

# MONITORING ENVIRONNEMENTAL

---

EVALUATION DE LA QUALITE DES COMPOSANTES  
ENVIRONNEMENTALE CONNEXE A LA SOCIETE  
BONDOUKOU MANGANESE SA (BM SA)

RAPPORT D'ANALYSE

Publié en janvier 2021

## SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES.....	4
LISTE DES PHOTOS.....	4
LISTE DES TABLEAUX.....	4
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	4
RESUME NON TECHNIQUE.....	6
1-CONTEXTE.....	8
2- OBJECTIF.....	8
3- REGLEMENTATION APPLICABLE.....	9
4-ÉQUIPE DU CABINET GVGCS-CI.....	9
5-MESURE DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES.....	10
5.1. MATERIEL.....	11
5.2. METHODE.....	12
5.2.1. Point d'échantillonnage.....	12
5.2.2. Protocole de mesure.....	13
5.2.3. Analyse des données.....	14
5.3. RÉSULTATS.....	15
5.4. INTERPRÉTATION.....	15
6 - MESURE DES NIVEAUX SONORES.....	16
6.1. MATERIEL.....	17
6.2. METHODE.....	17
6.2.1. Point d'échantillonnage.....	17
6.2.2. Protocole de mesure.....	18
6.2.3. Analyse des données.....	18
6.4. RESULTATS.....	19
6.5. INTERPRÉTATION.....	19
7 – ANALYSE DE LA QUALITE DES EAUX DE SURFACE.....	20
7.1. METHODOLOGIE.....	21
7.1.1. Echantillonnage.....	21
7.1.2. Méthodes d'analyse.....	23
7.1.3. Analyse des données.....	23
7.2. RESULTATS.....	24
7.3. INTERPRÉTATION.....	25
8-ANALYSE DES SEDIMENTS.....	27
8.1. METHODOLOGIE.....	28

*EVALUATION DE LA QUALITE DES COMPOSANTES ENVIRONNEMENTALE CONNEXE A LA SOCIETE BONDOUKOU  
MANGANESE SA (BM SA)*

8.1.1. Echantillonnage.....	28
8.1.2. Méthodes d'analyse.....	30
8.1.3. Analyses des données.....	30
8.1.5. INTERPRETATION.....	31
8 - CONCLUSION.....	32
ANNEXE .....	35

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Analyseur Multi RAE Lite.....	11
Figure 2 : Mini RAE 3000.....	11
Figure 3 : MET ONE AEROCET 531.....	12
Figure 4 : Points de mesures de la qualité de l'air sur les sites d'investigation.....	13
Figure 5: Ficher bioblock scientifique 50517.....	17
Figure 6 : Points d'échantillonnages des eaux de surfaces sur les sites d'investigations.....	22
Figure 7 : Points d'échantillonnage de sol sur les sites d'investigations .....	29

## LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Exemple de mesure de gaz et de matières particulaires.....	14
Photo 2 : Exemple de mesure du niveau sonore.....	17
Photo 3 : Quelques images d'échantillonnages des eaux de surfaces .....	21

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Point de mesure de la qualité de l'Air .....	12
Tableau II : Résultats des mesures de gaz et des matières particulaires .....	15
Tableau III: Point de Mesure du Niveau Sonore.....	18
Tableau IV : Niveaux sonores couramment rencontrés selon l'arrêté ci-dessus.....	19
Tableau V : Valeurs limites d'émission sonore selon l'arrêté ci-dessus.....	19
Tableau VI : Résultats de mesures des niveaux sonores sur les sites d'investigations.....	19
Tableau VII: Point d'échantillonnage de l'eau de surface .....	21
Tableau VIII : Paramètres analysés et les références des méthodes d'analyse de l'eau .....	23
Tableau IX : Classes et indices de qualité de l'eau par altération.....	24
Tableau X : Résultats d'analyses des échantillons d'eaux de surface de la zone d'étude.....	24
Tableau XI: Point de prélèvement des Echantillons de Sol .....	28
Tableau XII : Paramètres analysés et les références des méthodes d'analyse de sol.....	30
Tableau XIII : Résultats d'analyses des échantillons de sol.....	31

