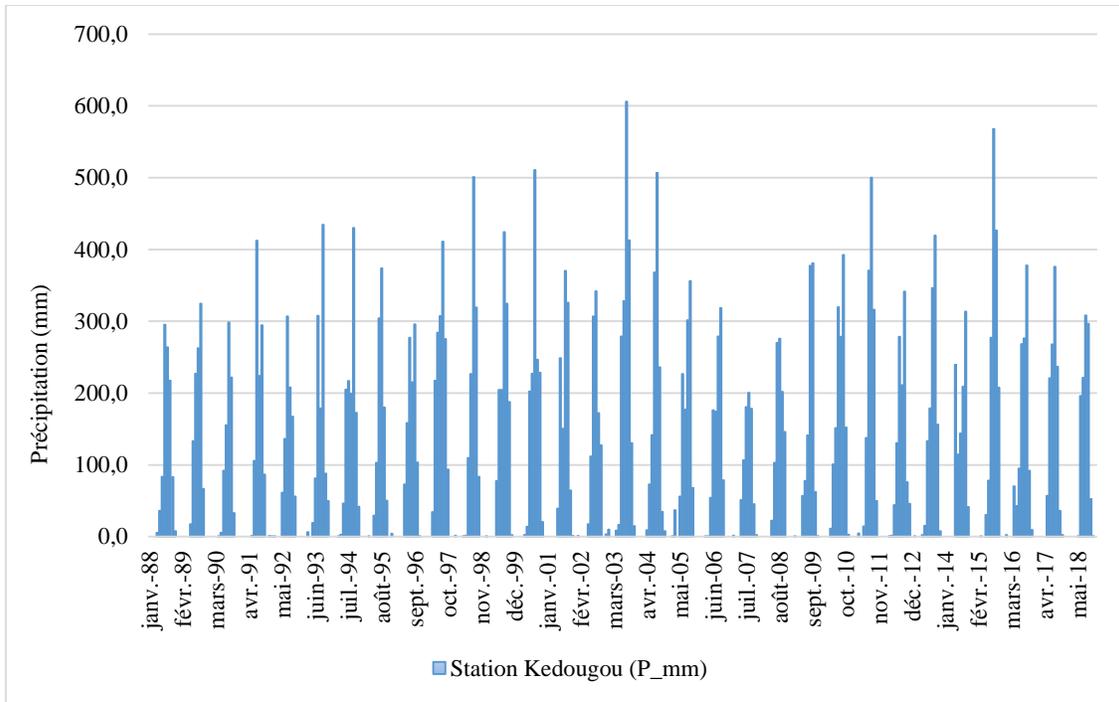


Figure 3: Précipitation journalière de la station de Kédougou de 1988 à 2018 (ANACIM)

La région de Kédougou fait partie des régions les plus chaudes du Sénégal. Les températures maximales peuvent atteindre 40° C pendant les mois de mars à avril, juste avant le début de l'hivernage (Fig. 4). Les températures minimales sont de l'ordre de 14 à 16 °C pendant les mois de décembre à janvier.

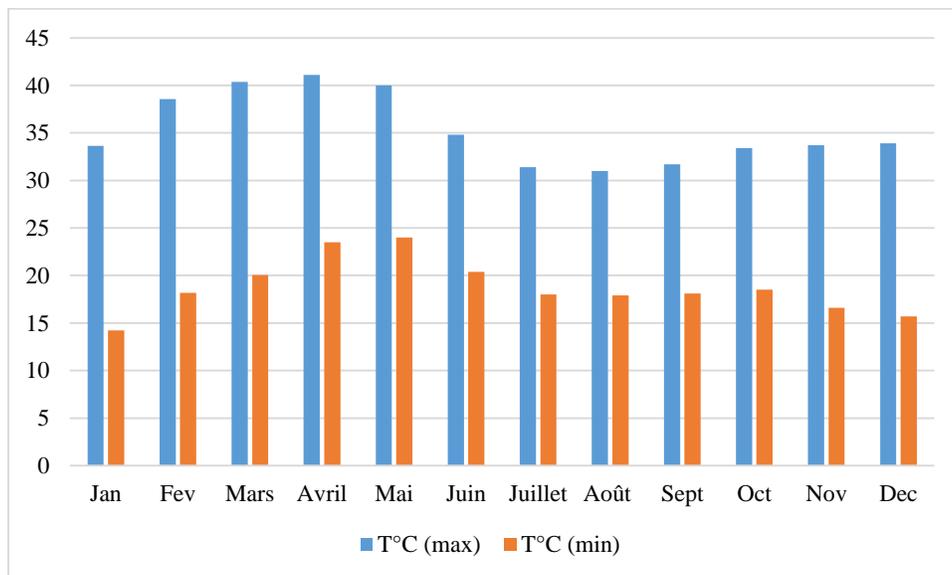


Figure 4: Données de température de la station de Kédougou en 2003 (ANACIM)

I.1.4. Aspect socio-économique et population

L'orpaillage a favorisé le développement de plusieurs localités dans la région de Kédougou. Dans la localité de Bantako, l'orpaillage se faisait seulement pendant la saison sèche au niveau des alluvions sur les bords des cours d'eau (orpaillage alluvionnaire). La principale activité étant l'agriculture, la localité est entourée de plusieurs terroirs propices à la pratique de l'agriculture. Le développement de l'orpaillage a entraîné l'abandon progressif de cette activité, ou bien elle est devenue secondaire. La découverte du filon pendant les années 1996 à 1997 a favorisé l'expansion du village et le développement de l'économie locale (Doucouré, 2015b). La localité est peuplée par différentes ethnies à dominance malinké. On y rencontre plusieurs nationalités venant dans les différents pays limitrophes du Sénégal (Guinée Conakry, Gambie, Mali, Mauritanie), et d'autres venant de pays plus éloignés (Burkina Faso, Nigéria). D'après le recensement effectué en 2017 au Sénégal, la localité de Bantako compte 2566 habitants (tableau 1). L'économie de cette localité se base principalement sur l'orpaillage, mais aussi cette pratique a entraîné le développement de plusieurs métiers comme le commerce, les métiers du bâtiment, des métiers du spectacle (dancing, orchestres musicaux) etc. La pêche est aussi pratiquée dans la zone au niveau du fleuve Gambie.

Tableau 1: Démographie de la localité de Bantako (ANSD, 2017)

Region	Ca_cr	Quartiers/villages	Concessions	Ménages	Hommes	Femmes	Population
Kedougou	Tomboronkoto	Bantako	490	573	1534	1033	2566

I.2. CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

I.2.1. Géologique

La région de Kédougou s'intègre dans la géologie du Craton Ouest Africain. Ce Craton Ouest africain est connu par ces nombreux gisements aurifères, faisant de lui une zone d'attraction des industries minières et des exploitants artisanaux à petite échelle de l'or.

Ce craton se compose de terrains précambriens affleurant au Nord du craton de la dorsale de Réguibat et au Sud pour former la dorsale de Léo (Le Mignot, 2014). Il est limité au Nord par l'Anti-Atlas, à l'Est par la zone mobile de l'Afrique centrale et à l'Ouest par la zone mobile de l'Afrique de l'ouest (figure 5). Il est formé d'un ensemble de chaînes largement granitisées et métamorphisées du Cambrien ancien. Le craton est surmonté d'une couverture sédimentaire horizontale, d'âge précambrien supérieur et carbonifère et s'entoure de zones mobiles liées aux orogénèses Panafricaine à l'Est, Panafricaine et Hercynienne à l'Ouest (Dabo, 2011).

Ce craton peut être subdivisé en trois unités majeures :

- La dorsale Réguibat au Nord composée par des terrains archéens à l'Ouest et Birimiens à l'Est. Ces terrains sont rencontrés en Mauritanie et au Sahara occidental ;
- La dorsale de Léo au Sud formée par le domaine de Man d'âge archéen et Baoulé Mossi d'âge Birimien. Elle couvre la Guinée, le Siéra Léone, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Burkina Faso et le Mali ;
- Les boutonnières de Kédougou-Kéniéba et de Kayes entre les deux où n'affleurent que des formations Birimiennes.

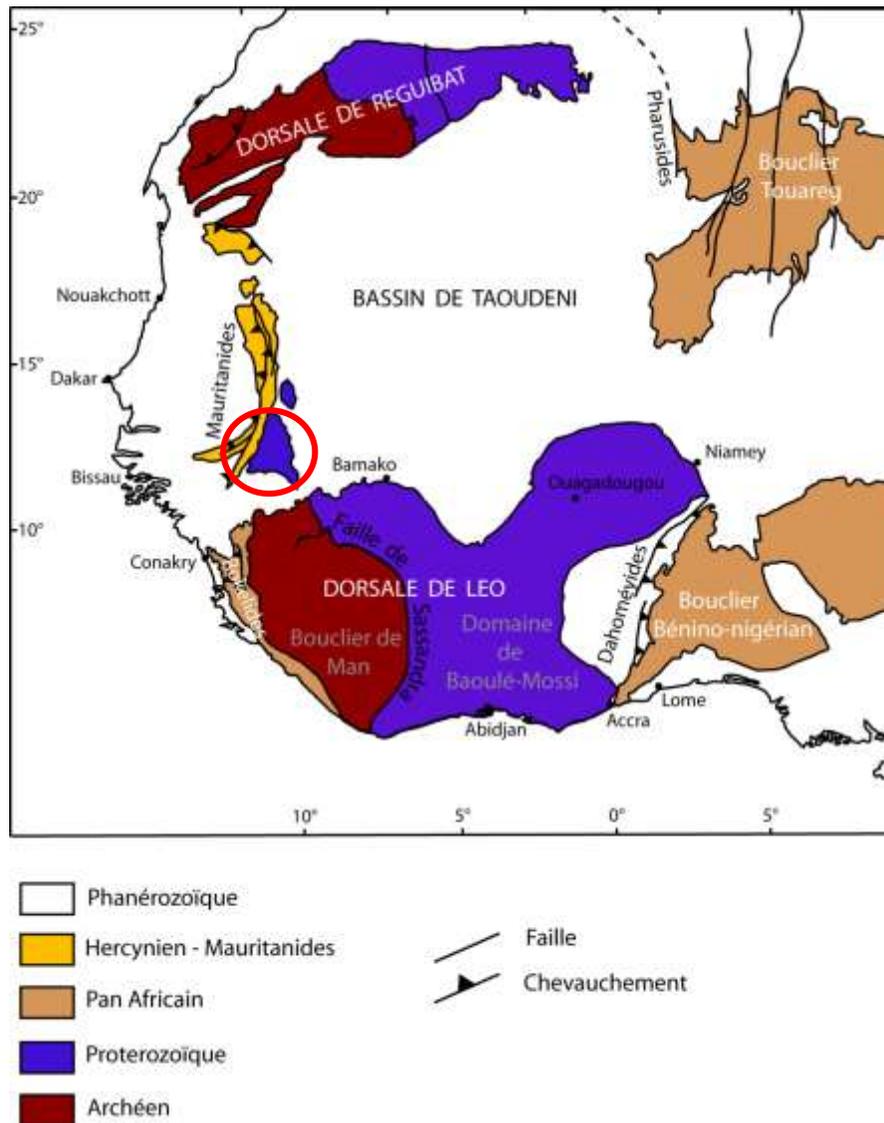


Figure 5: Carte géologique du Craton de l'Afrique de l'Ouest (Le Mignot, 2014)

La région de Kédougou est localisée dans la Boutonnière de Kédougou Kéniaba, constituée de formations cristallines anciennes représentant le socle du Sénégal. La nouvelle carte géologique du Sud-Est du Sénégal subdivise le socle en deux entités géologiques (fig. 6) : le domaine Birimien qui débute au Paléoprotérozoïque et le domaine des Mauritanides qui couvre le Néoprotérozoïque et le Paléozoïque (Théveniaut et al., 2010).

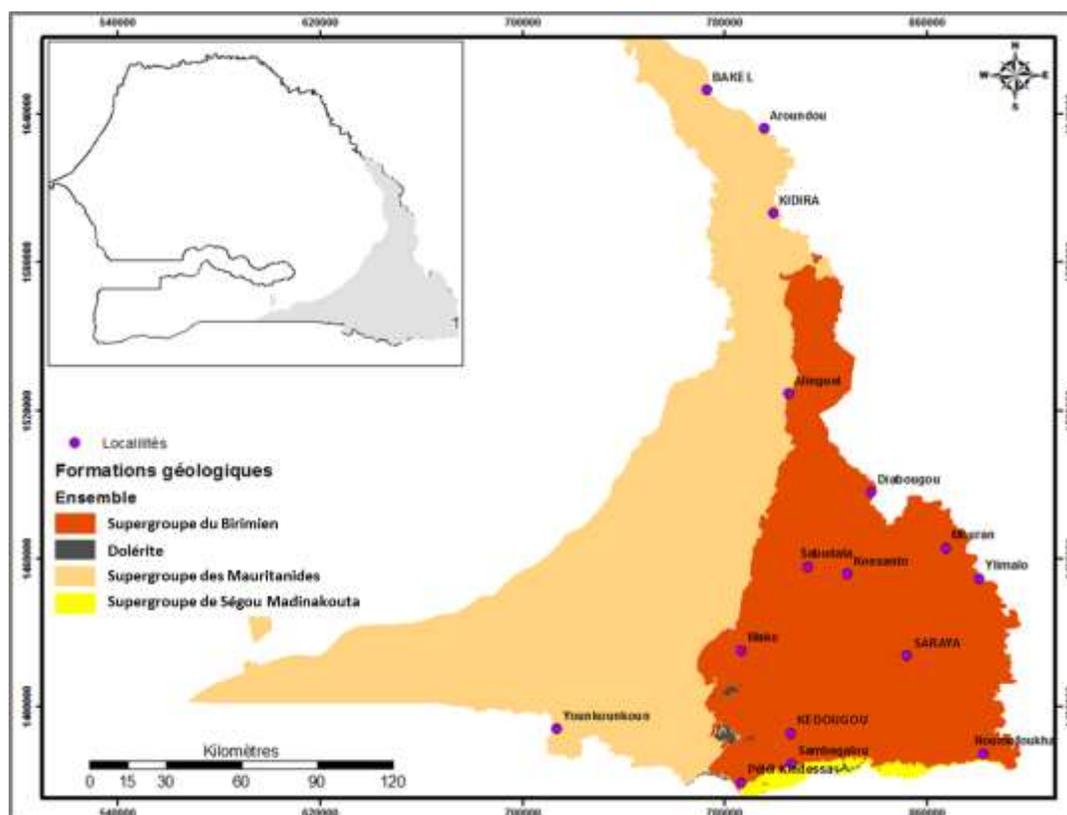


Figure 6: Grandes entités géologiques du Sénégal oriental (Sud-est du Sénégal) (Théveniaut et al., 2010)

Le domaine Birimien est constitué de terrains réputés aurifères dans toute l’Afrique de l’Ouest (Niane, 2014). Il est ainsi constitué de :

- Le supergroupe de Mako : constitué essentiellement d’épaisses coulées volcaniques basiques, de massifs ultrabasiques, de gabbros et de coulées andésitiques interstratifiés avec des quartzites, des calcaires. Il est recoupé par le Batholite de Badon-Kakadian avec des plissements isoclinaux et des pendages subverticaux et une stratification concordante avec la schistosité (Niane, 2014) ;
- Le supergroupe de Diallé-Daléma : dominé par des formations volcano-sédimentaire. Il est composé de cipolins surmontés par des quartzites, des grauweekes, des grès et des pélites

qui sont interstratifiés avec les coulées andésitiques de la Daléma. Il est recoupé par le Batholite de Saraya et les massifs granitiques de Boboti.

Dans la partie sud du groupe de Mako, l'or y est exploité de manière traditionnelle et intensive dans plusieurs sites dont celui de Bantako.

I.2.2. Cadre hydrogéologique

La conception du fonctionnement des aquifères de socle a été développée par (Lachassagne et al., 2001). Cette conception montre deux niveaux altérés et fissurés (fig. 7) qui conjuguent leurs deux fonctions conductrices et réservoir :

- Le rôle de réservoir : assuré par les formations issues de l'altération des roches en place, depuis la surface jusqu'à des dizaines de mètres de profondeurs. Ces formations sont constituées d'altérites, formées de matériaux argileux et sableux ;
- Le rôle conducteur garanti par les systèmes de fissures et de fractures existants au bas des altérites.

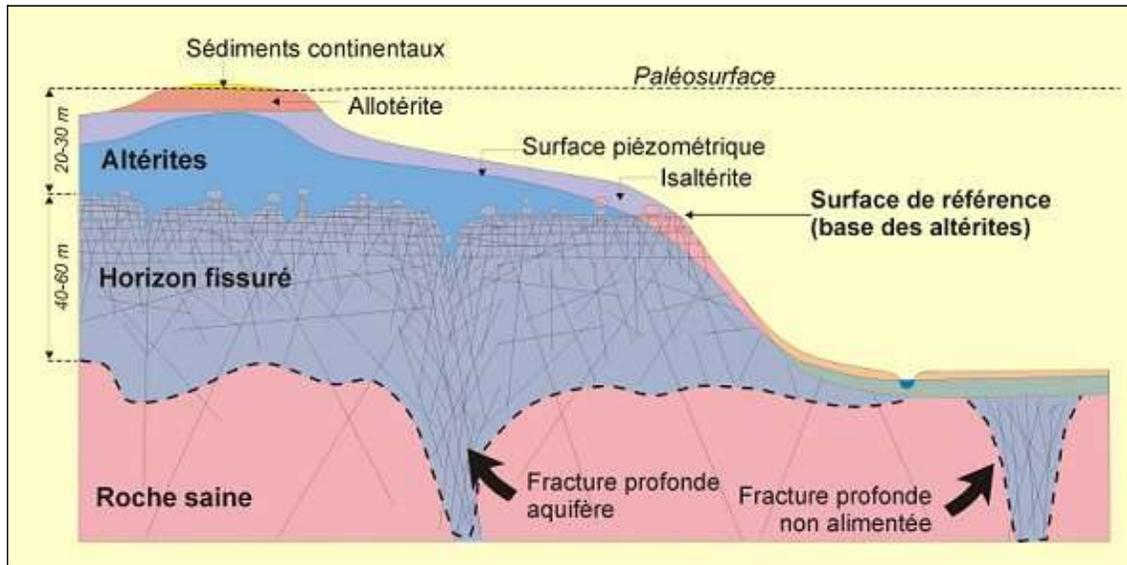


Figure 7: Modèle de réservoir bicouche en domaine de socle (Lachassagne et al., 2001)

Dans le domaine de socle, les eaux souterraines sont situées au sein de ces deux unités aquifères superposées. Ce réservoir (aquifère) est vu comme un système bicouche : des altérites jouant le rôle d'un horizon capacitif (susceptible d'accueillir des quantités d'eau importantes) mais peu transmissif reposant sur un horizon fissuré transmissif, mais le plus souvent peu capacitif (Wuilleumier et al., 2010).

Les forages qui captent cette zone de socle sont en général caractérisés par des débits très faibles et parfois même, on assiste à des forages secs. Ces forages traversent les horizons fracturés et les débits n'atteignent pas 10 m³/h.

Il existe deux forages dans la localité de Bantako et le tableau ci-dessous représente les caractéristiques de ces deux forages. Ils sont caractérisés par des débits assez faibles. Avec l'arrivée des migrants et donc l'accroissement de la population, les habitants utilisent aussi les puits et le fleuve pour satisfaire leur besoin en eau.

Tableau 2: Caractéristiques des forages de Bantako

Forages	Date	Profondeur (m)	Nappe captée	Debit (m3/h)	Niveau statique (m)	Rabatement (m)
F1	2009	30,75	socle (Schiste)	8	9,32	/
F2	2010	38	socle (Schiste)	19,8 (Air lift)	8,9	2,16

CHAPITRE II : METHODOLOGIE

II. 1. REVUE DE LA LITTERATURE

Beaucoup d'études ont été réalisées sur la problématique de l'extraction artisanale de l'or dans le monde en général, et en particulier dans le Sud-est du Sénégal :

- (Kiemtore, 2012) a étudié au niveau d'un site aurifère du Burkina Faso, les impacts de l'orpaillage sur certains aspects sociaux, économiques, les risques sanitaires qu'encourent les orpailleurs avec l'utilisation des produits chimiques (mercure et cyanure) et les problèmes d'insalubrité.
- (Roamba, 2014), a mené des études sur un autre site aurifère du Burkina Faso. Il a abordé l'impact du mercure et du cyanure sur les ressources eau et sur les sols (pollution, destruction des terres arables), et la perception que les orpailleurs peuvent avoir sur les risques sanitaires liés à l'utilisation de ces produits.
- (Bohbot, 2017) décrit dans son article les conséquences sociales et environnementales mal maîtrisées de l'orpaillage au Burkina Faso. Cette activité a généré plusieurs sources de revenu dans les différentes localités où elle est pratiquée, mais a aussi engendré plusieurs impacts environnementaux avec principalement l'utilisation de mercure et du cyanure. Les impacts environnementaux sont spécifiquement observés sur les sols, sur les ressources en eau et sur la déforestation. Il aborde aussi différentes solutions préconisées par les ONGs locales et internationales pour réduire voire même abandonner l'utilisation du mercure et le travail des enfants sur les sites d'exploitation.
- (Bamba et al., 2015) dans son article, évalue les impacts physiques de l'orpaillage sur les sols et les eaux souterraines dans la zone agricole aménagée de Bomborée (Burkina Faso). Cette activité a engendré le déversement de produits chimiques (cyanure, mercure) utilisés lors du traitement de l'or, et la perte de terres agricoles due aux fossés et les déblais à perte de vue laissés sur les terres agricoles par les orpailleurs. L'impact que cette activité peut avoir sur les eaux souterraines a été aussi étudié sur cet article.
- (Mokam et al., 2001) étudie dans son article à travers des enquêtes de terrain l'impact que peut avoir l'exploitation artisanale de l'or sur la santé, l'économie, sur la qualité et le mode de vie des populations de Kambélé (Cameroun).

- L'exploitation de l'or à petite échelle est très pratiquée dans la République Démocratique de Congo. (Bedidjo, 2018) dans son article, étudie l'orpaillage et de l'utilisation du mercure dans la province d'Ituri. Il y évalue les différents systèmes d'exploitation de l'or (alluvionnaire, éluvionnaire, philoniens), les quantités d'or qui peuvent être extraites dans ces sites, la présence clandestine du mercure, son utilisation et les impacts que celle-ci peut avoir sur la santé.
- Lapperche et al, 2008 ont aussi étudié l'impact que peut avoir le mercure sur plusieurs aspects de l'environnement : l'eau, les ressources aquatiques, le sol, sur la faune et la flore. D'après les résultats de ses enquêtes, beaucoup de maladies hydriques (typhoïde, diarrhées, maux de ventre) ont été recensées et attribuées à l'utilisation de l'eau du fleuve polluée par le mercure et les autres déchets. D'autres maladies attribuées à l'intensité du travail, l'inhalation de la poussière et du mercure ont été aussi observées sur ce site.
- Niane, 2014, 2015, 2019, aborde dans sa thèse et dans ses divers articles la problématique de l'orpaillage et de son impact environnemental sur plusieurs aspects dans le sud-est du Sénégal. Il étudie le mercure dans les sédiments, l'eau, les cheveux humains et les organismes aquatiques, pour comprendre la dissémination du mercure au niveau de l'écosystème et de l'homme.
- Mall, 2017, aborde dans une partie de sa thèse l'impact des métaux lourds (mercure, le cyanure, l'arsenic, le plomb, etc.) sur la qualité des eaux de surfaces et souterraines au niveau des sites aurifères de Kédougou.
- Doucouré, 2015, dans son livre « Des pierres dans les mortiers et non du maïs ! Mutations dans les villages aurifères du sud-est du Sénégal », décrit l'impact de l'orpaillage sur l'aspect sociaux et économiques dans le village de Bantako et sur d'autres sites aurifères de la région de Kédougou. Il aborde les nouvelles mutations qu'il a engendrées, la croissance démographique, l'expansion du village, l'abandon des terres agricoles ainsi que certains problèmes sanitaires.

II.2. METHODOLOGIE DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT

La problématique de l'orpaillage a engendré plusieurs environnementaux dont les plus visibles sont : la dégradation des sols, la déforestation et la pollution des ressources en eau. Cette activité est considérée comme une source principale génératrice de revenu pour les communautés d'orpailleurs a engendré plusieurs problèmes environnementaux et sanitaires dans le Sud-est du

Sénégal. Autant plus que, dans le site d'orpaillage de Bantako, le mercure est utilisé de manière intense pour le traitement de l'or. Ce produit est bien connu pour sa toxicité et pour ces nombreux dégâts environnementaux. Il est d'une grande importance pour protéger l'environnement et la santé de la population du mercure, d'identifier les différentes perceptions des personnes qui l'introduisent dans l'environnement par le biais de l'activité d'extraction minière à petite échelle de l'or. C'est dans ce contexte que l'approche méthodologique ci-dessous a été adoptée.

II.2.1. Méthodologie de collecte de données

La phase de l'étude a consisté à faire une synthèse bibliographique afin d'évaluer l'impact de l'orpaillage plus particulièrement celui du mercure sur les ressources en eau, les sédiments, la végétation et sur les ressources aquatiques en se basant les publications existantes.

Pour la deuxième phase une étude par enquête a été effectuée sur le site de Bantako, et consisté à :

- Un questionnaire a été conçu pour les orpailleurs, afin d'évaluer leur perception sur le mercure et son impact sur l'environnement et sur la santé. En considérant les orpailleurs comme unité d'enquête pour cette fiche, **l'échantillonnage aléatoire simple** a été utilisé. Chaque orpailleur a donc la même probabilité d'être interrogé. Cette fiche comprend des questions fermées et ouvertes pour permettre aux enquêtés d'exprimer leur perception sur la problématique. En tout 43 orpailleurs ont été interrogés.
- Un autre questionnaire a été élaboré pour évaluer le degré de connaissance des femmes sur la présence du mercure dans les ressources en eau sur le site de Bantako, les attitudes et les pratiques qu'elles ont adoptées pour se protéger de cette exposition quotidienne et protéger leur famille. Pour cette fiche de questionnaire, le model **CAP** a été utilisé. Le **modèle CAP** (Connaissance, Attitude et pratique) a été utilisé pour la première fois pendant les années 60 et 70 par les agences de développement et d'aide internationale pour avoir des informations sur les pratiques de la planification familiale. L'enquête CAP est aujourd'hui largement utilisé dans le domaine de la santé, de l'éducation, de la nutrition, de l'eau et de l'assainissement (Faustsh Y, 2014). Sous forme de questionnaire, les enquêtes CAP permettent de révéler et de visualiser des pratiques, des comportements, des manières d'agir ou de penser d'une population donnée. Une enquête CAP est l'étude quantitative d'une population cible consistant à collecter des informations sur les connaissances des individus, leur attitude et les comportements par rapport à un domaine spécifique (Abigail, 2012). L'enquête CAP est centrée sur le ou les problèmes à résoudre et les moyens facilitants la compréhension et l'action

sur ce qui fait obstacle à la réduction des mauvaises pratiques. En tout 40 femmes ont été interrogées.

- Un guide d'entretien a été aussi établi pour identifier avec les élus locaux les risques sanitaires de l'utilisation du mercure et de l'impact de l'orpaillage en général.

Les enquêtes de terrains ont été réalisées du 4 au 15 juillet 2020. La réalisation de ces enquêtes a nécessité une première visite de terrain pour avoir l'autorisation des élus locaux et nous familiariser avec certains orpailleurs.

Certaines difficultés ont été rencontrées dans la collecte de données, principalement sur la taille de l'échantillon qui a été influencée par la disponibilité des enquêtés sur le terrain et à l'interdiction de l'Etat sénégalais de se rendre sur le site à cause du confinement dû au Covid-19. Cette situation a également influencé la réalisation du guide d'entretien, qui s'est réalisé à distance.

II.2.2. Méthodologie de traitement de données et résultats attendus

Le logiciel Excel a été utilisé pour traiter les différentes informations obtenues après enquête. Les informations ainsi obtenues permettront :

- La confirmation de l'utilisation du mercure sur le site de Bantako ;
- L'évaluation de la perception des orpailleurs sur le mercure et son impact sur l'environnement, et toxicité ;
- L'évaluation du niveau de connaissance des femmes sur le mercure, de sa présence dans les différentes sources d'approvisionnement en eau utilisées et les impacts que l'utilisation de ces eaux a sur la santé;
- L'identification des différentes pratiques adoptées par les femmes dans les ménages pour rendre la qualité de l'eau meilleure ;
- L'appréciation de la connaissance des élus locaux sur les risques sanitaires et environnementaux liés à l'utilisation du mercure sur le site ;

L'interprétation des résultats obtenus permettront de formuler quelques recommandations sur l'utilisation du mercure et sa dangerosité, mais aussi sensibiliser les orpailleurs et l'ensemble des personnes qui évoluent sur le site sur les nombreuses conséquences négatives que le mercure peut avoir sur la santé humaine et sur l'environnement.

CHAPITRE III : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR L'IMPACT DE L'ORPAILLAGE SUR L'ENVIRONNEMENT

III.1. DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES ÉTAPES D'EXTRACTION

Traditionnellement, les orpailleurs utilisaient de simples moyens (bassines,alebasses) pour récupérer l'or alluvionnaire avant la découverte des filons aurifères (Niane et al., 2014). L'orpaillage est devenu de plus en plus mécanisé avec l'utilisation de détecteurs de métaux, de concasseurs motorisés et de certains produits chimiques (fig.8). L'extraction artisanale de l'or se fait selon les étapes suivantes :

- Des trous de 10 à 30 m sont creusés pour extraire les pépites d'or qui sont en fait piégés dans des blocs de roche ;
- Le minerai extrait est ensuite acheminé dans les concessions du village, ou bien au niveau des points d'eau ou dans les rivières, où se feront le concassage et le lavage.

Le concassage a pour but de libérer les espèces minérales constitutives du matériau polycristallin, et ainsi d'effectuer des séparations pour obtenir un concentré marchand du métal (Blazy et al., 2007). Ce concassage est effectué jusqu'à atteindre la maille de libération du minerai.

Le lavage nécessite l'utilisation d'un sluice (table de lavage) ou de tables créées de façon artisanale. Ces tables inclinées et tapissées de morceaux de tissu facilitent l'écoulement de l'eau et des particules légères et retiennent les particules les plus denses. L'or qui a une densité de **19,3**, aura ainsi la capacité de se déposer au fond de ces sluices ;

- Les particules restantes sont ensuite soumises à un traitement par des produits chimiques avec du cyanure ou du mercure. Le traitement avec le cyanure est basé sur la solubilité de l'or. Les particules restantes contenant les pépites d'or sont immergées dans une solution de cyanure alcalin condensant ainsi l'or au fond de la cuve. L'or est ensuite récupéré en ajoutant des copeaux de zinc ou d'aluminium dans la solution saline. Cette solution est ensuite acidifiée avec de l'acide sulfurique pour éliminer l'excès de zinc, séchée et passée dans un four en présence d'air pour oxyder le plomb, le fer et le zinc. Le résidu issu de ce traitement peut concentrer jusqu'à 80 à 90 % d'or [1]. Pour le mercure, on utilise l'amalgamation pour récupérer l'or. L'or en présence de mercure a tendance à se mélanger et former un "amalgame". Cette technique est assez ancienne et très polluante, cet amalgame est ensuite chauffé pour faire évaporer le mercure et récupérer l'or. Après ce

processus, les orpailleurs font passer l'amalgame dans un mouchoir pour filtrer l'excès de mercure.



Figure 8: Les différents procédés d'extraction de l'or (Mall 2017)

III.2. LEGISLATION DES EXPLOITATIONS MINIERES A PETITE ECHELLE AU SENEGAL

III.2.1. Différentes terminologies utilisées et les différents acteurs au niveau des sites d'orpillages de la région de Kédougou

L'orpillage est pratiqué dans la région début plusieurs années. Les flux de migrants ont commencé à fréquenter la région pour la recherche de l'or dans les années 1930 et s'étendent sur une période de 25 ans (Sène et al., 2019).

Les sites d'orpillage réunissent différents acteurs qui ont des fonctions et des responsabilités bien organisés même si le langage courant laisse entendre parfois un système anarchique (fig. 9). Les rôles et les fonctions sont répartis au niveau des trous d'orpillage et les acteurs assurent l'organisation sociale et communautaire au niveau des sites (ANSD, 2018), (Sène et al., 2019). On distingue ainsi :

Dougoutigui : il est le chef du village et représente l'autorité la plus haute sur les sites d'exploitation.

Diouratigui : c'est lui qui est chargé de régler les problèmes sur les sites. Le diouratigui s'occupe aussi des sacrifices, il se charge de préparer les protections spirituelles pour les sites d'orpaillage.

Tomboloma : au Sénégal, et les deux pays frontaliers à savoir le Mali et la Guinée où cette activité est aussi pratiquée, ce terme désigne les personnes en charge de la sécurité des sites d'exploitation. Ils gèrent aussi les litiges et conflits entre orpailleurs (notamment entre orpailleurs locaux et étrangers). Chaque trou a un *Tomboloma* et il y aussi un chef des *Tombolomas*.

Damantigui : désigne le propriétaire de la carte d'orpailleur et propriétaire d'un dama (trou). Cette carte est obtenue auprès des services des mines. Ce chef de trou doit prendre des dispositions afin d'assurer la sécurité dans les trous. Il doit aussi faire preuve de compréhension envers les orpailleurs, se concerter avec le Tomboloma, accepter sa médiation et établir un climat propice au travail et de bonnes relations entre les financiers gérant les dépenses liées au trou d'exploitation, et l'équipe de travail. La plupart des chefs de trous ont une ancienneté de trois à cinq ans.

Dama: terme utilisé pour désigner un trou d'exploitation.

Dioura : nom mandingue employé dans la région de Kédougou pour désigner les sites d'exploitation d'extraction de l'or. Autour d'un même village on peut ainsi trouver plusieurs diouras.

Niafa : désigne des habitations précaires, généralement en paille ou autres matériaux fragiles et facilement inflammables où se logent les orpailleurs ainsi que les travailleuses du sexe.

Le schéma ci-après représente un résumé de la hiérarchie des différents acteurs présents sur les sites d'orpaillage.

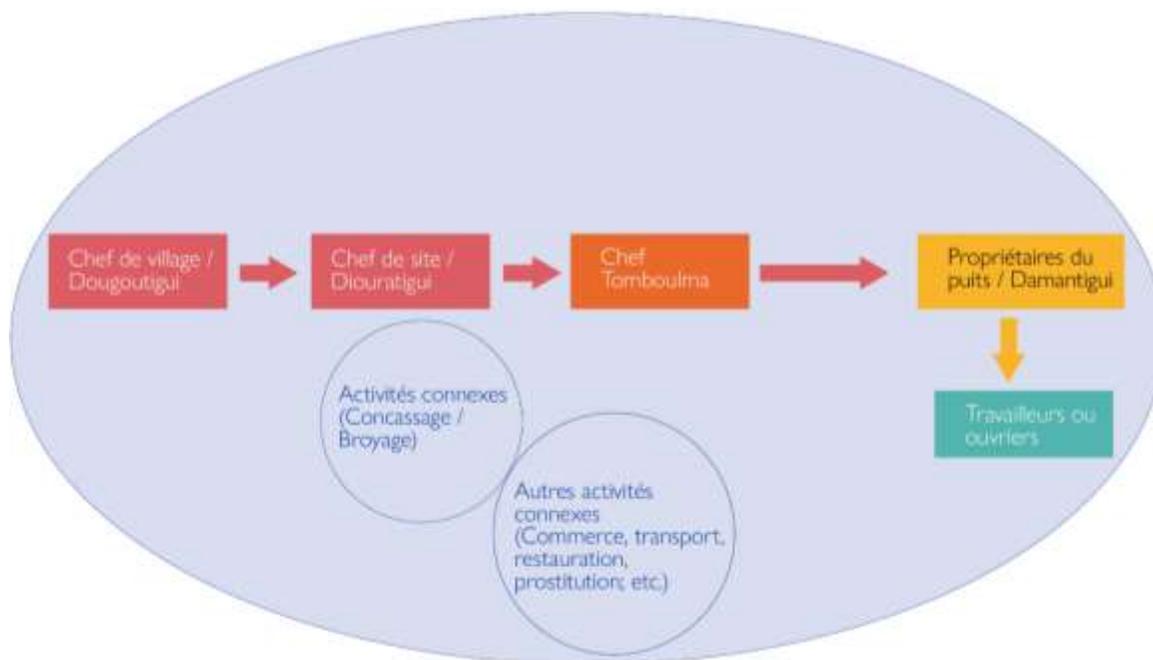


Figure 9: Schéma résumé de l'organisation des sites d'orpaillage dans le sud-est du Sénégal (ANSD/SRSD, 2018)

III.2.2. La législation du Sénégal sur l'orpaillage

Le ministère des Mines a mis en place un cadre légal et formel pour l'orpaillage :

- L'arrêté n° 009249/MEM/DMG du 14 juin 2013 portant organisation du secteur de l'orpaillage ;
- L'arrêté n°002472/MIM/DMG/bd du 10 février 2014 définition de 16 couloirs dans la région de Kédougou ;
- L'arrêté interministériel n°009931/MIM/MEF/MCESI du 18 juin 2014 fixant les modalités d'ouverture et l'exploitation de comptoir d'achat.

L'article 54 du code minier (Loi n°2016-32 du 08 Novembre 2016) formule que : « L'activité d'exploitation minière artisanale est réservée au titulaire d'une autorisation d'exploitation minière artisanale délivrée par arrêté du Ministre chargé des Mines après avis du chef du service régional des mines et de la collectivité territoriale concernée, suivant les modalités définies dans le présent code ». Elle est délivrée à toute personne physique qui ne peut prétendre à une exclusivité quelconque. D'après l'article 56, l'autorisation est valable pour cinq ans et est renouvelable une ou plusieurs fois pour la même durée, sous réserve du paiement du droit y afférent. Le bénéficiaire de l'autorisation doit être de nationalité sénégalaise. Les agents assermentés de l'administration des mines veillent à faire respecter par les titulaires concernés les mesures de sécurité, d'hygiène et de protection de l'environnement qui sont définies dans les dispositions législatives et

réglementaires en vigueur. La profondeur des trous ne doit pas dépasser 15 mètres et les lieux doivent être remis en état à la fin de chaque exploitation. Le nouveau Code minier prévoit des droits fixes d'entrée de 50 000 FCFA pour l'obtention d'une autorisation d'exploitation minière artisanale et de 1 500 000 FCFA pour l'obtention d'une autorisation d'exploitation semi-mécanisée.

Le code de l'environnement prévoit la réglementation des substances chimiques nocives et dangereuses. Le mercure fait partie de ces substances. Selon l'article 45 de ce code, une commission nationale de gestion des produits chimiques (CNGPC) a pour tâche de contrôler et de surveiller l'importation, l'utilisation et les mouvements des substances chimiques nocives et dangereuses. Les substances chimiques nocives et dangereuses fabriquées, importées ou mises en vente en infraction aux dispositions de la présente loi doivent être saisies par des agents habilités en matière de répression des fraudes qui sont les agents assermentés des services compétents.

Le développement non surveillé des activités de recyclage des batteries usagées contenant du plomb et l'usage du mercure notamment dans l'orpaillage, exposent les travailleurs du secteur informel et les populations vivant aux alentours des installations, à des risques sanitaires élevés, en plus des impacts négatifs sur l'environnement physique sont spécifiquement réglementer par le Décret n° 2010-1281 du 16 septembre 2010.

III.3. GENERALITE SUR LE MERCURE

III.3.1. Les différentes formes de mercure

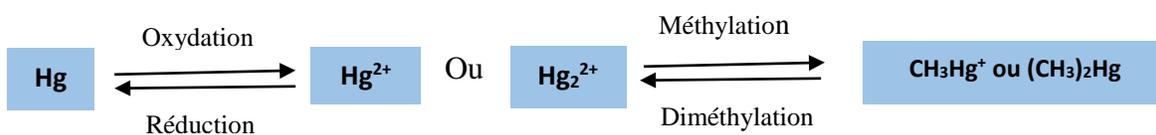
Le mercure est un élément de formule chimique **Hg** de numéro atomique 80, il est le seul élément liquide à température ordinaire avec une masse atomique de 200,59 g/mol. Il possède trois états d'oxydation : 0, +I et +II, les deux derniers lui permettent de former des liaisons chimiques.