## SIGLES ET ABREVIATIONS

**CO** : Monoxyde de Carbone

**COV** : Carbone organique Volatile

**dB** : décibel

**GVGCS-CI** : Green Vision Group Consulting Services Côte d'Ivoire

**NO<sub>2</sub>** : dioxyde d'Azote

**H<sub>2</sub>S** : Sulfure d'hydrogène

**LAMEN** : Laboratoire d'Analyse et de Métrologie Environnementale

**PM** : Matière Particulaire

N° d'agrément : 0226/MINEDD/CIAPOL/LCE/SJ du 23 octobre 2018

**DE L'AIR,  
DU NIVEAU SONORE ET ANALYSE DE L'EAU USEE**

**RAPPORT D'ANALYSE**  
**(AOUT 2020)**

<b>NATURE DE LA MATRICE</b>	: AIR / BRUIT/ EAU/ SEDIMENT/
<b>LIEU DE PRELEVEMENT ET DE MESURE</b>	: BONDOUKOU
<b>DEMANDEUR</b>	: Groupe de recherche et de Plaidoyer sur les Industries Extractive (GRPIE)
<b>MESURES EFFECTUEES PAR</b>	: GVGCS-CI/LAMEN
<b>DATE DE PRELEVEMENT ET DE MESURES</b>	: 26JUILLET 2020
<b>NOMBRE DE MESURES ET DE PRELEVEMENT :</b>	- GAZ : 05 - MATIERES PARTICULAIRES : 05 - BRUIT : 05 - EAU DE SURFACE : 07 - SEDIMENT : 05



Abidjan, le 04/09/2020

**La Direction**

## RESUME NON TECHNIQUE

### Mission

Nom de la mission	Evaluation de la qualité des composantes environnementale connexe à la société Bondoukou Manganèse SA (BM SA)
Client	Groupe de recherche et de Plaidoyer sur les Industries Extractive (GRPIE)
Localisation du site	Bondoukou
Zone de Prélèvement et de mesures	Village Similimi Zone d'extraction du manganèse A proximité de l'Usine de traitement Village de Kouassi N'da Wa Village Laladougou

### Investigations

Investigations réalisées	- Mesures de la qualité de l'air (gaz et poussière) - Mesures du niveau sonore - Analyse des eaux de surfaces et du sol
Nombre de mesure de gaz	05
Nombre de mesure de la poussière	05
Nombre de mesure du niveau sonore	05
Nombre d'échantillon d'eau analysé	07
Nombre d'échantillon de sédiment	05

Résultats des investigations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les teneurs en gaz mesurés au niveau des différents sites respectent la réglementation nationale en vigueur. Toutefois, il faut noter la présence de COV au niveau de tous les sites. Aussi, une teneur relativement faible de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) est-elle également observée au niveau de la zone d'extraction.</li> <li>• Les teneurs de PM<sub>2,5</sub> mesurées sur l'ensemble des points de la zone du projet sont inférieures à la réglementation nationale. Quant aux teneurs des PM<sub>10</sub>, celles mesurées au niveau des villages de Similimi, de Kouassi N'da Wa et à proximité de la zone de traitement du manganèse sont supérieures à la réglementation nationale. Par contre, les autres sites, notamment le village de Laladougou et la zone d'extraction du manganèse présente des teneurs inférieures aux recommandations du décret relatif à la qualité de l'air en Côte d'Ivoire.</li> </ul>
------------------------------	---