Le mercure est un métal brillant, blanc argenté, très dense et liquide à température ordinaire (INRS). Il a la faculté de former des amalgames avec plusieurs métaux dont l'or. Un centimètre cube de mercure peut amalgamer entre 9 à 14 grammes d'or (Bedidjo, 2018).

Le mercure est présent sur la surface de la terre sous différentes formes et les plus courantes sont : le mercure élémentaire (**Hg⁰**), le divalent inorganique (**Hg II⁺**) et organoleptique (**MeHg**) (Niane et al., 2019). Le mercure est en état de trace dans l'environnement, on peut le trouver dans les espèces organiques, inorganiques, dans les roches, les sols, l'eau et l'air. L'altération des roches peut être à l'origine du mercure primaire dans l'atmosphère surtout dans les zones de subduction, de volcanisme, de failles, aux environs de plaques tectoniques où les matériaux sont riches en

mercure (Gavis et Fergusson, 1972 ; Jonasson et Boyle 1972, Friske et Cocker, 1992) *in Roulet, 1997*). Il a été distribué naturellement dans l’environnement par plusieurs processus dont les activités volcaniques, les processus biologiques (Risher et al., 2002). Les sources anthropiques sont variées, et la principale est l’activité minière. L’exploitation artisanale de l’or à petite échelle en utilisant la fusion du Hg pour la récupération de l’or a été identifiée comme l’un des plus grands contributeurs à la pollution par le mercure, contaminant l’atmosphère, les eaux et les personnes (PNUE, 2018; Wade, 2013 *in Niane 2019*).

Les principales formes de mercure existant dans l’environnement et ses transformations sont représentées par les équilibres suivant (El Himri & El Himri, 2012).



Le tableau ci-dessous représente le mercure et les principaux composés mercuriels.

Tableau 3: Mercure et les principaux composés mercuriels (BRGM 2003, modifié)

Termes/Formes	Définitions	Symboles/ Formules	Exemples
Mercure élémentaire	Valence 0	Hg ⁰	
Mercure divalent	Valence 2	Hg ²⁺ ou Hg (II)	
Composé mercurieux	Valence 1	Hg (I)	HgCl ou Hg ₂ CH ₂
Composé mercurique	Valence (II)	Hg (II)	Hg(OH), Hg(Cl ⁺), HgCl ₂ ,
Composé organique ou mercurique	Mercure et élément organique	Hg (II)	CH ₃ Hg ⁺ , (CH ₃)Hg,
Dérivé mercuriel méthylé	Mercure et un groupe méthyle (CH ₃)	Hg (II)	CH ₃ HgCl, CH ₃ HgOH
Dérivé mercuriel diméthylé	Mercure et un groupe diméthyle	Hg (II)	(CH ₃)Hg, MDHg
Méthylmercure	CH ₃ Hg	Hg (II)	CH ₃ Hg
Composé inorganique	Mercure et élément inorganique	Hg (II)	HgS, HgCl ⁺ , HgCl ₂ , HgOH ⁻ , HgOH ₂

III.4. EFFET TOXICOLOGIQUE DU MERCURE

Sur les sites d’orpaillage, les voies d’exposition au mercure sont nombreuses :

III.4.1. Les voies d'exposition

Par inhalation : elle est due à la présence de mercure élémentaire (Hg°) sous forme de vapeur. L'amalgame est chauffé à l'air libre et relâche des quantités de vapeurs nocives. La personne qui fait le chauffage (photo 1 A) et les personnes situées à proximité immédiate inhalent des doses importantes de mercure. Cette forme de mercure est essentiellement absorbée par voie pulmonaire (61-86%).

Par ingestion : elle est causée par la consommation fréquente de produit aquatique comme les poissons concentrant des taux élevés de mercure (méthylmercure) et par ingestion de l'eau contaminée. Le méthylmercure a entraîné plusieurs catastrophes environnementales et reste un principal sujet de préoccupation à l'échelle mondiale (Poupon, 2007).

Par contact avec la peau : lors de la manipulation du produit (photo 1 B). Cette voie d'exposition est moins grave.



Photo 1: voies d'exposition : A inhalation de la vapeur, B : Contact avec la peau

III.4.2. Toxicocinétique du mercure

III.4.2.1. Absorption du mercure

L'absorption du mercure métallique comme cité plus haut est très élevée par voie pulmonaire. Par contre son ingestion reste très faible. Au niveau des poumons, une partie du mercure peut être oxydée en ions mercuriques. Les dérivés inorganiques sont absorbés de manière faible par voie digestive (Poupon, 2007). Les dérivés organiques sont absorbés par le poumon, par le tractus digestif et la peau.

III.4.2.2. Distribution et métabolisme

Le mercure élémentaire (Hg°) est oxydé dans le sang en mercure mercurique par des catalases. Une fois la volatilisation produite, cette forme de mercure est facilement absorbée par les poumons, le sang, et est systématiquement distribuée via la circulation générale (Risher et al., 2002). Etant

lipophile, une partie du mercure métal peut traverser facilement certaines barrières tissulaires, expliquant ainsi sa distribution dans le cerveau, le placenta et le lait maternel. Au sein de ces tissus, cette forme de mercure est transformée en Hg^{2+} sous l'action des catalases. Les ions mercuriques qui sont quant à eux hydrophiles n'ont pas la capacité de traverser ces barrières et s'y retrouvent piégés, entraînant ainsi une accumulation locale dans les lysosomes (Poupon, 2007). Les dérivés minéraux se fixent dans les reins et en faible quantité dans le foie, poumons, muscles, phanères (poils, ongles, dents, cheveux etc.). Du fait de sa liposolubilité, le mercure organique franchit rapidement la barrière hémato-encéphalique, mais aussi la barrière placentaire. Le cerveau est l'organe cible du mercure organique.

III.4.2.3. Excrétion

La partie non métabolisée du mercure minéral est partiellement excrétée par les reins, par la sueur, les fèces et les poumons (voies mineures). Des concentrations urinaires de mercure supérieures à 10 μg de mercure/g de créatine ont été observées chez les personnes (y compris les enfants) qui résident simplement sur les sites où s'opère l'extraction artisanale de l'or (World Health Organization, 2013). Les composés organiques s'accumulent aussi dans le lait maternel (Poupon, 2007). Le méthylmercure est excrété par voie biliaire mais, en grande partie réabsorbée dans l'intestin. Les cheveux constituent une voie d'élimination importante.

III.4.3. Toxicodynamie du mercure

L'exposition à long terme du mercure peut entraîner des maladies graves chez l'homme et chez les animaux. L'exemple le plus marquant est la catastrophe de la baie de *Minamata*, où se sont déversés pendant des années des déchets mercuriels qui ont contaminé la population locale et pollué l'environnement. La consommation fréquente de poisson contaminé, surtout en haut de chaîne trophique par le mercure peut entraîner un risque important de contamination de l'Homme, le méthylmercure est très efficacement absorbé au travers de la barrière intestinale avant de s'accumuler dans de nombreux organes comme le foie, les reins et le cerveau (Grasmick et al., 1998). La toxicité du mercure comme tout autre xénobiotique peut être aiguë et ou chronique.

III.4.3.1. Toxicité aiguë du mercure

L'exposition unique de l'homme à de fortes doses de mercure élémentaire comme sur les sites d'orpaillage, peut entraîner des céphalées, des convulsions, des troubles respiratoires pouvant conduire à la mort par asphyxie. En cas d'intoxication aiguë, la toxicité se manifeste au bout de quelques heures et les symptômes sont des irritations intenses par voies aériennes qui peuvent

évoluer vers une alvéolite hémorragique des fois mortelle (Poupon, 2007). L'intoxication aiguë par inhalation peut causer une irritation des voies respiratoires, une encéphalopathie, des troubles digestifs et une atteinte rénale modérée (INRS, 1997 *in* (INERIS, 2010)). Une intoxication aiguë par les sels de mercure peut se traduire par une insuffisance circulatoire aiguë, par des insuffisances rénales et cardiaques, mais aussi par des dommages gastro-intestinaux pouvant même provoquer la mort (INERIS, 2010).

III.4.3.2. Toxicité chronique

Des cas toxicités chroniques graves liées à l'exposition au mercure sont souvent récurrents dans les milieux professionnels où ce métal est manipulé. Dans les sites d'orpillage, l'exposition au mercure se fait pendant des années, donc de manière chronique. Ainsi, l'exposition chronique au mercure peut entraîner des maladies graves chez la communauté des orpailleurs, comme l'ataxie, salivation excessive, des maux de tête récurrents, fatigues, changements émotionnels, des toux chroniques, des tremblements, diminution immunitaire (Richard et al., 2014). Mais aussi des douleurs à la poitrine, pneumonie, défaillance respiratoire et des fibroses rapides et massives. Le mercure, plus précisément le méthylmercure est un neurotoxique puissant pour le fœtus, il cause des anomalies au développement psychomoteur de l'enfant à cause de l'exposition de la mère durant la grossesse sans que celle-ci présente des symptômes d'intoxication (Sylvaine, n.d.). D'après le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), les résultats obtenus chez l'homme ne sont pas assez convaincants pour établir la cancérogénicité du mercure et de ses composés.

III. 5. IMPACT DE L'ORPAILLAGE SUR LA VEGETATION

La teneur en métaux lourds dans le sol peut se retrouver dans les plantes. Mais cela nécessite la partie biodisponible. Cette biodisponibilité est définie comme l'aptitude d'un élément en trace à être transféré à la plante. Certains végétaux ne tolèrent pas les métaux lourds et meurent au contact de ces derniers. D'autres peuvent avoir des réactions de défense, ils freinent l'absorption des métaux lourds en sécrétant des acides qui vont augmenter le pH et réduire la mobilité des éléments traces. Les plantes hyperaccumulatrices et métallophiles, sont tolérantes aux métaux, elles ont la capacité de les accumuler et de les concentrer [4]. Une étude menée sur un site contaminé par les rejets miniers dans le Nord-ouest de la Tunisie a montré des teneurs importantes de métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) dans la partie racinaire de certains végétaux, les concentrations trouvées dans la

zone aérienne étaient plus faibles (Chakroun et al., 2006). Aucune étude n'a été effectuée sur notre zone d'étude montrant l'impact des métaux lourds sur la végétation.

La déforestation fait aussi partie des éléments incontournables observés sur les sites aurifères. Elle constitue un des impacts les plus visibles sur les sites d'orpaillages (Laperche et al., 2008). Les orpailleurs défrichent certaines zones quand ils trouvent de nouveaux sites à exploiter ou pour stabiliser leur trou avec les branches et les troncs d'arbres (Photo 2), ou même pour la construction de leur habitation. La déforestation entraîne non seulement la perte des espèces végétales, diminue les puits carbone, mais aussi pourrait favoriser l'accentuation des dépôts de mercure sur les sédiments. Les sols nus sont faciles à éroder, ce qui facilitera le transport du mercure déposé sur les sols vers les eaux de surface.

Pour cette partie, il avait été initialement d'appuyer l'évaluation de l'impact de l'orpaillage sur la végétation au niveau de la zone d'étude en faisant une analyse diachronique et une cartographie participative avec les autochtones du village. Cet objectif n'est pas pu être atteint parce qu'il n'existe pas assez d'images dans les archives.



Photo 2 : Trou avec bois des mineurs, avec bois de soutènement

III.6. EVALUATION HYDROCHIMIQUE ET IMPACT DE L'ORPAILLAGE SUR LES RESSOURCES EN EAU DE BANTAKO

III.6.1. Impact sur les eaux souterraines

Les résultats des travaux de (Ibrahima et al., 2015) et (Mall, 2017) ont été utilisés pour évaluer la composition chimique des ressources en eau dans la localité de Bantako. Les résultats utilisés pour les éléments majeurs sont issus de l'analyse de l'échantillonnage effectué en 2011.

Sur ce site, il existe deux forages, un puits et l’affluent du fleuve Gambie. Les analyses effectuées se sont portées sur un des forages et sur le fleuve. Les données des analyses hydrochimiques des ions majeurs sont représentées au niveau du tableau ci-dessous. Ces résultats montrent que tous les ions majeurs ne dépassent pas les valeurs guides de l’OMS, donc cette eau peut être caractérisée comme eau douce avec un pH élevé et un faciès bicarbonaté calcique. Ce faciès indique la signature chimique des eaux du milieu cristallin où la minéralisation est liée à l’hydrolyse des silicates qui produit des bicarbonates et libération de cation (Mall, 2017).

Tableau 4: Paramètres chimiques du forage de Bantako (Ibrahima et al., 2015)

Paramètres	T°C	Eh	O ₂	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
Concentration (mg/l)	31	49	2,4	7,3	78,2	25,4	30,1	2,8	366	37,6	4,2	6,1
Normes (OMS)	/	1000		6.5-8.5	100	50	200	12	/	250	400	50

Les éléments en trace ou encore les métaux lourds, sont le plus souvent des éléments qu’on trouve naturellement dans la croûte terrestre en faibles concentrations. L’ensemble des éléments en trace représentent 0,6 % de la croûte continentale alors que les éléments majeurs interviennent pour 99,4 % (ADEME, 2010). En dehors de la présence des éléments en trace dans les eaux qui est due à l’altération des minéraux et de leur mobilité, l’enrichissement de ces éléments dans les eaux souterraines pourrait provenir d’une source de pollution. Au niveau des sites d’exploitation minière, il est fréquent de trouver des concentrations élevées des métaux lourds comme le Nickel, l’Aluminium, le Manganèse, le Chrome, l’Arsenic, du Zinc, du Fer, du Plomb etc. Ces éléments en trace proviennent le plus souvent de l’utilisation de piles usées, d’huiles usées, de certains déchets solides et des copeaux de zinc utilisés lors de la cyanuration. Pour les éléments en trace, les résultats issus des échantillonnages de 2014 ont été utilisés (tableau 5). Les analyses se sont focalisées sur les éléments qui pourraient présenter plus de menaces sur la santé des orpailleurs (Ibrahima et al., 2015).

Tableau 5: Composition chimique des métaux lourds du forage de Bantako en $\mu\text{g/l}$ (Ibrahima et al., 2015)

Paramètres	Mn	Ni	Sr	Li	Al	As	Hg
Concentrations ($\mu\text{g/l}$)	256	bdl*	292	13	82	6	19
Norme OMS ($\mu\text{g/l}$)		20			200	10	1

*bdl : inférieur à la limite de détection de l'élément

Ces résultats montrent que tous les métaux lourds ne dépassent pas les valeurs guide de l'OMS, excepté le mercure (Burnol et al., 2006). Le mercure dissout a été analysé et la concentration est très élevée au niveau de ce site d'orpaillage. Les analyses effectuées au niveau des sites d'orpaillage situés dans le sud-est du Sénégal montrent aussi des concentrations de mercure qui dépassent la valeur de $1(\mu\text{g/l})$ aussi bien au niveau des puits traditionnels qu'au niveau des forages avec respectivement : **Tinkoto puits : $3 \mu\text{g/l}$, forage $7 \mu\text{g/l}$; Tomborokoto puits : $5 \mu\text{g/l}$; Sounkounkoun forage $13 \mu\text{g/l}$** (Ibrahima et al., 2015). Cependant, le forage de Bantako a la concentration la plus élevée en mercure au niveau des sites d'orpaillage du sud-est du Sénégal. Ceci pourrait être expliqué par le fait que l'orpaillage est très intense dans ce site avec plus de 2000 orpailleurs et que le lavage et le traitement avec le mercure se fait dans les concessions et à proximité des points d'eau. Des concentrations similaires ont été enregistrées au niveau des eaux souterraines de Veney (54) (Lorraine, France), avec un maximum de $18 \mu\text{g/l}$ et un minimum de $3.4 \mu\text{g/l}$. Mais dans ce cas, la présence de mercure dans les eaux souterraines était due à la décharge sauvage de déchets. Au niveau des sites d'orpaillage du Burkina Faso, des concentrations qui dépassent la norme préconisée par l'OMS ($1 \mu\text{g/l}$) ont été aussi enregistrées dans plusieurs forages et puits villageois (Roamba, 2014). Ces concentrations sont de l'ordre de 1.39 à $2.37 \mu\text{g/l}$.

III.6.2. Sur les eaux de surface

Le mercure perdu directement lors de la fusion de l'or et pendant le chauffage de l'amalgame est piégé au niveau du sol, de la végétation et sur les étendues d'eau. Pendant l'hivernage, ce mercure piégé dans les sédiments peut être lessivé et transporté dans les eaux de surface (figure 10).

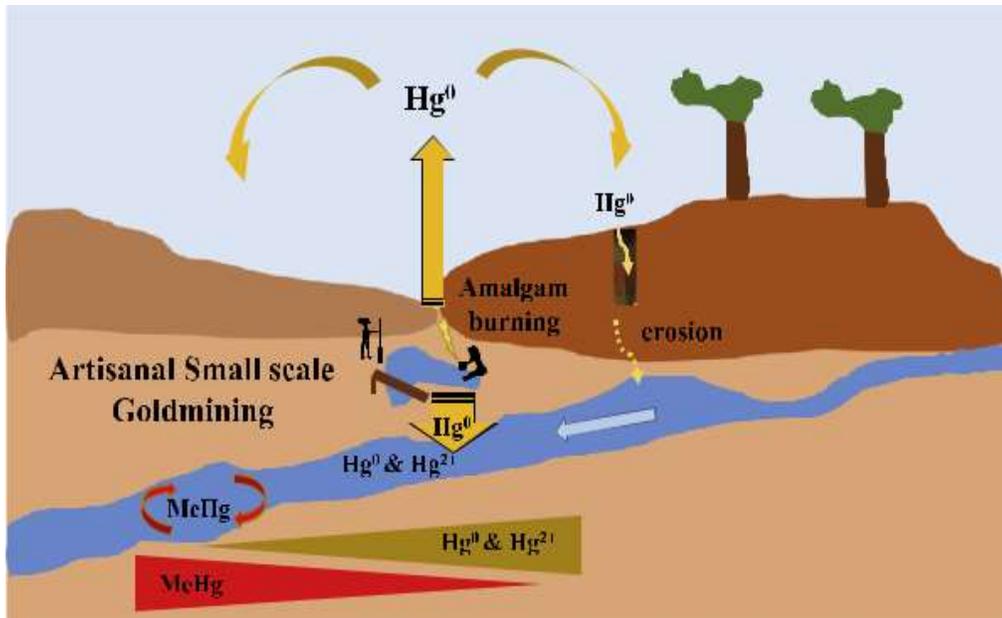


Figure 10: Processus de transfert de mercure dans les sites d'exploitation (Niane et al., 2019)

Le mercure déposé sur les toitures et autres matériels du site d'orpaillage peut aussi suivre le même processus et atteindre les eaux de surface. La présence de mercure dans les eaux douces est principalement due aux eaux de ruissellement à travers les teneurs dissoutes dans le sol, mais aussi à travers les dépôts atmosphériques (El Himri & El Himri, 2012). Les risques du transfert de mercure par ruissellement peuvent provenir de deux sources : de la phase dissoute de mercure présent dans la solution du sol ou bien par le charriage du mercure lié à de grosses particules en suspensions (Thomassin et al., 2003). Les résultats des analyses chimiques du fleuve Gambie traversant la localité de Bantako indiquent des résultats qui dépassent les normes de l'OMS (**1 $\mu\text{g/l}$**) (tableau 8).

Tableau 6: Composition chimique des métaux lourds des eaux de surface de la localité de Bantako en $\mu\text{g/l}$

Paramètres	Mn	Ni	Sr	Li	Al	As	Hg
Bantako fleuve	3	bdl*	38	0	20	4	3
Norme OMS		20 $\mu\text{g/l}$				10 $\mu\text{g/l}$	1 $\mu\text{g/l}$

*bdl : inférieur à la limite de détection de l'élément

Dans les milieux aquatiques (rivière, lac, mer), certains micro-organismes peuvent transformer le mercure en méthylmercure (MeHg) qui sera absorbé par la plupart des organismes biologiques. Le méthylmercure s'accumule ainsi dans certains organismes aquatiques et se retrouve dans la chaîne alimentaire par le biais des poissons prédateurs (fig. 11). Dans le milieu aquatique, le mercure subit

des transformations, sous l'action des micro-organismes pour donner des composés organiques comme le **méthylmercure** (Risher et al., 2002). Le méthylmercure constitue l'un des principaux métaux toxiques dans les milieux aquatiques en raison de sa capacité à se bioamplifier dans les chaînes alimentaires (Chen et al. 2005 *in Niane 2014*). Les poissons peuvent ainsi concentrer entre 80 à 90 % de méthylmercure (Faucheur, 2016). En Guyane, la pollution des eaux de surfaces par le mercure a entraîné une bioamplification du méthylmercure le long des réseaux trophiques, se traduisant par des concentrations très élevées en fin de chaînes (Grasmick et al., 1998).

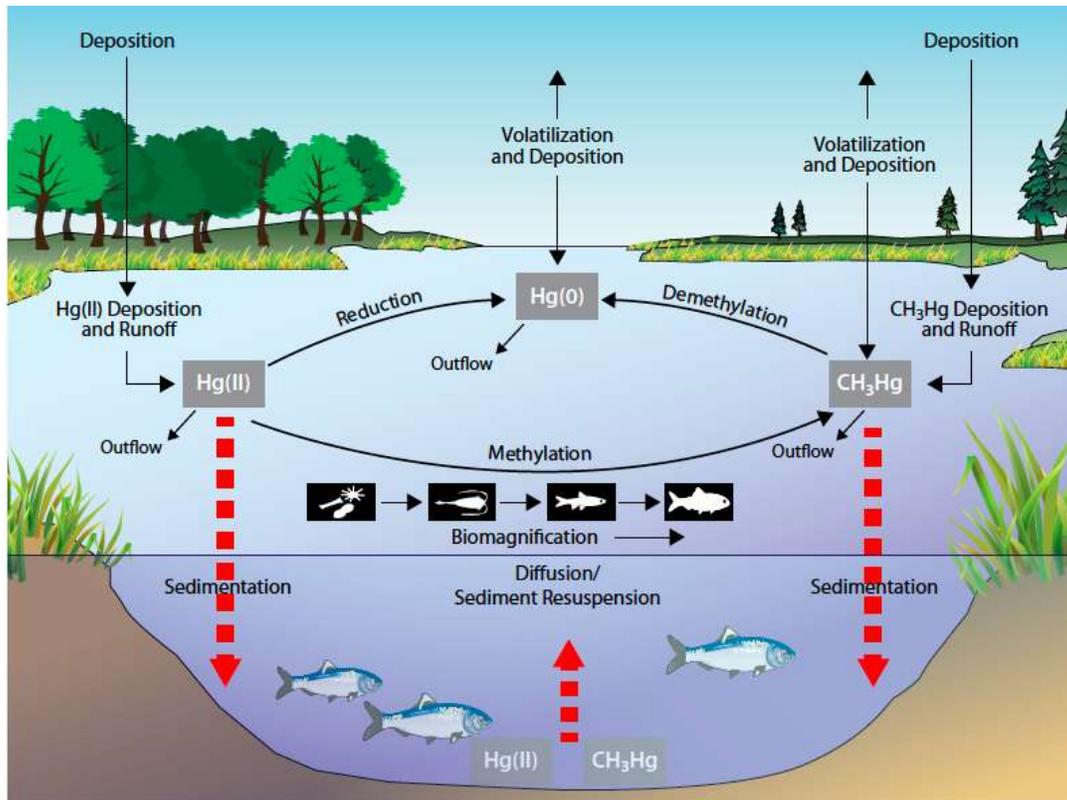


Figure 11: Cycle complexe du mercure et du méthylmercure dans le milieu aquatique (modified from Watras et Huckabee, 1994)

Niane 2014, a montré dans ses études des concentrations de mercure élevées dans les poissons et les crustacés selon leur mode alimentaire, leur taille et leur âge. Les échantillons des espèces analysées étaient collectés près des sites d'orpaillage dans le sud-est du Sénégal y compris à Bantako. Le tableau 7 représente les résultats des différents poissons analysés sur les sites d'orpaillages de Kédougou. Ces résultats indiquent des concentrations très élevées de mercure dans les différents poissons analysés qui dépassent les normes préconisées par l'OMS.

Tableau 7: Teneur en mercure dans le muscle de différentes espèces de poisson (Niane et al., 2015)

Nom scientifique des poissons analysés	n	Poids (g)	THg (mg/Kg_dw)
<i>Hepsetus odoe</i>	1	50	1.603
<i>Schilbe intermedius</i>	2	450	1.229
<i>Sarotherdon melanotheron</i>	2	175	0.498
<i>Alestes dentex</i>	1	200	0.482
<i>Oreochromis niloticus</i>	1	750	0.144
Norme : OMS/FAO			0.5

III.7. IMPACT DE L'ORPAILLAGE SUR LES SEDIMENTS DANS LA LOCALITE DE BANTAKO

L'impact de l'orpaillage sur les sédiments dans les différents sites d'orpaillage du Sud-Est du Sénégal, y compris celui de Bantako, a été étudié par (Niane et al., 2014). Les analyses ont été effectuées au niveau des sédiments fluviaux où se faisait le lavage des minerais. Les analyses se sont portées sur des prélèvements de sédiment courts de 20 à 45 cm de profondeur. Les analyses se sont effectuées sur des échantillons collectés pendant la saison sèche et la saison humide et les résultats considérés concernent seulement notre zone d'étude (tableau 8 et 9).

Tableau 8: Concentration en métaux lourds en mg/kg en saison sèche (sédiment collectés en janvier 2011)

	Profondeur (cm)	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	As	Hg	Sc
Bantako 1*	0 – 3	19	58	33	53	25	1123	9	0,61	35
	3 – 9	22	69	35	56	26	219	7	0,11	37
	9 – 15	24	70	39	61	27	228	11	0,09	39
	15 – 21	20	72	38	64	27	349	7	0,24	32
	21 – 27	26	74	41	66	28	209	6	0,24	32
Bantako 2*	0 – 3	4	34	17	16	8	114	45	4,25	5
	3 – 9	6	36	22	25	9	105	68	5,82	7
	9 – 15	6	36	23	28	14	105	64	5,99	9

15 – 21	15	55	37	47	21	196	29	2,53	18
21 – 27	13	48	32	37	18	223	19	2,91	30

Tableau 9: Concentration en métaux lourds en mg/kg en saison humide (sédiment collectés en novembre 2011)

	Profondeur (cm)	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	As	Hg	Sc
Bantako 2*	0 – 2	8,74	56,34	34,36	59,32	26,38	180,24	3,69	0,48	6,95
	2 – 4	6,16	35,68	23,38	42,58	18,78	118,05	1,75	0,34	8,22
	4 – 6	9,55	54,12	36,43	61,9	28,03	152,05	2,65	0,54	8,20
	6 – 8	11,42	61,16	40,82	65,04	31,2	157,25	2,85	0,53	17,84
	8 – 10	8,62	51,33	35,65	53,93	26,11	123,62	2,59	0,56	6,65
	10 – 12	13,41	75,51	53,46	81,86	37,66	178,33	3,32	0,54	6,88
	12 – 14	11,81	112,66	44,76	72,89	33,23	188,71	3,15	0,34	5,37
	14 – 16	6,48	91,82	25,71	41,74	19,73	115,98	2,01	0,18	7,94
	16 – 18	6,52	39,42	24,24	39,97	19,88	109,86	1,90	0,16	7,34
	18 – 20	6,48	42,14	24,86	40,25	21,26	111,01	1,52	0,13	7,78
	20 – 22	7,62	45,17	30,33	45,63	21,52	119,87	1,67	0,06	6,93
	22 – 24	12,19	67,36	107,76	69,45	31,93	177,24	2,69	0,14	8,99
	24 – 26	8,73	46,07	33,6	48,83	21,46	127,38	2,18	0,15	5,16
	26 – 28	11,11	60,21	44,8	63,67	27,7	162,22	2,83	0,12	5,04
	28 – 30	8,12	48,53	35,1	53,57	22,72	129,01	2,35	0,12	5,72
	30 – 32	7,52	42,93	30,5	43,78	20,47	111,94	1,84	0,11	7,31
	32 – 34	7,41	41,72	29,75	42,92	19,84	110,64	1,64	0,13	6,52
34 – 36	7,38	41,66	29,77	42,56	19,54	105,50	1,51	0,14	5,85	
36 – 38	9,29	51,54	36,78	53,43	25,64	130,58	2,05	0,10	5,50	
38 – 40	7,10	43,81	31,47	50,78	24,69	122,35	2,08	0,18	7,61	

Bantako 2* : site de concassage, de lavage et fusion d'or

Ces résultats montrent des taux de Thg (Mercure total) assez élevés dans le site de Bantako. Cette teneur étant plus élevée au niveau de Bantako 2 où se font la fusion et le lavage de l'amalgame. On constate aussi que cette concentration d'Hg est plus importante pour les échantillons collectés pendant la saison sèche. Ceci pourrait être expliqué par le fait que pendant la saison des pluies, une partie du mercure présent dans les sédiments est lessivée et transportée vers les eaux de surface et une autre partie peut aussi percoler dans les ressources en eau souterraine. Le mercure élémentaire et le Hg²⁺ sont les plus fréquents dans le sol. Niane a comparé les concentrations de métaux lourds obtenus sur l'ensemble des sites du Sud-Est du Sénégal avec les SQG – PEC recommandées par MacDonald et al., (2000) (Fig. 12). On constate que les concentrations de mercure et de chrome dépassent ces valeurs guides. Pendant la récupération de l'or, le Hg élémentaire utilisé pour la fusion d'Au peut être perdu directement entraînant son dépôt sur le sol

ou sur les sédiments fluviaux (Niane et al., 2019). Le rejet des eaux utilisées pour le lavage de l'amalgame contenant des résidus de mercure peut aussi se déposer sur les sédiments.

Le pH, la teneur en matière organique, le potentiel rédox, la capacité d'échange cationique, la concentration en chlorures, la composition minéralogique sont les principaux constituants qui peuvent influencer le comportement du mercure dans le sol (Thomassin et al., 2003). La concentration en THg était plus élevée dans les sédiments en grains grossiers (sableux). Cela pourrait être expliqué par le fait que les sédiments présentant plus de fines particules (limon, argile), ont une surface spécifique plus élevée, donc fixeront mieux les métaux lourds comme le THg (Thomassin et al., 2003). Pour la teneur en chrome qui dépasse les valeurs SQG – PEC, cela peut être dû à la nature géologique des roches du supergroupe de Mako qui ont des concentrations en chrome élevée (Niane et al., 2014).

En dehors du mercure présent au niveau des sédiments, l'impact de l'orpaillage se fait aussi sentir par la présence de puits à perte de vue sur les sites miniers artisanaux. La présence de puits sans remise en état de lieux peut causer plusieurs accidents surtout pour les bétails. La contamination des sols due à l'utilisation des produits chimiques, le rejet de déchet solide, la présence de puits d'extraction, réduit la disponibilité des terres cultivables et de pâturage (Bamba et al., 2015).

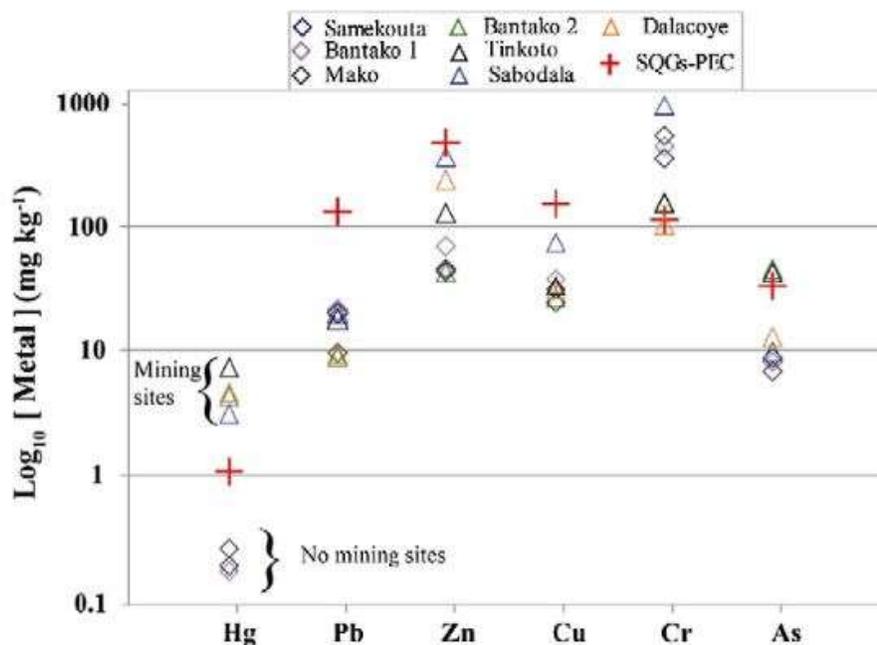


Figure 12: Comparaison des concentrations des métaux lourds avec les recommandations pour la qualité des sédiments pour les SQGs_PEC dans les eaux douces selon Macdonald et al 2000 ((Niane et al., 2014)

CHAPITRE IV : EVALUATION DE LA PERCEPTION DES ORPAILLEURS ET DES FEMMES SUR LA TOXICITE DU MERCURE ET SUR LES IMPACTS QU'IL PEUT AVOIR SUR L'ENVIRONNEMENT

Ce chapitre présente l'ensemble des résultats issus de l'enquête et les éléments de la discussion. Ces résultats qui découlent de différentes fiches d'enquête sont ainsi scindés en plusieurs sections.

IV.1. PERCEPTIONS DES ORPAILLEURS SUR LES RISQUES LIES A L'UTILISATION DU MERCURE SUR L'ENVIRONNEMENT ET SUR LEUR SANTE

IV.1.1. Présentation des résultats

IV.1.1.1. Informations générales sur les enquêtés

La description de l'échantillon est faite à partir des informations recueillies sur la nationalité, le niveau d'instruction, l'ancienneté sur le site et sur la pratique de l'orpaillage.

La figure 13 montre que le site d'orpaillage de Bantako est occupé par plusieurs nationalités avec une dominance sénégalaise. Comme décrit dans les travaux de (Doucouré, 2015a), le développement de l'orpaillage a favorisé l'arrivée de plusieurs migrants dans cette localité aurifère du Sénégal.

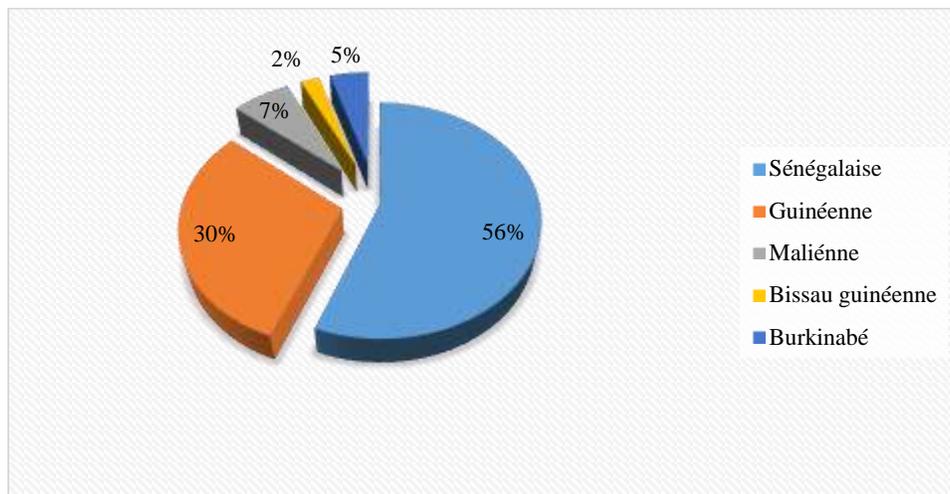


Figure 13: Répartition des enquêtés selon leur nationalité

La figure ci-après représente le niveau d'instruction des enquêtes sur le site de Bantako. On constate que 53 % des enquêtés sont non instruits. La tranche occupée par les orpailleurs scolarisés est assez élevée, elle est de 40 %, dont 19 % ont un niveau d'étude secondaire et 21 % un niveau élémentaire.

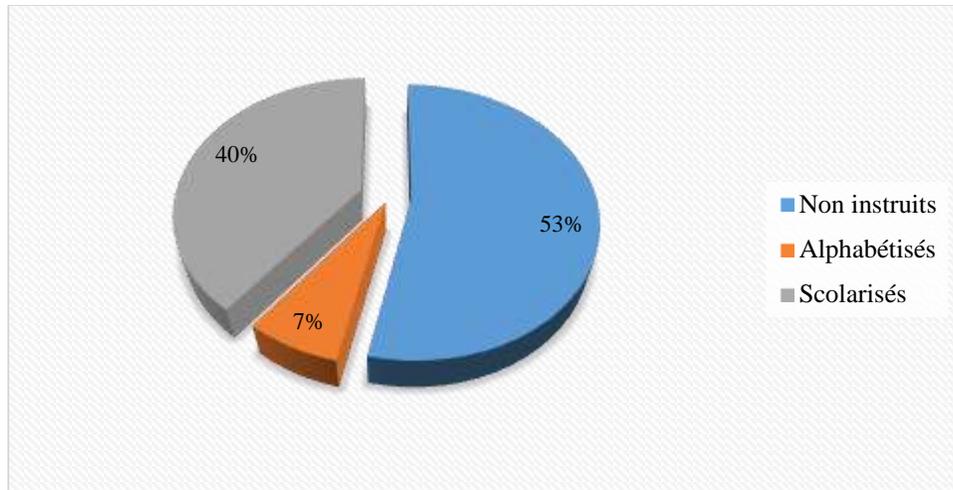


Figure 14: Répartition des enquêtés sur leur niveau d'instruction

La figure ci-dessous représente la distribution des enquêtés selon leur ancienneté sur le site. Il ressort de ces résultats que 44 % des enquêtés ont moins d'une année sur le site d'orpaillage de Bantako. Les résultats révèlent également que la plupart des enquêtés qui ont plus de 3 ans sur le site sont des autochtones.

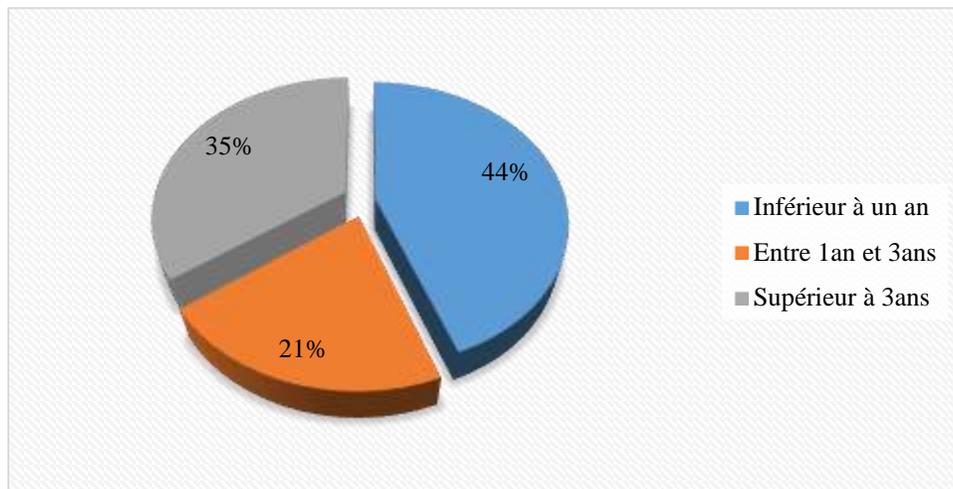


Figure 15: Répartition des orpailleurs selon leur ancienneté sur le site

IV.1.1.2. Evaluation du degré d'utilisation du mercure par les enquêtés

La figure 16 représente la répartition des enquêtés selon l'utilisation du mercure sur le site d'orpaillage de Bantako. Ces résultats révèlent que 88 % des enquêtés utilisent le mercure pour la récupération de l'or. Parmi les enquêtés qui n'utilisent pas le mercure, certains utilisent le savon

(Omo en liquide) pour le traitement de l'or et les autres ne participent pas à la phase de traitement, mais seulement à la phase d'exploration.