- Selon la réglementation nationale, le niveau de bruit mesuré dans les villages de Similimi, de Kouassi N'da Wa et de Laladougou ainsi qu'à proximité de l'Usine et de la zone d'extraction du manganèse est non-conforme. Les bruits évoluent dans l'ensemble des seuils fatigants à dangereux.
  - Conformément aux valeurs seuils des paramètres physico-chimiques et bactériologiques établies par le Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau de France, les échantillons d'eaux analysés peuvent être classés de la manière suivante :
    - Qualité très bonne à moyenne : échantillon d'eau prélevé en amont du barrage ;
    - Qualité très bonne à médiocre : échantillon d'eau prélevé en aval du barrage, échantillon d'eau prélevé en aval de la rivière Koloï, échantillon d'eau prélevé en amont de la rivière Djèlè et échantillon d'eau prélevé au niveau du pont ;
    - Eau contaminée en bactérie indicateur de contamination fécale : échantillon d'eau prélevé en amont de la rivière Koloï et échantillon d'eau prélevé en aval de la rivière Djèlè.
  - Les paramètres métalliques analysés sur l'ensemble des échantillons de sol de la zone d'étude ne présentent aucune concentration supérieure aux valeurs de référence source de pollution du sol.
  - Il faut également noter que les échantillons d'eaux et de sols analysés ont des teneurs en Manganèse et en Fer élevées comparativement à celles des autres ETMs. Cependant, l'on ne peut se prononcer sur leurs importances quant à la qualité de ces matrices en raison de leurs valeurs de références qui n'existent pas dans la littérature.
-

## **1-CONTEXTE**

Le Groupe de recherche et de Plaidoyer sur les Industries Extractive (GRPIE) est une organisation non gouvernementale ivoirienne qui fait partie du réseau international Public Interest Lawring Initiative for West Africa (PILIWA) et qui a pour mission principale de mener d'une part un plaidoyer pour une gestion démocratique, transparente et responsable des ressources naturelles en vue d'un développement socio-économique durable, et d'autre part de promouvoir les droits des communautés touchées par les entreprises du secteur extractif.

Advocates for Community Alternatives (ACA) est également une organisation non gouvernementale, basée aux États-Unis et au Ghana, et qui collaborent avec les communautés d'Afrique de l'ouest pour défendre leurs droits et les aider à poursuivre leur propre vision du développement face aux opérations d'extraction de ressources minières motivées par les investissements étrangers.

Ces deux organisations portent une plainte contre la compagnie minière BONDOUKOU MANGANESE SA (BMSA) exploitant le manganèse de Bondoukou, pour pollution des ressources en eau et atteintes graves à la santé des communautés riveraines aux sites d'extraction. Ainsi, ont-elles demandé une évaluation des matrices environnementales qui pourraient être impactés par les activités de BONDOUKOU MANGANESE SA.

C'est dans ce contexte que ces deux ONGs ont sollicité le Laboratoire d'Analyse et de Métrologie Environnementale (LAMEN) du cabinet d'expertise Green Vision Group Consulting Services- Côte d'Ivoire (GVGCS-CI) pour lui soumettre une offre technique et financière portant sur une évaluation des impacts des activités de la mine BONDOUKOU MANGANESE SA sur les composantes environnementales, conformément aux dispositions réglementaires applicables à la qualité des eaux, de l'air et du sol. Il s'agit de mesurer les émissions atmosphériques, le niveau sonore ainsi que l'analyse des eaux et du sol et d'interpréter les résultats.

## **2- OBJECTIF**

### **2.1.- Objectif général**

Réaliser une évaluation des impacts environnementaux des activités de Bondoukou Manganèse SA (BMSA) sur les matrices environnementales (eaux, sols, et air) connexe.

### **2.2.- Objectifs spécifiques**

- 1/Déterminer le niveau de contamination des eaux naturelles et des sols de la zone d'étude ;
- 2/Mesurer les polluants dans l'air (gaz et particules) de la zone d'étude ;
- 3/Mesurer le niveau sonore de la zone d'étude ;
- 4/ Interpréter les résultats des analyses

### 3- REGLEMENTATION APPLICABLE

La réglementation applicable à l'évaluation des impacts environnementaux des activités de Bondoukou Manganèse SA (BM-SA) sur les matrices environnementales et sur le niveau sonore de la zone d'étude sont:

- la constitution ivoirienne en ses articles 27 et 40;
- la Loi n°96-766 du 03 octobre 1996 portant code de l'environnement ;
- l'arrêté n°25 MIP/DENT du 26 mai 1989, prescriptions générales applicables à tous les établissements soumis à déclaration ;
- le décret n°98-43 du 28 janvier 1998 relatif aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
- l'arrêté n°01164/MINEEF/CIAPOL/SDIIC/ du 04 novembre 2008 portant réglementation des rejets et émissions des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- le décret n° 2012-1047 du 24 octobre 2012 portant modalités d'application du principe pollueur payeur tel que défini par la loi 96-766 du 03 octobre 1996 portant code de l'environnement ;
- le décret n°2017-125 du 22 février 2017 relatif à la qualité de l'air.