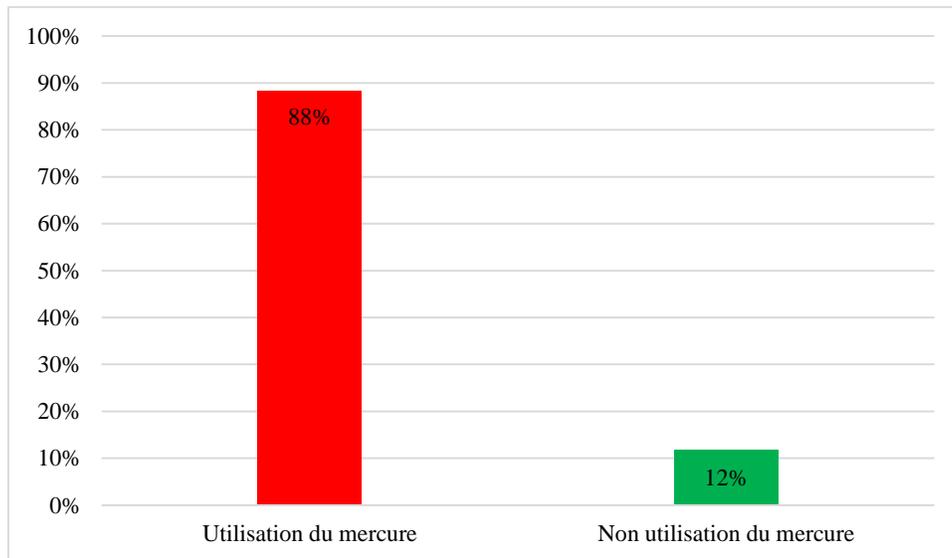


Figure 16: Répartition des enquêtés selon l'utilisation du mercure

IV.1.1.3. Perception des orpailleurs de l'impact du mercure sur l'environnement

IV.1.1.3.1. Les ressources en eau

La figure ci-après représente la perception des enquêtés sur l'impact que le mercure peut avoir sur les ressources en eau. 81 % des enquêtés disent que l'eau sera imbuvable quand elle est contaminée par le mercure. Le reste des enquêtés rapportent ne pas connaître les effets du mercure sur les ressources en eau.

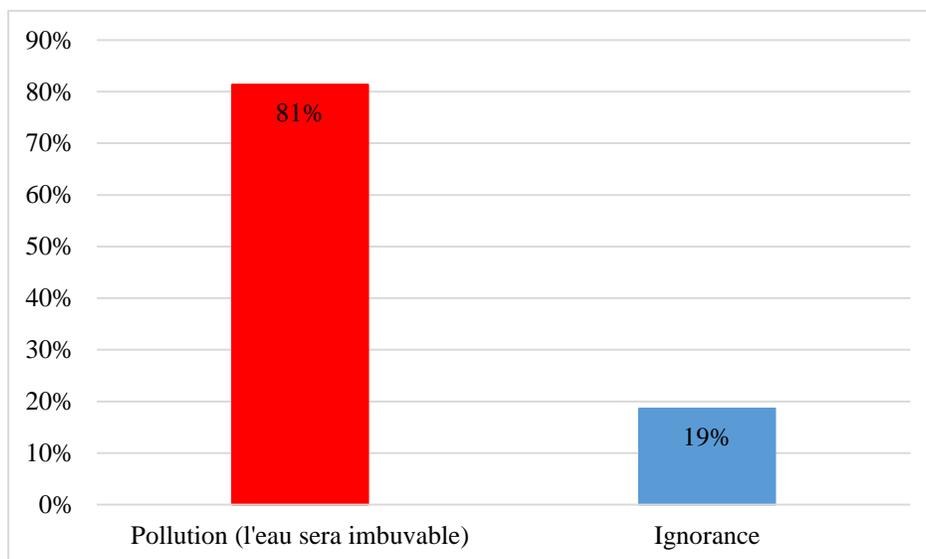


Figure 17: Répartition des enquêtés selon leur connaissance de l'effet du mercure sur les ressources en eau

IV.1.1.3.2. Le sol

La figure 18 montre la répartition des enquêtés selon leur connaissance sur l'impact du mercure sur le sol. Il est constaté que 49 % des enquêtés ignorent l'effet du mercure sur la santé et 39 % disent que le mercure dégrade le sol, s'infiltré et persiste dans le sol. Quant aux 12 % restant, ils disent que le mercure n'a aucun effet sur le sol.

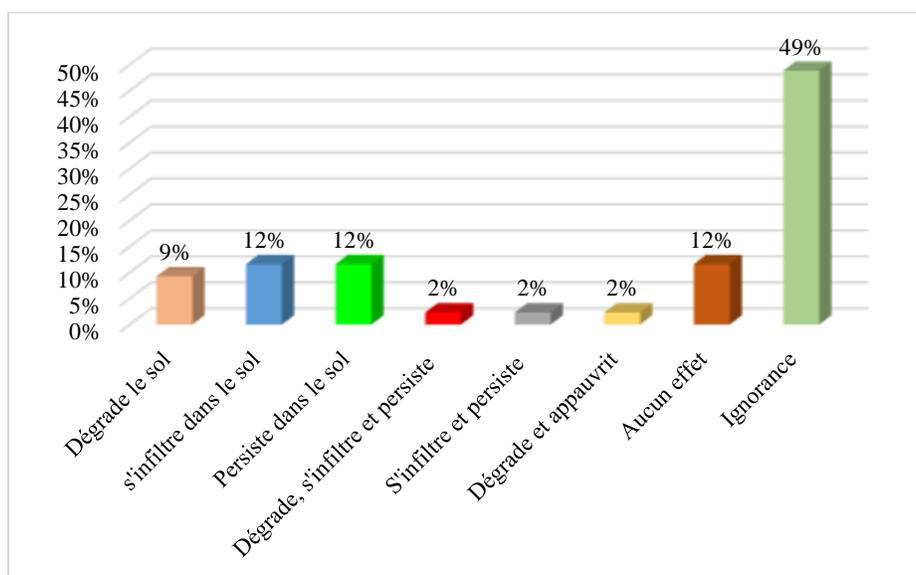


Figure 18: Répartition des enquêtés selon leur connaissance de l'effet du mercure sur le sol

IV.1.1.3.3. Les ressources aquatiques

La figure ci-dessus montre la répartition des enquêtés selon leur connaissance sur l'impact du mercure sur les ressources aquatiques. On remarque que 30 % des enquêtés disent que le rejet de mercure sur les eaux du fleuve tue les poissons. Parmi ces répondants, certains disent que « le mercure contamine les poissons, et les personnes qui consomment ces poissons ». Toutefois, 63 % des enquêtés disent ignorer les effets de ce produit sur les ressources aquatiques. En ce qui concerne le reste des enquêtés, ils rapportent que le mercure n'a aucun effet sur les ressources aquatiques.

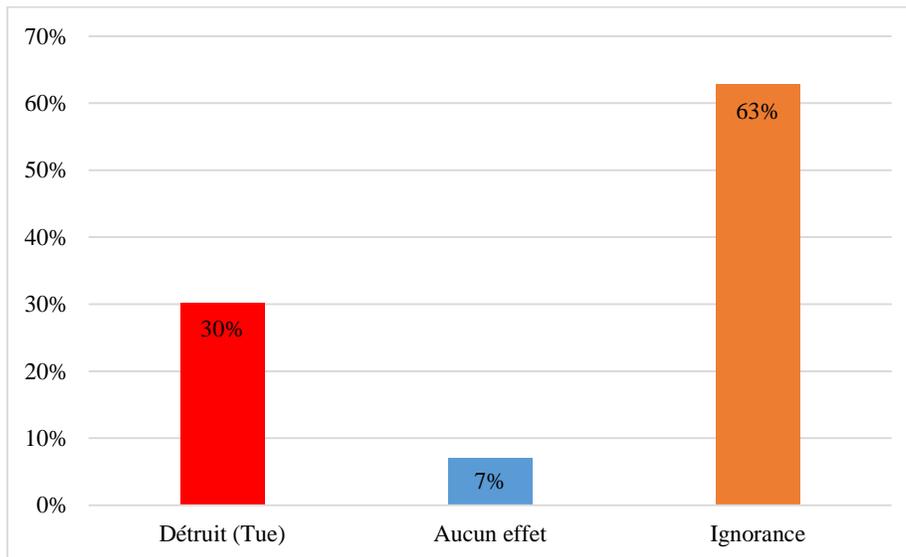


Figure 19: Répartition des enquêtés selon leur connaissance de l'impact du mercure sur les ressources aquatiques

IV.1.1.4. Perception des orpailleurs sur les risques liés à l'utilisation du mercure sur la santé

Un des objectifs de ce travail, est aussi d'évaluer la perception des orpailleurs sur l'impact du mercure sur la santé. Les résultats ci-après ont été obtenus après enquête :

IV.1.1.4.1. Impact du mercure sur la santé

Les résultats ont montré que 53 % des enquêtés sont conscients de la toxicité du mercure (Figure 20). Le reste des enquêtés ignorent l'impact du mercure sur la santé.

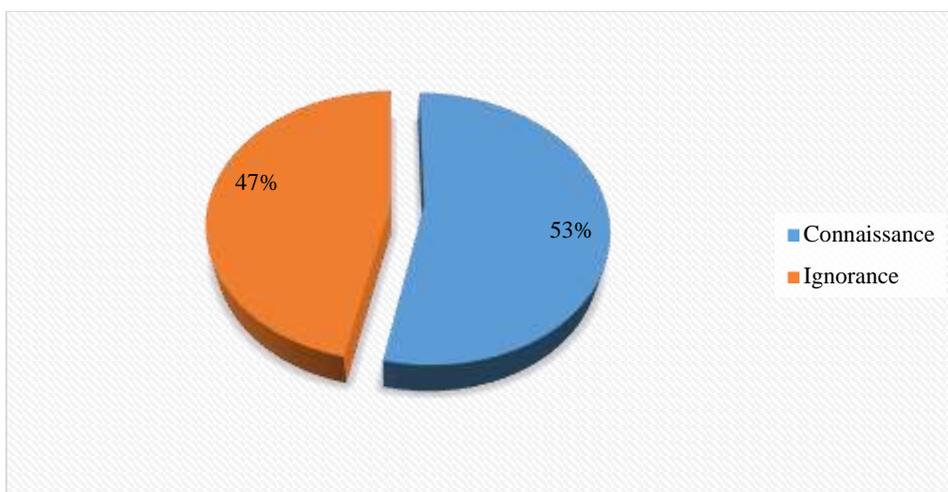


Figure 20: Répartition des enquêtés selon leur connaissance sur l'impact du mercure sur la santé

IV.1.1.4.2. Connaissance des différents risques sanitaires

On remarque d'après le graphe ci-dessous que 70 % des enquêtés ignorent les risques sanitaires du mercure. Le reste des enquêtés attribuent certains problèmes de santé à l'exposition du mercure comme : la toux, malformation des nouveaux nés, problème de peau, de poumon, maux de tête, et d'autres maladies.

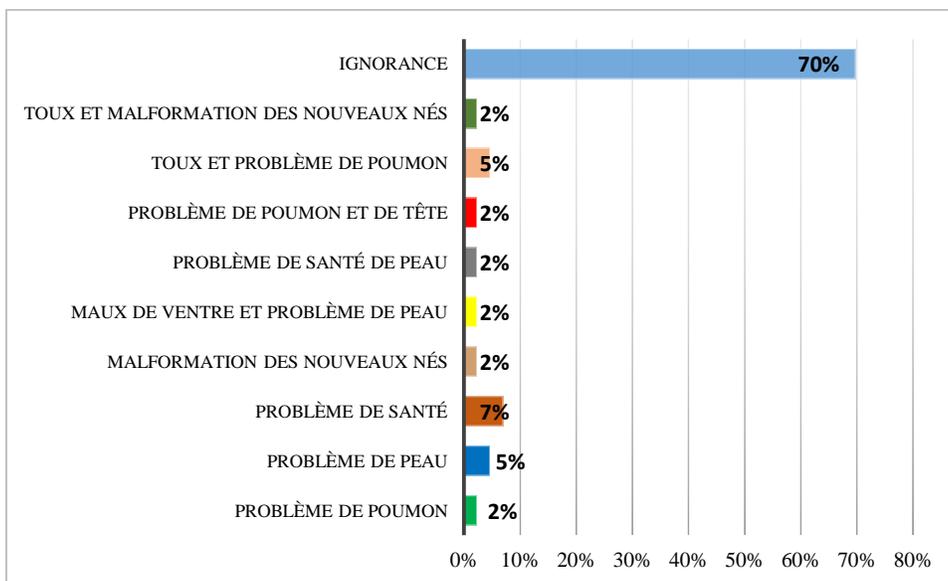


Figure 21: Répartition des enquêtés selon leur connaissance sur les différents risques sanitaire liés à l'exposition du mercure

La figure 22 représente la répartition des enquêtés en fonction des problèmes qu'ils éprouvent et qui est attribuable à l'exposition du mercure. Tous les enquêtés rapportent qu'ils n'ont pas de problèmes de santé liés à l'exposition au mercure, malgré l'ancienneté de certains sur cette

pratique. Néanmoins, 10 % des enquêtés disent connaître des orpailleurs qui ont des problèmes de santé liés à l'exposition du mercure.

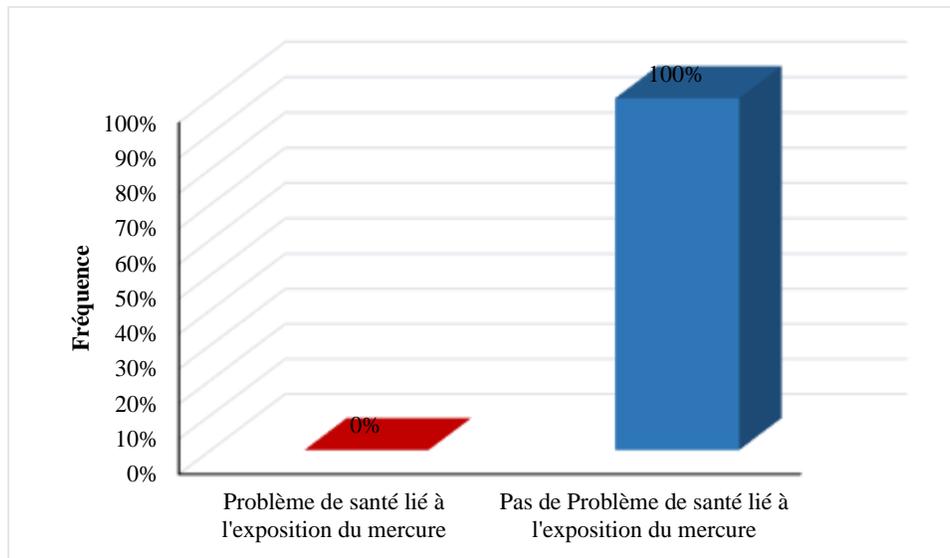


Figure 22: Répartition des enquêtés en fonction de leur problème de santé liés à l'exposition du mercure

IV.1.2. Interprétation de la perception des orpailleurs sur l'impact du mercure sur l'environnement et sur la santé

La présence du mercure sur le site d'orpaillage de Bantako est indéniable. Les résultats ont montré que 88 % des enquêtés utilisent le mercure. Les enquêtes menées par ANSD, (2018) ont aussi montré que les orpailleurs du Sud-est du Sénégal utilisent principalement le mercure pour faire le traitement de l'or. Les études menées par O'Neill & Telmer, (2017) sur des sites d'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or ont montré qu'un orpailleur peut utiliser 1 kg de mercure par jour pour le traitement de l'or. D'après (Bedidjo, 2018), l'artisan minier peut utiliser en moyenne 1.3 g de mercure par gramme d'or traité. Ces résultats montrent à quel point l'activité de l'orpaillage participe aux émissions de mercure, et donc à la dégradation de l'environnement. En plus de cela, ces émissions de mercure mettent en danger la santé des orpailleurs et de toutes les personnes qui vivent aux alentours de ces sites.

IV.1.2.1. Sur les composantes environnementales

L'analyse des principaux résultats sur la perception des orpailleurs sur l'impact du mercure sur l'environnement a permis de constater que les enquêtés ont plus de connaissance sur l'impact du mercure sur les ressources en eau, ensuite sur le sol et enfin sur les ressources aquatiques (tableau 10).

- Concernant les ressources en eau, les résultats ont montré que 81 % des enquêtés disent que le mercure peut dégrader la qualité de l'eau. Et ces répondants ont constaté aussi que le fait de boire de l'eau polluée sur les sites de travail donne de maux de ventre et la diarrhée. L'étude menée par Mall, (2015) a montré une concentration de mercure de 19 µg/l dans un forage situé sur le site de Bantako et 3 µg/l au niveau du fleuve situé sur cette localité. D'autres concentrations dépassant la valeur de 1 µg/l ont été trouvées dans les sites d'orpaillage du Burkina Faso (Roamba, 2014). O'Neill & Telmer, 2017 soulignent que le mercure perdu sur le sol peut se retrouver dans les eaux souterraines, surtout par lessivage pendant la saison pluvieuse.
- L'analyse des résultats a montré que seulement 39 % des enquêtés disent que le mercure a des impacts sur le sol. Les enquêtés ont remarqué que le mercure reste pendant très longtemps après être déversé sur le sol, donc il persiste. Les habitants des villages aux alentours des sites d'orpaillage de Kharakhena (site orpaillage du sud-est du Sénégal), ont observé les effets vicieux de l'orpaillage sur leurs terres, qui deviennent de moins en moins fertiles (Sène et al., 2019). Les analyses de sédiments effectuées sur ce site d'orpaillage de Bantako par Niane (2015), montrent des teneurs de mercure qui atteignent 6 mg/kg. A travers les résultats des enquêtes on peut déduire que la majeure partie des répondants n'ont pas de connaissance de l'impact du mercure sur le sol. Cette ignorance sur l'impact de ce produit toxique sur l'environnement, conduit à une utilisation abusive du mercure dans l'orpaillage.
- Il ressort aussi de l'analyse des résultats que 30 % des enquêtés disent que le mercure a des impacts négatifs sur les ressources aquatiques. Certains des répondants (sénégalais, maliens et guinéens), prétendent que « le mercure qu'ils utilisent n'a aucun effet sur les ressources aquatiques, par contre, c'est celui utilisé par les burkinabés qui est dangereux et tue les poissons». Des propos similaires ont été recueillis dans les enquêtes menées par (Sène et al., 2019) dans le site d'orpaillage de Tinkoto rapportant que : « Avant, on cultivait et on mangeait et maintenant, on ne cultive plus, car l'eau est contaminée par les Burkinabés et leurs activités de traitement de l'or. Si on peut interdire l'utilisation des produits, ce sera une bonne chose». Le seul mercure utilisé au niveau des sites d'orpaillage pour le traitement de l'or et la forme élémentaire Hg⁰ (Mall, 2017). Le mercure élémentaire est rejeté dans l'air, sur le sol et ainsi sur les eaux de surface et souterraine sous forme

gazeuse et liquide par les orpailleurs (O'Neill & Telmer, 2017). Ces types de réponses, pourraient permettre d'évaluer le degré d'ignorance que les orpailleurs (enquêtés) ont sur le mercure et sur ces impacts sur l'environnement, en particuliers sur les ressources aquatiques. La présence du mercure dans les milieux aquatiques constitue un phénomène récurrent dans les sites aurifères.

Tableau 10: Pourcentage de réponse sur les connaissances de l'impact du mercure sur l'environnement

Impacts sur les composantes environnementales	Ressources en eau	Sur le sol	Ressources aquatiques
Pourcentage de connaissance des impacts	81	39	30
Aucun effet	/	12	7
Pourcentage des ignorants	19	49	63

On peut constater d'après le tableau ci-dessous que la connaissance ou l'ignorance des impacts du mercure sur les composantes environnementales abordées dans ce travail n'est pas liée au niveau d'éducation. Par exemple, 90% des enquêtés instruits sont conscients que le mercure a des impacts sur les ressources en eau, et 74% des enquêtés non instruits sont également conscients de ce fait. Pour les ressources aquatiques, il y a plus d'enquêtés non instruits qui connaissent l'impact du mercure sur ces ressources.