### 4-ÉQUIPE DU CABINET GVGCS-CI

N°s	Noms et Prénoms	Fonctions	Contacts
01	KOFFI Jean Michel	Directeur technique, chef de mission	+225 48 20 72 21
02	GNAGNE Agness Yves	Consultant environnementaliste	+225 59 23 23 68
03	DATEYBasile	Technicien Laboratoire	+225 76 54 23 79

## **5-MESURE DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES**

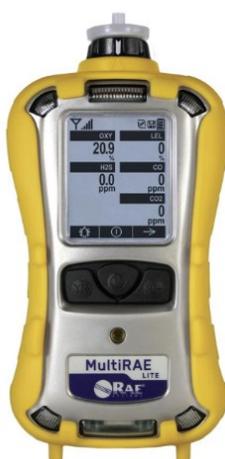
## 5.1. MATERIEL

Le matériel de mesure utilisé est :

- Multi RAE Lite, a été utilisé pour la mesure des oxydes de carbone (CO,CO<sub>2</sub>), du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et du sulfure d'hydrogène(H<sub>2</sub>S) ;
- Mini RAE 3000a été utilisé pour la mesure des Composés Organiques Volatils(COV) ;
- MET ONE AEROCET 531 pour la mesure des matières particulaires.

### a) *Multi RAE Lite*

Le Multi RAE Lite est un analyseur muni d'un détecteur à photoionisation (PID) qui permet de faire la lecture instantanée des concentrations des gaz (CO, NO, NH<sub>3</sub> et H<sub>2</sub>S) dans l'air.



**Figure 1:** Analyseur Multi RAE Lite.

### b) *Mini RAE 3000*

Le Mini RAE 3000 est le moniteur portable de détection de composés organiques volatils (COV) le plus sophistiqué du marché. Il possède une large plage de mesure de son détecteur à photoionisation (PID) (0à 15 000 ppm).C'est un instrument idéal pour les applications allant de l'hygiène industrielle à la détection des fuites et des matières dangereuses.



**Figure 2 :** Mini RAE 3000.

c) MET ONE AEROCET 531

MET ONE AEROCET 531, Moniteur de poussières est un équipement portable qui permet le classement des particules suivant les 5 catégories usuelles (PM1, PM 2,5 ; PM 7 ; PM 10 et TSP) ou suivant les 2 tailles classiques (>0,5 et > 5 microns). Le comptage des particules est converti en masse. Une adaptation à des cas particuliers avec des densités différentes est possible.



**Figure 3:** MET ONE AEROCET 531.

## 5.2. METHODE

### 5.2.1. Point d'échantillonnage

Les points d'échantillonnage de la zone d'investigation choisis pour la mesure des émissions de gaz et de poussières sont présentés sur la figure 4. Ce sont au total cinq (05) points de mesures. Ces mesures ont été effectuées le 26 Juillet 2020.

**Tableau I:** Point de mesure de la qualité de l'Air

Localisation	Coordonnées Géographiques
Village de Similimi	- N 08°07'02,6'' - W 002°57'54,4''
Zone d'extraction	- N 08°07'01,00'' - W 002°57'40,7''
Près de l'usine de Traitement	- N 08°05'24,8'' - W 002°57'15,6''
Village Laladougou	- N 08°07'03,00'' - W 002°57'15,6''
Village Kouassi N'da Wa	- N 08°04'41,4'' - W 002°51'32,4''