Tableau 11: Relation entre le niveau d'éducation et les connaissances des impacts du mercure sur l'environnement

			Connaissance de l'impact du mercure sur l'eau		Connaissance de l'impact du mercure sur le sol		Connaissance de l'impact du mercure sur les ressources aquatiques		Total %
			Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	
Instruction	Non	Freq (%)	26	74	57	43	61	39	53
	Oui	Freq (%)	10	90	40	60	65	35	47
Total		Freq (%)	19	81	49	51	63	37	100

IV.1.2.2. Sur la santé

Concernant la toxicité du mercure l'analyse des résultats a montré que 70 % des enquêtés ignorent que le mercure peut avoir des impacts graves sur leur santé. Seulement 20 % des enquêtés ont cité certains problèmes de santé attribuable à l'exposition du mercure. Un des enquêtés « le vendeur de mercure », prétend que seule l'inhalation du mercure est dangereuse pour la santé, il n'y a pas de danger quand on boit de l'eau contaminée par le mercure. Même si le mercure est peu absorbé

par voie digestive, une consommation chronique d'une eau contenant de concentrations élevées pourrait être nocive pour la santé. Plusieurs problèmes de santé liés à l'exposition du mercure sont similaire à ceux cités par les enquêtés. Les résultats ont aussi montré que tous les orpailleurs enquêtés disent ne pas avoir de problème de santé lié au mercure. Par contre les enquêtes menées par (Sène et al., 2019) sur la localité de Tinkoto ont montré que 43 % des interrogés affirment avoir rencontré des problèmes respiratoires, des maux de tête, des problèmes de santé qui sont peut-être liés à l'exposition au mercure. Ces réponses recueillies sur notre site, pourraient témoigner de l'ignorance des interrogés sur la toxicité du mercure. L'entretien effectué avec la responsable du poste de santé pourrait permettre d'affirmer ces propos. En effet, la localité de Bantako ne dispose qu'un poste de santé avec des ressources financières et personnelles de santé limitées. D'après la responsable du poste, plusieurs symptômes similaires à des problèmes de toxicité de mercure ont été observés chez les orpailleurs : maux de tête (céphalées), problèmes respiratoires, toux, douleurs thoraciques, problèmes de peau, problèmes de santé chez les femmes enceinte. Cependant ces seules observations sans aucune analyse poussée ne leur permettent de confirmer leur diagnostic et d'attribuer ces symptômes aux problèmes liés à l'exposition du mercure. L'étude de Niane 2014, a montré des concentrations importantes de mercure sur les cheveux des habitants du site aurifère de Bantako. La concentration maximale a atteint 2.1 mg/kg sur les 20 échantillons analysés. Cette concentration était fonction de la fréquence de la consommation des poissons, mais aussi était plus élevée chez les femmes et les enfants. Les résultats ont également révélé que la connaissance ou l'ignorance des impacts du mercure sur la santé n'est pas liée au niveau d'éducation (Tableau 12).

Tableau 12: Relation entre le niveau d'éducation et la connaissance de l'impact du mercure sur la santé

			Connaissance de l'impact du mercure sur la santé		Total (%)
			Non	Oui	
Instruction	0	Freq(%)	52	48	53
	1	Freq(%)	40	60	47
Total		Freq(%)	47	53	100

IV.2.3. Mesures de sensibilisation effectuées sur le site de Bantako sur la dangerosité du mercure
 Les enquêtes ont montré que seulement 33 % des orpailleurs enquêtés ont reçu des mesures de sensibilisation (tableau 12). D'après les sensibilisés, les mesures se sont portées sur : **l'interdiction**

de l'utilisation du mercure sur le site, d'éviter l'inhalation du mercure, se protéger pendant les heures de travail, et les impacts négatifs de ce produit sur la santé et sur l'environnement.

Certains des enquêtés affirment l'interdiction de déverser le mercure sur le fleuve après le traitement de l'or. L'entretien effectué avec la responsable du poste de santé affirme ces propos. Certaines autorités du village (chef de village, infirmière) et orpailleurs ont été sensibilisés sur le mercure, ses impacts sur la santé et sur l'environnement.

Malgré ces mesures de sensibilisation, le mercure est toujours utilisé sur le site, et la plupart des enquêtés ignorent son impact sur l'environnement et sur la santé. Les enquêtes ont aussi montré que la majeure partie des orpailleurs interrogés ne porte pas d'équipements de protection pendant les heures de travail. L'étude de (Sène et al., 2019) a aussi révélé que 98 % des enquêtés qu'il a interrogé sur un des sites d'orpaillage du sud-est du Sénégal disent ne se protéger pendant les heures de travail.

Tableau 13: Répartitions des enquêtés ayant été sensibilisés sur le mercure

Avis des enquêtés	Effectif	Fréquence
Sensibilisés	14	33%
Non sensibilisés	29	67%
Total	43	100%

IV.2. PERCEPTIONS DES FEMMES SUR LES RISQUES LIÉS À L'UTILISATION DES EAUX CONTAMINÉES PAR LE MERCURE SUR LA SANTÉ

IV.2.1. Présentation des résultats

IV.2.1.1. Informations générales sur les enquêtées

La description de l'échantillon est basée sur la nationalité, le niveau d'instruction, l'ancienneté sur le site et la situation matrimoniale.

On constate d'après la figure ci-après que 45 % des femmes enquêtées sont des Guinéennes, avec 42 % de sénégalaises, 8 % pour les maliennes et 5 % pour les burkinabés. Les enquêtes effectuées par Sène et al., (2019), ont aussi montré une présence supérieure des femmes guinéennes sur les sites d'orpaillage.

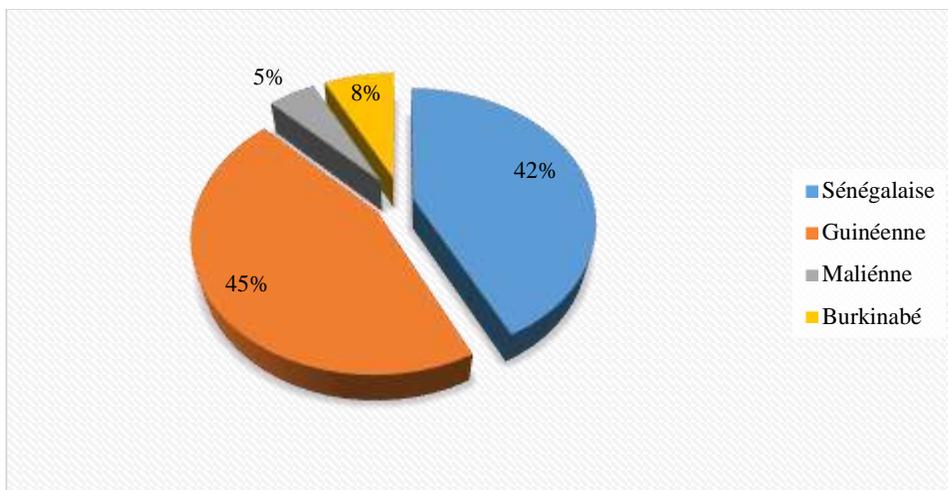


Figure 23 : Répartition des enquêtés selon leur nationalité

La figure 24 représente la répartition des enquêtées selon leur niveau d'instruction. On remarque que 67 % de ces femmes ne sont pas instruites. La plupart des enquêtées non instruites sont de nationalité guinéenne. 33 % des enquêtées restantes sont instruites.

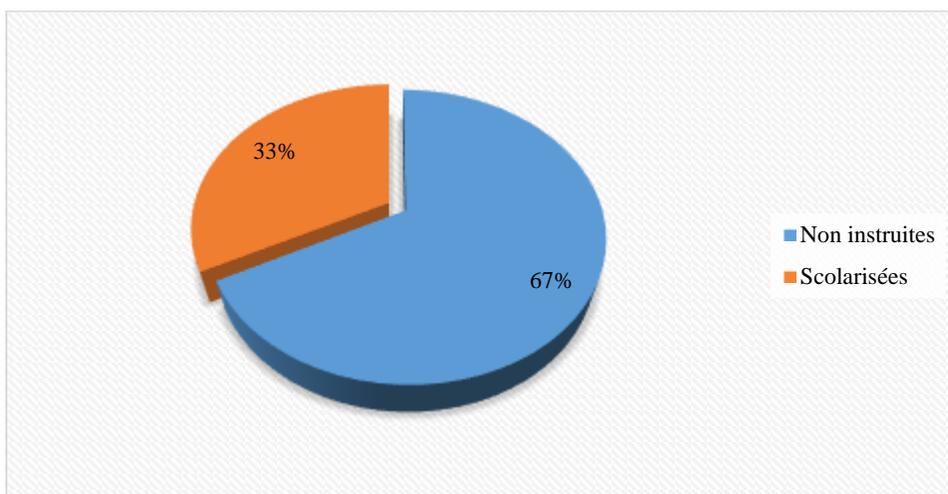


Figure 24: Répartition des enquêtés selon leur niveau d'instruction

D'après la figure ci-dessous, on constate que 58 % des enquêtées ont plus de trois années de présence sur le site d'orpaillage de Bantako, 28 % ont 1 à 3 ans et seulement 15 % ont 1 ou moins de 1 an sur le site.

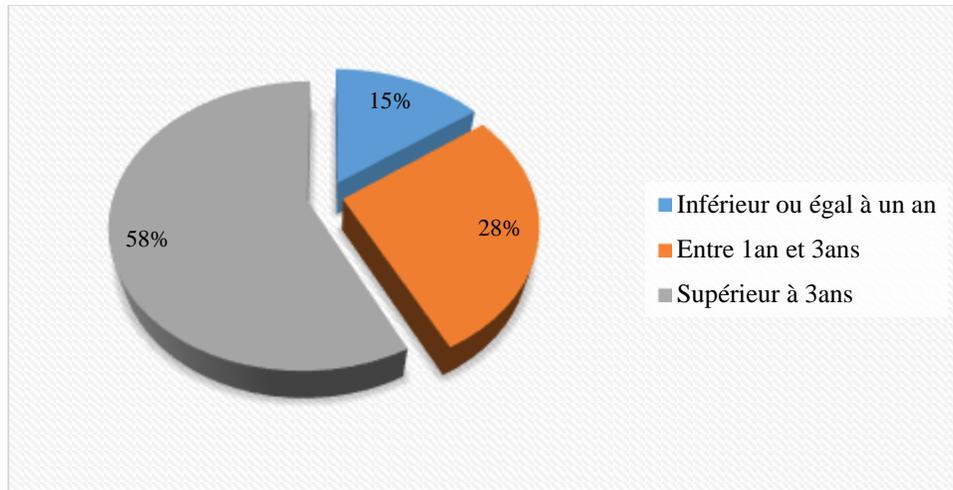


Figure 25: Répartition des enquêtées selon ancienneté sur le site

D'après la figure ci-dessous, 86 % des enquêtées sont mariées, 10 % sont des célibataires et les veuves, les divorcées sont de 2 % et les veuves occupent 3 %.

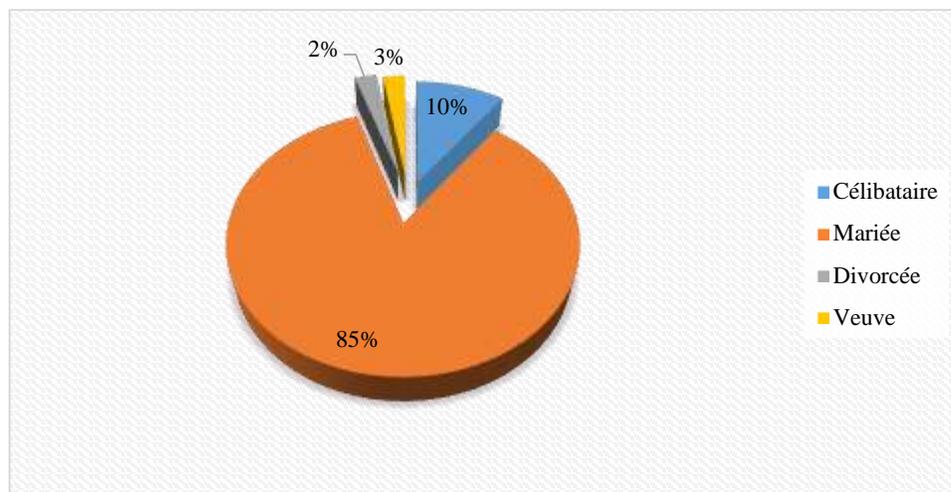


Figure 26: Répartition des enquêtées selon leur situation matrimoniale

IV.2.1.2. Les sources d'approvisionnement utilisées

La visite de terrain a permis d'identifier sur le site de Bantako trois sources d'approvisionnement :

- Deux forages, dont l'un est un forage à motricité humaine (Photo 3 A) ;
- Un puits traditionnel situé dans le village. Cependant, la qualité chimique de ce dernier est inconnue. Néanmoins, il capte la nappe phréatique (Altérite), et il se trouve à proximité des sites où se fait le traitement de l'or. Comme on peut le constater sur la photo 3 B, ce puits

est dépourvu de margelle et il est à ciel ouvert, donc il n'est pas à l'abri de toutes sources pollutions.



Photo 3 : Sources d'approvisionnement ; **A** forage à motricité humaine du village ; **B** : Puits du village de Bantako

- La dernière source d'approvisionnement utilisée est l'eau provenant du fleuve (photo 4). Cette eau est utilisée directement sans aucun traitement par les habitants de la localité.



Photo 4 : Eau du fleuve utilisée par le village de Bantako

IV.2.1.3. Les sources d'approvisionnement utilisées pour la boisson

Les résultats de l'enquête montrent que 53 % des enquêtées utilisent l'eau de forage pour la boisson. La majeure partie des enquêtées disent utiliser cette source d'approvisionnement pour sa sûreté. 18 % utilisent l'eau de puits pour son accessibilité et pour sa douceur, tandis que 23 % utilisent en même temps l'eau de forage et du puits et le reste (8 %) utilisent toutes les sources d'approvisionnement pour la boisson (fig. 27).

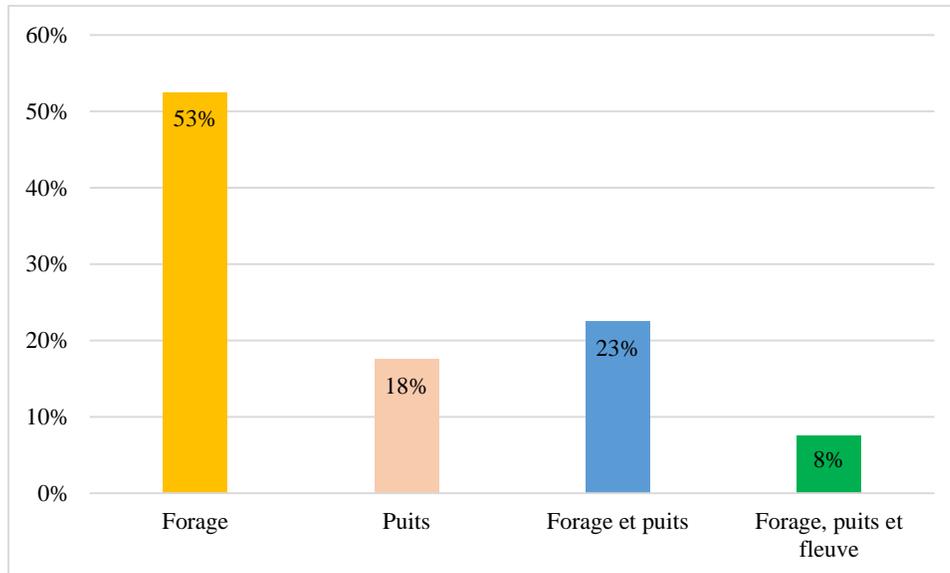


Figure 27: Répartition des enquêtées selon leur sources d'approvisionnement pour la boisson

IV. 2.1.4. Les sources d'approvisionnement pour la cuisine

On remarque d'après la figure ci-dessous 33 % des enquêtées utilisent l'eau du forage pour la cuisine, 25 % utilisent l'eau du puits, 28 % utilisent en même temps l'eau du forage et du puits, 13 % utilisent en même temps l'eau du forage du puits et du fleuve et le reste (3 %) utilisent l'eau du forage et du fleuve.

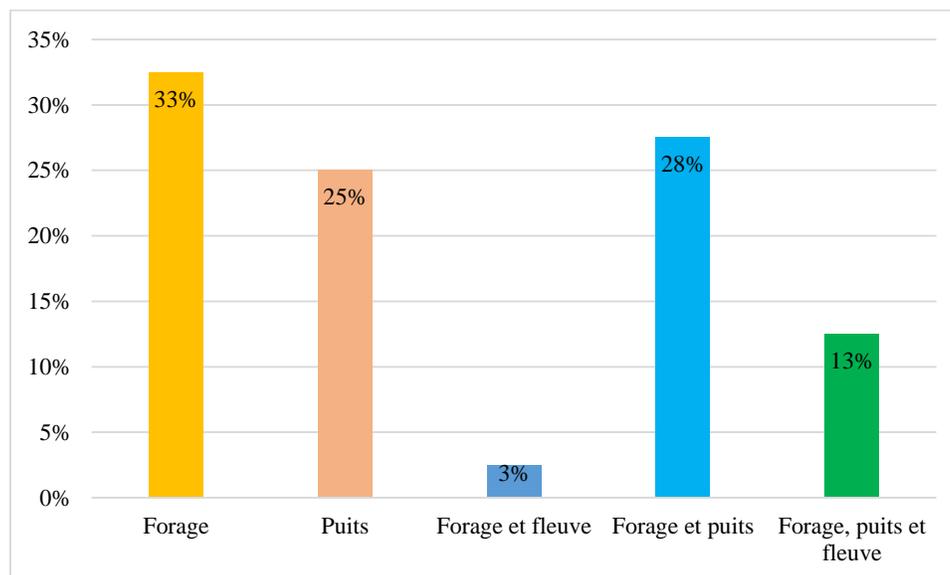


Figure 28: Répartition des enquêtées selon leur source d'approvisionnement pour la cuisine

IV.2.1.5. Evaluation de la connaissance du mercure

IV.2.1.5.1. Connaissance de l'utilisation du mercure sur le site

D'après la figure 29, on constate que 65 % des enquêtées connaissent le mercure, et toutes ces répondantes le décrivent comme un liquide blanc. 35 % des enquêtées restantes ignorent ce produit chimique.

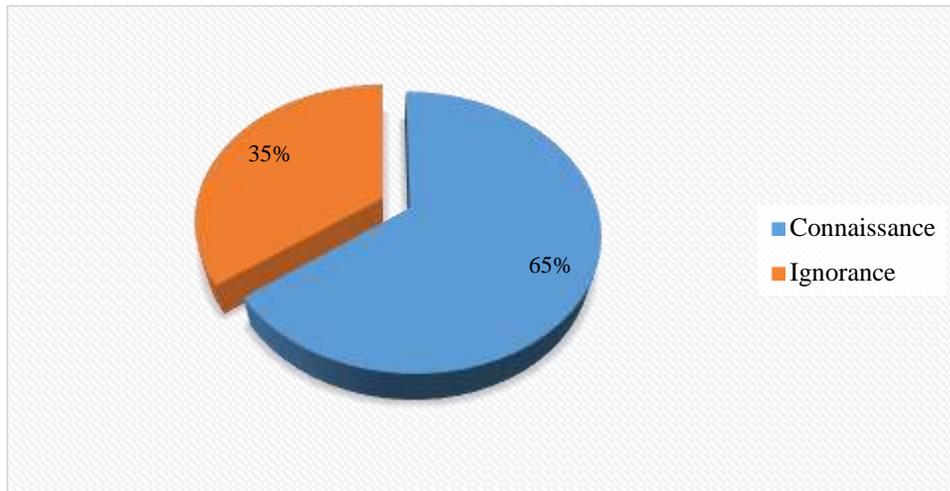


Figure 29: Répartition des enquêtées selon leur connaissance de l'utilisation du mercure sur le site

IV.2.1.5.2. Connaissance de la présence du mercure sur les différentes sources d'approvisionnement

Il est constaté que 93 % des enquêtées ignorent la présence du mercure sur les différentes sources d'approvisionnement utilisées dans la localité de Bantako (fig. 30).

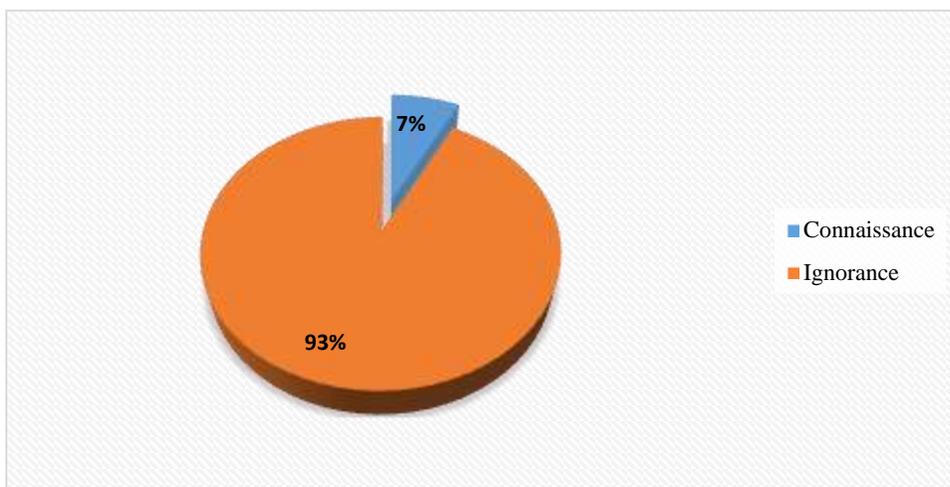


Figure 30: Répartition des enquêtées selon leur connaissance sur la présence du mercure sur les sources d'approvisionnement

IV.2.1.5.3. Connaissance des effets de la consommation d'une eau contenant du mercure sur la santé

D'après la figure ci-dessous, on remarque que 58 % des enquêtées disent que la consommation d'une eau contenant du mercure peut avoir des impacts sur la santé, et le reste des enquêtées (43 %) ignorent l'impact de la consommation de cette dernière sur la santé. D'après certaines répondantes, la consommation de cette eau peut causer plusieurs problèmes dont : des maux de ventre, des problèmes respiratoires, des problèmes de peau et d'autres problèmes de santé.

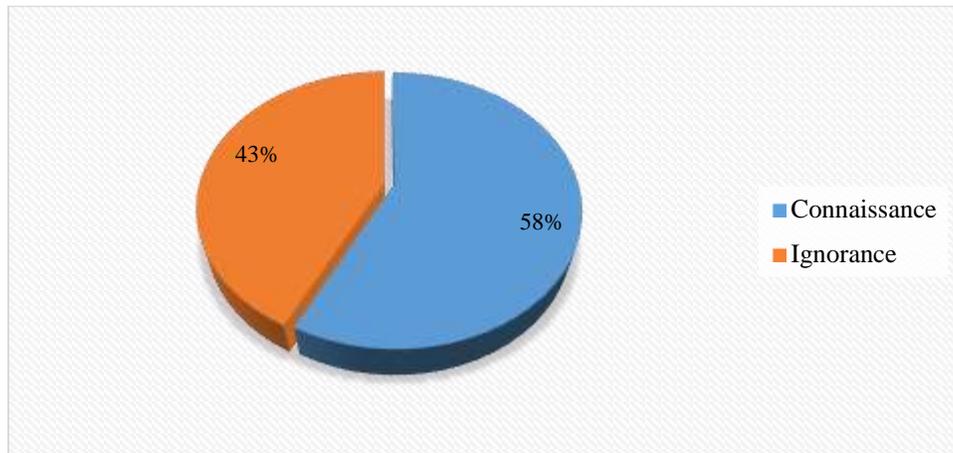


Figure 31: Répartition des enquêtées selon leur connaissance sur l'impact de la consommation de l'eau contaminée par le mercure sur la santé

IV.2.1.6. Attitude face à l'utilisation de l'eau contaminée par le mercure

Toutes les enquêtées ont la même attitude, c'est-à-dire l'arrêt de la consommation de l'eau des différentes sources, si elles étaient conscientes de sa pollution par le mercure (fig. 32).

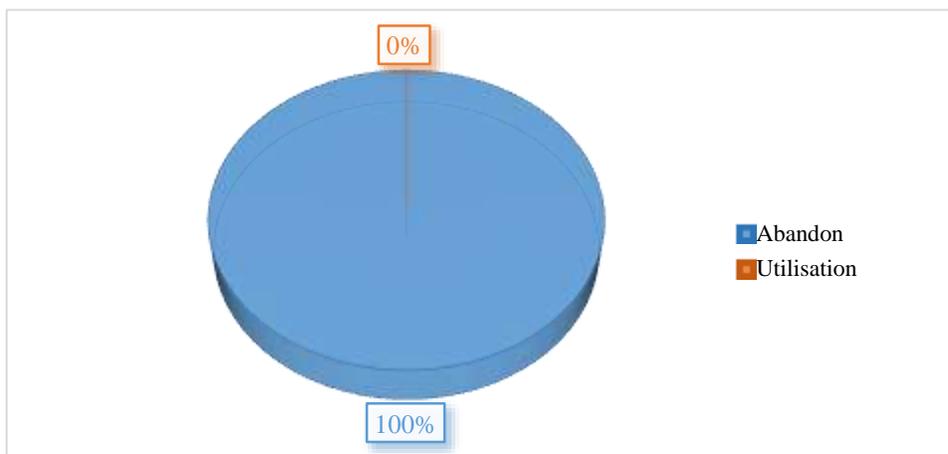


Figure 32: Répartition des enquêtées selon leur attitude par rapport à la consommation des sources d'eau polluées par le mercure

IV.2.1.6. Pratiques effectuées par les enquêtées pour la potabilisation de l'eau

IV.2.1.6. 1. Utilisation et manière de collecte de l'eau de pluie

D'après la figure ci-après, 37 % des enquêtées utilisent l'eau de pluie et elles la collectent de la même manière, c'est-à-dire en posant des bassines sous les toitures (en zinc). Le reste des enquêtées n'utilisent pas l'eau de pluie parce qu'elles disposent des toitures en paille. Cette eau collectée est utilisée pour la boisson et pour les autres besoins ménagers.

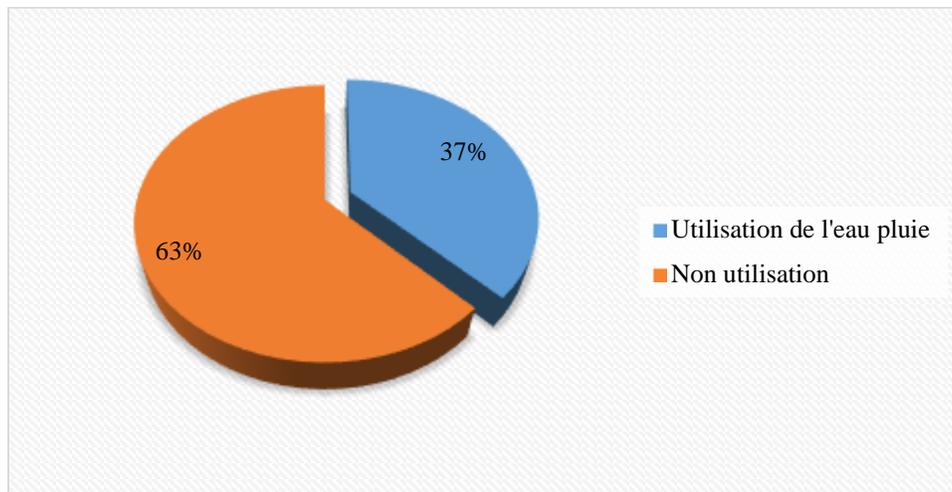


Figure 33: Répartition des enquêtées selon l'utilisation et la technique de collecte de l'eau de pluie

IV.2.1.6. 2. Techniques pour rendre la qualité de l'eau meilleure

La figure 34 indique que 82 % des enquêtées essaient de faire un prétraitement avant de boire l'eau. Les techniques les plus utilisées sont la décantation et la filtration avec un mouchoir. Le reste (18 %) des enquêtées utilisent directement l'eau après la collecte.

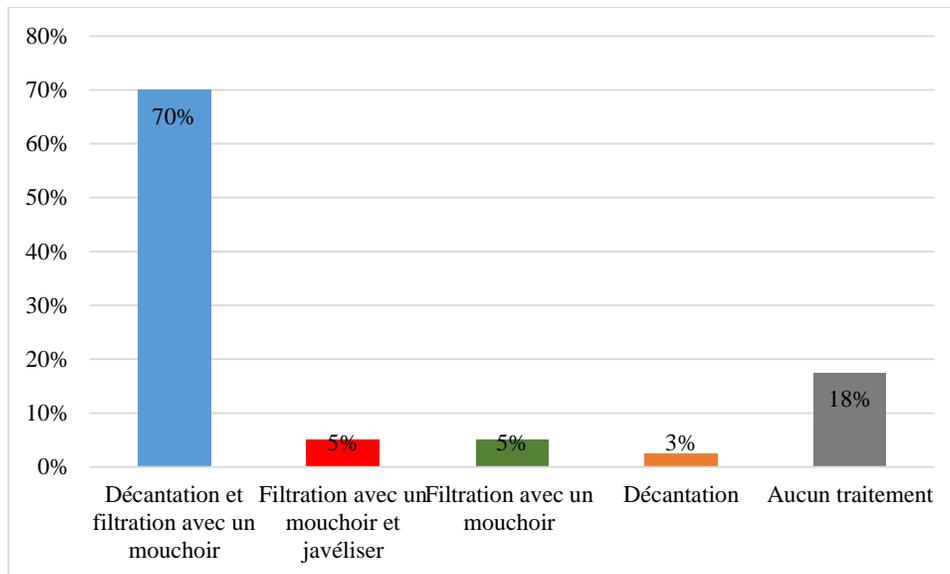


Figure 34: Répartition des enquêtées selon les pratiques de potabilisation de l'eau

IV.2.2. Interprétation sur les connaissances, les attitudes et les pratiques des enquêtées par rapport à la présence du mercure sur les différentes sources d'approvisionnement

Le tableau 11, résume le niveau de connaissance que les enquêtées ont sur le mercure, sur sa présence dans les ressources en eau et sur les impacts que la consommation de cette eau pourrait avoir sur la santé.

- Les résultats ont révélé que plus de 50 % des enquêtées connaissent le mercure et le décrivent comme un liquide blanc. Cette description prouve que les répondantes connaissent bien le mercure ou bien même elles sont habituées à le voir sur le site. Le mercure est un métal brillant, blanc argenté, très dense et liquide à température ordinaire (INERIS, 2019). Concernant sa présence dans les ressources en eau, seulement 7 % des répondantes en sont conscientes. Les deux sources d'approvisionnement utilisées ont des concentrations en mercure très élevées. L'ignorance des enquêtées sur la présence de ce produit dangereux sur les ressources en eau pourrait augmenter le degré d'exposition de ces dernières et de leur famille, surtout les enfants qui constituent la tranche d'âge la plus vulnérable. Quelques enquêtées connaissent les risques sanitaires liés à l'exposition au mercure. Ce qui montre aussi l'ignorance des enquêtées sur la toxicité de ce produit dangereux.

Tableau 14: Pourcentage de réponse sur la connaissance du mercure et de sa présence dans les sources d'approvisionnement

	Connaissance du mercure	Sa présence dans les sources d'approvisionnement	Conséquences sur la santé
Pourcentage des Connaissances du mercure	65	7	58

- Toutes les personnes ayant répondu à cette enquête, ont la même attitude, c'est-à-dire l'abandon des sources d'approvisionnement polluées par le mercure, au moins pour la boisson si elles en étaient conscientes. Cependant, l'abandon de ces principales sources d'approvisionnement nécessiterait d'avoir beaucoup de moyens pour l'achat d'eau minérale, ou bien la réalisation de nouveaux forages situés en dehors de ce site d'orpaillage ou aussi une dépollution de ces eaux.
- Toutes les enquêtées qui disposent des toits en zinc collectent l'eau de pluie pour la boisson et pour les autres travaux ménagers. Le mercure est présent dans l'air et sur les objets qui entourent les orpailleurs, même sur les toitures des maisons (Richard et al., 2014). L'utilisation de l'eau de pluie constitue une bonne pratique, mais la technique de collecte pourrait entraîner les particules de mercure déposées sur les toitures, ce qui pourrait favoriser l'augmentation de l'exposition au mercure à toutes personnes qui consomment cette eau. Presque toutes les enquêtées (82 %) ont des pratiques pour rendre la qualité de l'eau meilleure, en la décantant et en la filtrant. Ces pratiques pourront permettre l'élimination de certaines particules en suspension contenues dans l'eau, mais ne pourront pas éliminer la quantité de mercure dissoute.

Des propositions techniques ont été proposées pour réduire de manière satisfaisante la concentration des métaux lourds dont le mercure dans plusieurs études, il s'agit de :

- L'utilisation du charbon actif pour réduire jusqu'à 98 % les métaux lourds dont le mercure [2]. Ce charbon actif peut absorber plusieurs variétés de substances à partir de solution aqueuse ou de gaz. Les charbons actifs sont connus par leur pouvoir absorbant de métaux (Belkheiri, 2012). Ces origines peuvent être minérales ou végétales. Du charbon actif combiné avec des fibres de protéine extraites du lait, a été aussi testé pour la dépollution des métaux lourds présents dans l'eau. C'est un filtre qui combine la capacité de fibres à fixer les atomes métalliques avec la grande surface spécifique du charbon actif [3].

- La phytoépuration et la phytoremédiation sont aussi des techniques connues dans la dépollution des métaux lourds (Gautry & Bailly, 2012). Ce sont des techniques basées sur la capacité des plantes à extraire les polluants.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'orpaillage a favorisé le développement de plusieurs localités dans le sud-est du Sénégal, dont celle de Bantako. Cette localité fait actuellement partie des sites aurifères les plus actifs dans la région de Kédougou. L'orpaillage est pratiqué de manière intense dans ce village avec l'utilisation du mercure pour le traitement de l'or.

Cette étude a permis de faire une synthèse bibliographique sur certains problèmes environnementaux occasionnés par l'orpaillage en général et par le mercure en particulier. Cette synthèse a décelé la présence de teneur importante en mercure dans les sédiments, les ressources en eau (souterraine et surface) et au niveau des ressources aquatiques. Elle a aussi décelé des concentrations importantes de mercure dans les cheveux de la population. En plus du mercure élémentaire utilisé pour former l'alliage or-mercure, la population de Bantako est exposée au méthylmercure à cause de la consommation de poissons contaminés par les rejets mercuriels. Cette exposition peut entraîner des effets indésirables sur la santé comme les troubles rénaux, auto-immuns et neurologiques.

L'évaluation de la perception des orpailleurs sur le mercure a révélé que ces derniers connaissent plus l'impact de ce produit sur les ressources en eau que sur les autres composantes environnementales abordées dans cette étude. L'impact que le mercure peut avoir sur les ressources aquatiques est mal connu par les orpailleurs. Par ailleurs, certains orpailleurs pensent que seul le mercure utilisé par les burkinabés peut impacter les ressources aquatiques. Pour les risques sanitaires, 70 % des enquêtés disent que l'utilisation du mercure, surtout son inhalation est dangereuse pour la santé. Tous les enquêtés déclarent ne pas avoir de problèmes de santé liés à l'exposition du mercure. Le manque de personnel de santé qualifié pour établir un diagnostic des effets de l'exposition au mercure.

Cette étude a également permis d'évaluer les connaissances, attitudes et pratiques des femmes par rapport à l'utilisation du mercure, sa présence dans les ressources en eau et l'impact que son utilisation sur la santé humaine. Les résultats ont montré que plusieurs enquêtées connaissent le mercure mais, ignorent sa présence dans les différentes sources d'approvisionnement en eau. Les pratiques (décantation, filtration), développées par ces femmes, pourraient permettre d'éliminer certains éléments en suspensions présents dans les eaux utilisées mais, pas le mercure.

L'Etat du Sénégal a élaboré un plan d'action national visant à interdire de manière progressive l'utilisation du mercure d'ici 2024 au niveau des sites d'orpaillage conformément à la convention de Minamata. Il est aussi important de renforcer ces mesures pour pouvoir résoudre cette problématique de l'utilisation du mercure dans le Sud-Est du Sénégal :

- L'Etat doit disposer tout d'abord des informations complètes sur le commerce du mercure et de ces différentes portes d'entrée dans le Sud-est du Sénégal en général et dans le site d'orpaillage de Bantako en particulier ;
- Faire un état des lieux sur le mercure et sur les dommages environnementaux et sanitaires déjà causés sur les sites d'orpaillage. Ceci pourrait faciliter les mesures de sensibilisation et de dégager une stratégie d'introduction des nouvelles techniques n'utilisant pas ou très peu de produits chimiques ;
- Il est important que l'Etat essaye de trouver de nouvelles sources d'approvisionnement en eau ou, au moins, de dépolluer les sources existantes afin de limiter l'exposition de la population au mercure ;
- Engager une politique de sensibilisation au niveau des communautés d'orpailleurs sur l'impact du mercure. Ces mesures de sensibilisation pourront s'orienter vers les différents impacts du mercure sur les ressources en eau, aquatiques, le sol et l'air. Axer cette sensibilisation sur certaines personnes clés comme les vendeurs de mercure qui, par leur biais le mercure est présent sur les sites, les Tomboloma (personnes en charge de la sécurité des sites), et les Dougoutigui (le chef du village qui représente l'autorité la plus haute sur les sites d'exploitation).
- Interdire le lavage pendant le traitement au niveau des eaux de surface, tout rejet de mercure sur le sol, afin de limiter la contamination des nappes et des eaux de surface, le brûlage de l'amalgame à l'air libre et dans les zones résidentielles ;
- Former certains élus locaux comme les enseignants sur la dangerosité du mercure et de ces différents impacts environnementaux et risques sanitaires qu'il peut entraîner. Intégrer des mesures de sensibilisation au niveau des écoles, qui permettrait de sensibiliser les élèves dès le bas âge.
- Améliorer la connaissance des femmes (surtout les femmes enceintes) du site d'orpaillage de Bantako sur la toxicité du mercure et de ses impacts sur les enfants qui constituent la tranche de population la plus vulnérable. Améliorer aussi leur connaissance

sur la présence du mercure dans l'environnement, surtout sur les ressources eau afin de permettre à ces femmes d'adopter d'autres habitudes, comme ne pas donner l'eau polluée aux enfants en stade de développement ;

- Renforcement les capacités des orpailleurs et de tous les acteurs impliqués sur la gestion du mercure et sur d'autres procédés permettant d'extraire l'or sans utilisation de produit chimique ;
- Former pour les agents de santé, sur le diagnostic des symptômes liés à l'exposition au mercure, afin de pouvoir surveiller l'état de santé des orpailleurs et de la population environnante ;
- Sensibiliser les orpailleurs sur l'importance du port des équipements de protection pendant les heures de travail.