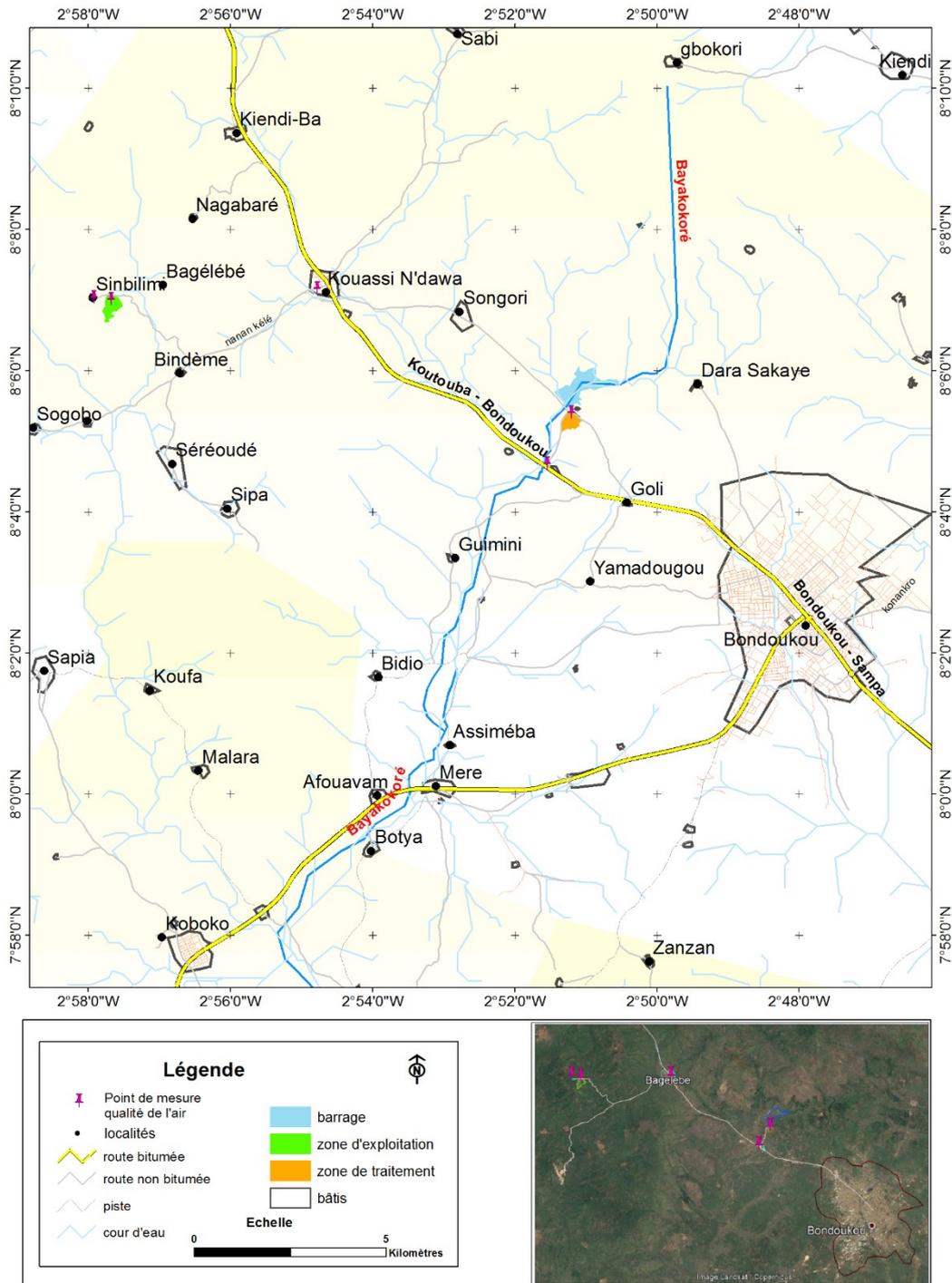


Figure 4 : Points de mesures de la qualité de l'air sur les sites d'investigation.

## 5.2.2. Protocole de mesure

### a) Multi RAE Lite

Avant le démarrage des mesures, le Multi RAE Lite a été testé pour s'assurer de son bon fonctionnement. Les mesures ont été ensuite effectuées selon différentes étapes, à savoir :

- **étape 1** : le Zéro de l'analyseur dans un environnement sain a été effectué ;

- **étape 2** : le point d'échantillonnage a été repéré ;
- **étape 3** : l'analyseur a été mis en marche pour la mesure en temps réel des concentrations de gaz ;
- **étape 4** : les résultats affichés à l'écran de l'analyseur ont été relevés puis sauvegardés sur sa carte mémoire de l'analyseur.



**Photo 1:** Exemple de mesure de gaz et de matières particulaires

*b) Mini RAE 3000*

A l'instar du Multi RAE Lite, avant le démarrage des mesures, le Mini RAE 3000 a été testé pour s'assurer de son bon fonctionnement. Les mesures ont ensuite été effectuées selon les mêmes étapes que l'analyseur Multi RAE.

*c) MET ONE AEROCET 531*

Le même protocole de mesure, utilisé pour les analyseurs Multi RAE Lite et Mini RAE 3000, a été suivi pour la mesure des concentrations de poussières au niveau des différents points choisis à savoir, vérification du bon fonctionnement de l'analyseur puis mesure en plusieurs étapes.

### **5.2.3. Analyse des données**

Les résultats des mesures de gaz et particules effectuées dans la zone d'étude ont été comparés à la réglementation nationale. A cet effet, le décret N°2017-125 du 22 février 2017 relatif à la qualité de l'air en Côte d'Ivoire a été utilisé.

### 5.3.RÉSULTATS

Les résultats des mesures de gaz et de matières particulaires enregistrés sur les différents sites sont consignés dans le tableau II.

**Tableau II** : Résultats des mesures de gaz et des matières particulaires

Paramètres Sites	PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TSP ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NH <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	H <sub>2</sub> S ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	COV ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Village Similimi	14,6	<b>55,2</b>	65,2	0	0	0	0	1,5
Zone d'extraction du manganèse	11,3	43,9	54,5	0	0	0	0,1	2,3
A proximité de l'Usine de traitement	13	<b>81,6</b>	108,2	0	0	0	0	1,1
Village de Kouassi N'da Wa	13,3	<b>104,9</b>	132,7	0	0	0	0	2,1
Village de Laladougou	12,1	43,5	46,8	0	0	0	0	0,9
Valeurs limites CI <sup>1</sup>	<b>25</b>	<b>50</b>	-	<b>10 000</b>	-	<b>200</b>	-	-

### 5.4. INTERPRÉTATION

Les teneurs en gaz mesurées au niveau des différents sites respectent les valeurs limites maximales de l'air ambiant conformément au décret N°2017-125 du 22 février 2017 relatif à la qualité de l'air en Côte d'Ivoire. Toutefois, il faut noter la présence de COV au niveau de tous les sites. Aussi, une teneur relativement faible de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) est illégalement observée au niveau de la zone d'extraction.

En ce qui concerne les teneurs des matières particulaires, les PM<sub>2,5</sub> varient de **12,1** à **14,6**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , celles des PM<sub>10</sub> oscillent entre **43,5** et **104,9**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et celles de la poussière totale (TSP) varient de **46,8** à **132,7**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les teneurs de PM<sub>2,5</sub> mesurées sur l'ensemble des points de la zone du projet sont inférieures à la réglementation nationale. Quant aux teneurs des PM<sub>10</sub>, celles mesurées au niveau des villages de Similimi, de Kouassi N'da Wa et à proximité de la zone de traitement du manganèse sont supérieures à la réglementation nationale. Par contre, les autres sites, notamment le village de Laladougou et la zone d'extraction du manganèse présente des teneurs inférieures aux recommandations du décret relatif à la qualité de l'air en Côte d'Ivoire.

<sup>1</sup>Valeurs limites CI : Valeurs limites maximales des paramètres de qualité de l'air ambiant, Décret N°2017-125 du 22 février 2017 relatif à la qualité de l'air en Côte d'Ivoire.

## **6 - MESURE DES NIVEAUX SONORES**

## 6.1. MATERIEL

Le matériel de mesure est essentiellement constitué d'un sonomètre FICHER BIOBLOCK SCIENTIFIC 50517. Cet appareil est conçu pour répondre aux normes IEC 651 type 1, DIN 45633, JIS 1502, réseaux filtrants A et C. Cet appareil possède trois gamme de mesure : Plage faible 35 à 80 dB, plage moyenne 50 à 100 dB, plage élevée 80 à 130 dB.