Références bibliographiques

- Abigail, H. (2012). Enquêtes sur les connaissances , attitudes et pratiques en matière de protection de l ' enfant. *Guide Des Programmes de Protection de l'enfant Pour Concevoir et Appliquer Pas-à-Pas Les Méthodes d'enquête CAP.*
- ANSD/SRSD. (2018). *Rapport De L'Etude Monographique Sur L'Orpaillage Au Senegal.*
- ANSD. (2018). *Rapport De L ' Etude Monographique Sur L'Orpaillage Au Sénégal.*
- Bamba, O., Souleymane, P., SAKO, A., KAGAMBEGA, N., & MININGOU1, M. Y. W. (2015). Impact De L ' Artisanat Minier Sur Les Sols D ' Un Environnement Agricole Aménagé Au Burkina Faso. *Université de Ouagadougou, Département Des Sciences de La Terre, 09 BP 848 Ouagadougou 09 ; Université de Dédougou Burkina Faso, August.*
- Bedidjo, A. (2018). *Etude sur l ' orpaillage et l ' utilisation du mercure dans l ' exploitation minière artisanale en Ituri.*
- Belkheiri, D. (2012). Contribution à l'étude de l'adsorption de métaux lourds sur un charbon actif végétale: le grignon d'olive. *Université Des Sciences et de La Technologie Houari Boumediene. Faculté de Génie Mécanique et de Génie Des Procédés. Département de Génie de l'Environnement.*
- Blazy, P., Jdid, E.-A., & Yvon, J. (2007). Fragmentation appliquée aux minerais métalliques. *Ref: TIP452WEB - "Opérations Unitaires. Génie de La Réaction Chimique."*
<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/operations-unitaires-tri-et-traitement-des-liquides-et-des-solides-42446210/fragmentation-appliquee-aux-minerais-metalliques-j3052/>
- Bohbot, J. (2017). L'orpaillage au Burkina Faso : une aubaine économique pour les populations, aux conséquences sociales et environnementales mal maîtrisées. *EchoGéo, 42, 0–19.*
<https://doi.org/10.4000/echogeo.15150>
- Burnol, A., Duro, L., & Grive, M. (2006). Eléments traces métalliques/Guide méthodologique. *Ineris, 136.*
- Chakroun, H. K., Souissi, F., A, B. M., Souayah, N., Chaïbi, W., Abdeljaoued, S., Tunis, U. De, Manar, E., Tunis, S. De, & Géologie, D. De. (2006). *Etude minéralogique et géochimique des*

rejets miniers du district de Jebel Hallouf-Sidi Bou Aouane (Nord-Ouest de la Tunisie) : impact sur le sol et la végétation. 1, 185–201.

Dabo, M. (2011). *Tectonique et minéralisations aurifères dans les formations birimiennes de Frandi-Boboti, boutonniere de Kedougou-Kenieba, Senegal.*

Diouf, S. (1999). Hydrogéologie en zone de socle cristallin et cristallophyllien du Sénégal Oriental: Application de la méthode électrique 1D et 2D à la localisation et à la caractérisation des aquifères du batholite de Saraya et ses environs. In *Université Cheikh Anta Diop de Dakar.*

Doucouré, B. (2015a). *De Bantako aux autres villages aurifères : des similitudes multiples.* 121–162.

Doucouré, B. (2015b). *Des pierres dans les mortiers et non du maïs! Mutations dans les villages aurifères du sud-est du Sénégal.* 188 p(Dakar, CODESRIA), 45–120.

El Himri, M., & El Himri, A. (2012). Évaluation Analytique Pour Le Dosage Du Mercure Dans L'Eau. *Annales de Toxicologie Analytique*, 24(3), 153–158. <https://doi.org/10.1051/ata/2012019>

Faucher, S. Le. (2016). L'impact du mercure sur les écosystèmes aquatiques. *Ecoscope, March*, 1–4. <https://www.researchgate.net/publication/296905994%0AL'impact>

Faustsh Y, G. P. (2014). Guidelines for assessing nutrition-related Knowledge, Attitudes and Practices manual. In *Control*. <https://doi.org/10.3354/ame037063>

Gautry, J.-Y., & Bailly, A. (2012). *Phytoremédiation et phytoépuration : de nouvelles perspectives pour les taillis à courtes rotations.* 1–15.

Grasmick, C., Cordier, S., Fréry, N., Boudou, A., & Maury-Brachet, R. (1998). La pollution mercurielle liée à l'orpaillage en Guyane : contamination des systèmes aquatiques et impact sanitaire chez les Amérindiens du Haut-Maroni. *Journal d'agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 40(1), 167–179. <https://doi.org/10.3406/jatba.1998.3667>

Ibrahima, M., Moctar, D., Maguette, D. N., Diakher, M. H., Malick, N. P., & Serigne, F. (2015).

- Evaluation of Water Resources Quality in Sabodala Gold Mining Region and Its Surrounding Area (Senegal). *Journal of Water Resource and Protection*, 07(03), 247–263. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2015.73020>
- INERIS. (2010). *Mercuré et ses dérivés*. 1–76.
- INERIS. (2019). *Mercuré: informations générales*. 1–24.
- Kiemtore, I. (2012). *IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ENTAUX ET RISQUES SANITAIRES DE L'EXPLOITATION ARTISANALE DE L'OR : CAS DU SITE AURIFERE DE BOUERE DANS LA PROVINCE DU TUY (BURKINA FASO)*.
- Lachassagne, P., Wyns, R., Bérard, P., Bruel, T., Chéry, L., Coutand, T., Desprats, J. F., & Le Strat, P. (2001). Exploitation of high-yields in hard-rock aquifers: Downscaling methodology combining GIS and multicriteria analysis to delineate field prospecting zones. *Ground Water*, 39(4), 568–581. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2001.tb02345.x>
- Laperche, V., Nontanovanh, M., & Thormassin, J. . (2008). *Synthèse critique des connaissances sur les conséquences environnementales de l'orpaillage en Guyane*. 76.
- Le Mignot, E. (2014). Les gisements d'or comme témoins de l'histoire géologique du craton ouest-africain - Apports de la datation. *Université de Lorraine GeoRessources UMR 7359, 54506 Vandœuvre-Lès-Nancy, France. Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques UMR 7358, 54500 Vandœuvre-Lès-Nancy, France Ecole Doctorale RP2E (Ressources, Procédés, Produits et Environnement) Colle*.
- MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G., & Berger, T. A. (2000). Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39(1), 20–31. <https://doi.org/10.1007/s002440010075>
- Mall, I. (2017). Titre Evaluation des ressources en eau dans le Sénégal oriental : Apports des outils Géochimiques, Géostatistiques, de la Télédétection et des SIG. *Ecole Doctorale « Eau, Qualité et Usages de l'Eau » FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES. UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR, 203*.
- Mokam, S., Aurelie, B., & Cyrille, T. M. (2001). *Impact de l'exploitation artisanale de l'or sur*

les populations de Kambélé , Région de l ' Est Cameroun.

- Niane, B. (2014). Impacts environnementaux liés à l ' utilisation du mercure lors de l ' exploitation artisanale de l ' or dans la région de Kédougou (Sénégal oriental). *Genève Atelier de Reprographie ReproMail.*
- Niane, B., Guédron, S., Feder, F., Legros, S., Ngom, P. M., & Moritz, R. (2019). Impact of recent artisanal small-scale gold mining in Senegal: Mercury and methylmercury contamination of terrestrial and aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, 669, 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.108>
- Niane, B., Guédron, S., Moritz, R., Cosio, C., Ngom, P. M., Deverajan, N., Pfeifer, H. R., & Poté, J. (2015). Human exposure to mercury in artisanal small-scale gold mining areas of Kedougou region, Senegal, as a function of occupational activity and fish consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(9), 7101–7111. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3913-5>
- Niane, B., Moritz, R., Guédron, S., Ngom, P. M., Pfeifer, H. R., Mall, I., & Poté, J. (2014). Effect of recent artisanal small-scale gold mining on the contamination of surface river sediment: Case of Gambia River, Kedougou region, southeastern Senegal. *Journal of Geochemical Exploration*, 144(PC), 517–527. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.03.028>
- O'Neill, J. D., & Telmer, K. (2017). *Estimer l'utilisation du mercure et identifier les pratiques de l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or (EMAPE)*. Genève, Suisse: ONU-Environnement. ISBN 978-1-7752254-2-3. Estimation.
- PAN. (2019). *Plan d ' Action National visant à réduire et éliminer l'usage du mercure dans l'extraction minière artisanale et à petite échelle d'or au Sénégal*. 1325(2000).
- Poupon, J. (2007). L'exposition au mercure en 2007: Toxicité et prise en charge. *Revue Francophone Des Laboratoires*, 2007(390), 51–56. [https://doi.org/10.1016/S1773-035X\(07\)80182-1](https://doi.org/10.1016/S1773-035X(07)80182-1)
- Richard, M., P. M., & K., T. (2014). *Problèmes de santé liés à l ' orpaillage et à l ' exploitation minière artisanale: Formation pour professionnels de la santé, (Version 1.0)*, Artisanal Gold Council, Victoria, BC. ISBN: 978-0-9939459-1-5.

- Risher, J. F., Murray, H. E., & Prince, G. R. (2002). Organic mercury compounds: Human exposure and its relevance to public health. *Toxicology and Industrial Health*, 18(3), 109–160. <https://doi.org/10.1191/0748233702th138oa>
- Roamba, J. (2014). Risques environnementaux et sanitaires sur les sites d'orpaillage au Burkina Faso : Cycle de vie des principaux polluants et perceptions des orpailleurs (cas du site Zougnazagmligne dans la commune rurale de Bouroum, Région du Centre-Nord). *Katalog BPS*, 71. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Sène, C. M., Dione, A. N., Poggio, L., Jurt, L., Romero, Z. A., Boukare, B., & Jusselme, D. (2019). *Les "Fièvres aurifères au Sud-Est du Sénégal" Profils et dynamiques migratoires*. Organisation Internationale pour les Migrations (OIM).
- Sylvaine, C. (n.d.). *Effets de reexposition au mercure sur le développement de renfant*.
- Théveniaut, H., Ndiaye, P. M., Buscail, F., Couëffé, R., Delor, C., Fullgraf, T., & Goujou, J.-C. (2010). Notice explicative de la Carte Géologique du Sénégal Oriental du Sénégal oriental à 1/500 000. *Ministère Des Mines, de l'Industrie, de l'Agro-Industrie et Des PME, Direction Des Mines et de La Géologie, Dakar*.
- Thomassin, J. F., Touzé, S., & with the collaboration of Baranger Ph. (2003). Le mercure et ses composés Comportement dans les sols , les eaux et les boues de sédiments. *Brgm/Rp-51890-Fr*, 119.
- World Health Organization. (2013). *L'exposition au mercure et ses conséquences sanitaires chez les membres de la communauté de l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or (ASGM)*. 5–8. http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury_asgm_fr.pdf
- Wuilleumier, A., Théveniaut, H., Mall, I., & Ndiaye, P. M. (2010). Notice explicative de la Carte hydrogéologique à 1/500 000 du Sénégal Oriental du Sénégal oriental. *Ministère Des Mines, de l'Industrie, de l'Agro-Industrie et Des PME, Direction Des Mines et de La Géologie, Dakar*.

[1] : <https://www.orobel.biz/information/monde-mines/techniques-mines-or/or-cyanuration-cyanurisation-or>. Consulté le 25 juillet 2020 à 20h.

[2]: <https://www.lenntech.fr/metaux-lourds.htm>. Consulté le 11 juillet 2020 à 19h

[3] : <https://www.usinenouvelle.com/article/filtres-legers-pour-metaux-lourds.N376904>. Consulté le 11 juillet 2020 à 20h

[4] : <https://www.senat.fr/rap/100-261/100-26188.html>. Consulté le 17 juillet 2020 à 16h

[5] : <http://www.fo.gouv.sn/spip.php?article8767#:~:text=DECRET%20n%C2%B0%202010%2D1281%20du%2016%20septembre%202010%20r%C3%A8glementant,mercure%20et%20de%20ses%20compos%C3%A9s>. Consulté le 23 juillet 2020 à 13h.

ANNEXES

QUESTIONNAIRE POUR LES ORPAILLEURS

INFORMATIONS SUR L'ENQUETE(E)

Nom et Prénom :

Age Nationalité..... Ethnie.....

Ancienneté sur le site.....

Appartenez-vous à des groupements ? Oui Non

Si oui lesquels.....

.....

Situation matrimoniale :

Célibataire Marié(e) Divorcé(e) Veuf (ve)

Niveau d'instruction :

Non instruit(e) alphabétisé(e) Scolarisé(e)

Si scolarisé(e), quel est votre niveau d'étude ?

La taille du ménage.....

Nombre d'enfant à charge

Nombre d'enfants scolarisés Nombre d'enfants non scolarisés

Pourquoi ces enfants ne sont pas scolarisés ?.....

.....

Activité principale.....

Activité(s) secondaire(s).....

.....

Niveau de revenu

Tranche de revenu mensuel (FCFA): 50 000 < 50 000 à 80000

80000 à 125000 Plus de 125000

Sexe :

Questionnaires	Modalités de réponse
Quel type de minerai exploitez-vous ?	Alluvionnaire
	Filonien
Depuis quand pratiquez-vous l'orpaillage?	

Utilisez-vous le mercure dans cette activité ?	Oui
	Non
Si non, quels sont les autres produits que vous utilisez?	
Pensez-vous que l'utilisation du mercure est dangereuse pour la santé ?	Oui
	Non
	Je ne sais pas
Si oui, en quoi est-elle dangereuse pour la santé?	
Avez-vous déjà eu des problèmes de santé liés à l'exposition au mercure ?	Oui
	Non
Si oui, comment se sont-ils manifestés ?	
Si non, connaissez-vous d'autres orpailleurs qui ont eu des problèmes de santé liés à l'exposition au mercure ?	Oui
	Non
Avez-vous été sensibilisé sur des mesures de protection face à l'exposition au mercure ?	Oui
	Non
Si oui, lesquelles ?	
Appliquez-vous ces mesures ?	Oui
	Non
	Parfois
Portez-vous des équipements de protection pendant les heures de travail ?	Oui
	Non
Si oui, lesquels ?	
Si non, pourquoi ?	
Avez-vous des moyens traditionnels pour vous protéger de l'exposition du mercure pendant les heures de travail?	Oui
	Non
Si oui, lesquels ?	
Quelles sont les autres méthodes que vous connaissez pour extraire l'or hormis celle d'utiliser le mercure ?	
Utilisez-vous une de ces méthodes ?	Oui
	Non
Si non, pourquoi ?	

Quelles conséquences le mercure peut avoir sur le sol ?
Quelles conséquences le mercure peut avoir sur l'eau ?
Quelles conséquences le mercure peut avoir sur la végétation ?
Quelles conséquences le mercure peut avoir sur les ressources aquatiques?

QUESTIONNAIRE POUR LES FEMMES

Région : Kedougou

Département : Kédougou

Communauté rurale : Tomboronkoto

Village/Quartier : Bantako (Bantakhocouta)...

Date :	Fiche N°:
---------------	------------------

I. INFORMATIONS SUR L'ENQUETEE

Nom et Prénom :

Age Nationalité..... Ethnie.....

Ancienneté sur le site.....

Appartenez-vous à des groupements ? Oui Non

Si oui lesquels.....

.....

Situation matrimoniale :

Célibataire Mariée Divorcée Veuve

Niveau d'instruction :

Non instruite alphabétisée Scolarisée

Si scolarisée, quel est votre niveau d'étude

La taille du ménage.....

Nombre d'enfant à charge

Nombre d'enfants scolarisés Nombre d'enfants non scolarisés

Pourquoi ces enfants ne sont pas scolarisés ?.....

.....

Activité principale.....

Activité(s) secondaire(s).....

Niveau de revenu

II. CONNAISSANCES, ATTITUDES ET PRATIQUES

Questions		Modalités de réponse
A. CONNAISSANCES		
A.1	Quelle source d'eau utilisez-vous pour la boisson ?	Forage Puits Rivière Autre (s)
A.2	Quelle source d'eau utilisez-vous dans votre ménage pour la cuisine ?	Forage Puits Rivière Autre (s)
A.3	Quelle source d'eau utilisez-vous pour les autres activités ménagères ? (lessive, se laver, la vaisselle)	Forage Puits Rivière Autre (s)
A.4	Utilisez-vous l'eau de pluies pendant l'hivernage ?	Oui Non
	Si non pourquoi ?	
A.5	Saviez-vous qu'on utilise des produits chimiques sur les sites d'orpaillage ?	Oui Non Je ne sais pas
A.6	Si oui, lesquels :	
A.7	Connaissez-vous le mercure	Oui Non Aucune idée
	Si oui, pouvez-vous le décrire	
A.8	Comment appréciez-vous la qualité de l'eau du forage.	Bonne Assez bonne Mauvaise
	Si elle est mauvaise, pourquoi ?	
	Comment appréciez-vous la qualité de l'eau des autres sources d'approvisionnement.	Bonne Assez bonne Mauvaise
	Si mauvaise, pourquoi ?	
A.10	Y'a-t-il du mercure dans vos sources d'approvisionnement ?	Oui Non

		Je ne sais pas
	Si oui, comment le saviez-vous ?	
	Si non, saviez-vous que le mercure peut se retrouver dans vos sources d'approvisionnement ?	Oui
		Non
A.11	Saviez-vous qu'utiliser de l'eau contenant du mercure pourrait-être dangereux pour la santé ?	Oui
		Non
		Je ne sais pas
	Si oui, pouvez-vous nous citer quelques conséquences qu'elles ont sur la santé ?	
	Saviez-vous que le mercure peut endommager la santé du fœtus?	Oui
		Non
	Si oui, quelles sont ses conséquences sur le nouveau-né?	
A.12	Saviez-vous que les enfants sont plus vulnérables en consommant de l'eau contenant du mercure?	Oui
		Non
		Je ne sais pas
B. ATTITUDES		
B.1	Si vous saviez que vos sources d'approvisionnement en eau contenaient du mercure, continuerez-vous à l'utiliser ?	Oui
		Non
B.2	Si oui, pourquoi ?	
	Si vous vous saviez que la présence du mercure dans l'eau est dangereuse pour la santé, continuerez-vous à l'utiliser ?	Oui
		Non
	Si vous saviez que les enfants étaient plus vulnérables à la consommation d'une eau contenant du mercure, les auriez-vous laissés continuer à l'utiliser ?	Oui
		Non
	Conseillerez-vous la consommation de l'eau de vos sources d'approvisionnement aux femmes enceintes ?	Oui
		Non
	Quelles sont par ordre de préférence les sources d'approvisionnement les plus consommées?	Forage
		Rivière
		Puits
	Qu'est ce qui justifie ces choix?	
C. PRATIQUES		
C.1	Utilisez-vous l'eau de pluie ?	Oui
		Non
	Si oui, pourquoi ?	
	Comment la collectez-vous?	
C.2	Avez-vous été sensibilisé sur des méthodes pour améliorer la qualité de l'eau ?	Oui
		Non
	Si oui, lesquelles ?	
C.3	Les mettez-vous en pratiques	Oui

		Non
C.4	Avez-vous vos propres pratiques pour améliorer la qualité de l'eau ?	Oui
		Non
C.5	Si oui, lesquelles?	
C.6	Comment et où stockez-vous l'eau?	

GUIDE D'ENTRETIEN POUR LES ELUS LOCAUX

PRÉSENTATION DE L'INTERVIEWEUR

Bonjour, je m'appelle _____.

Je suis étudiante en master de spécialisation en sciences et gestion de l'environnement.

Je réalise cette enquête dans le cadre de mon travail de fin d'étude.

L'entretien ne durera que quelques minutes, et je vous demande de m'autoriser à enregistrer cette conversation, qui me sera utile dans l'analyse de mes données.

Je voudrais au cours de ces minutes que nous abordions, l'état de vos connaissances sur le l'orpaillage et ses impacts sur l'environnement et la santé.

Nom et Prénom :

Age Nationalité..... Ethnie.....

Ancienneté sur le site.....

Situation matrimoniale :

Célibataire Marié(e) Divorcé(e) Veuf (ve)

Niveau d'instruction :

Non instruit(e) alphabétisé(e) Scolarisé(e)

Si scolarisé(e), quel est votre niveau d'étude ?

Activité principale.....

Activé(s) secondaire(s).....

Taille du ménage.....

Nombre d'enfants à charge

Sexe :

Thème du guide d'entretien	Questions de clarification
Que savez-vous de l'orpaillage ?	Décrire les différents les procédés, comment ça fonctionne !!

Pourriez-vous me parler des produits chimiques utilisés sur le site ?	
Que savez-vous du mercure ?	Le décrire s'il vous plaît.
Est-ce que le mercure est utilisé couramment par les orpailleurs ?	Fréquence, chaque jour...
Pouvez-vous me décrire les incidences que le mercure peut avoir l'environnement ?	Les effets sur la végétation, sur l'air, le sol, et l'eau dans le village
Quelles sont les incidences que le mercure peut avoir sur la santé ?	Conséquences quand on est trop exposé, comment cela se manifeste-t-il
Avez-vous connaissance de problèmes de santé chez les orpailleurs ou bien chez les autres habitants qui soient attribuables à l'utilisation du mercure dans le village ?	Y'a-t-il des cas grave, des décès
Est-ce que les orpailleurs sont-ils sensibilisés sur les conséquences de l'utilisation du mercure ?	Les mesures de précaution et équipement de protection pendant le traitement de l'or par exemple.