Figure 5: Fischer bioblockscientific 50517.

## 6.2. METHODE

### 6.2.1. Point d'échantillonnage

Les différents points mesures du niveau sonore retenus dans la zone d'investigation sont les même que ceux choisis pour les mesures de la qualité de l'air (cf. figure 4). Ces mesures ont été effectuées le 27 Août 2020. La photo ci-dessous, présente une mesure du niveau sonore.



Photo 2 : Exemple de mesure du niveau sonore

**Tableau III:** Point de Mesure du Niveau Sonore

Localisation	Coordonnées Géographiques
Village de Similimi	- N 08°07'02,6'' - W 002°57'54,4''
Zone d'extraction	- N 08°07'01,00'' - W 002°57'40,7''
Près de l'usine de Traitement	- N 08°05'24,8'' - W 002°57'15,6''
Village Laladougou	- N 08°07'03,00'' - W 002°57'15,6''
Village Kouassi N'da Wa	- N 08°04'41,4'' - W 002°51'32,4''

### 6.2.2. Protocole de mesure

La méthode consiste à mesurer le niveau de pression acoustique global équivalent pondéré A (LAeq) avec un sonomètre. Un maximum de quatre (4) mesures a été effectué dans les différents emplacements des postes de travail. Ces mesures ont été consignées dans une fiche pour chacun des postes de travail. La moyenne de ces mesures a été retenue.

Les mesures sont réalisées lors des périodes de fonctionnement normal de l'établissement. La durée d'intégration des Leq est limitée à l'intervalle nécessaire pour obtenir une valeur stabilisée. L'utilisation du sonomètre s'est faite comme suite :

- étalonnage du sonomètre ;
- mise en marche du sonomètre ;
- attente de la stabilité ;
- lecture et prise de la valeur affichée.

### 6.2.3. Analyse des données

Les résultats des mesures effectuées au niveau de la zone d'étude ont été comparés à la réglementation nationale à savoir *l'Arrêté n°01164/MINEEF/CIAPOL/SDIIC/ du 04 novembre 2008 portant réglementation des rejets et émissions des installations classées pour la protection de l'environnement.*

Selon cet arrêté, les valeurs d'émission sonore couramment rencontrées sont présentées dans le tableau IV.

**Tableau IV :** Niveaux sonores couramment rencontrés selon l'arrêté ci-dessus.

	Bruits gênants	Bruits fatigants	Bruits dangereux
Niveau d'émission sonore (en décibel)	≥60	≥80	≥100

En outre cet arrêté donne aussi, les valeurs limites d'émission sonore (tableau III).

**Tableau V :** Valeurs limites d'émission sonore selon l'arrêté ci-dessus.

	Moment ou période de la journée		
	Jour	Période intermédiaire	Nuit
Zones à prédominance industrielles	75 dB	70 dB	60 dB
Zone résidentielle ou rurale, avec faible circulation de trafic terrestre, fluvial ou aérien	45	40	35

#### 6.4. RESULTATS

Les résultats des mesures du niveau sonore sur les sites d'investigations sont consignés dans le tableau VI.

**Tableau VI :** Résultats de mesures des niveaux sonores sur les sites d'investigations.

Sites / Paramètres	Niveau Sonore en décibel (dB)	niveaux d'émission admissible
Village Similimi	<b>78,8</b>	45
Village Kouassi N'da Wa	<b>87</b>	
Village Laladougou	<b>77,8</b>	
A proximité de l'Usine de traitement	<b>81,2</b>	75
Zone d'extraction du manganèse	<b>95,0</b>	

#### 6.5. INTERPRÉTATION

Le niveau sonore des villages investigués oscille entre 77,8 et 87 dB. Ces valeurs ne respectent pas les valeurs seuils admises par l'arrêté N° 01164 du 04 Novembre 2008, portant réglementation des rejets et émissions des installations classées pour la protection de l'environnement. Pour ce contexte rural, le niveau d'émission admissible est de 45 dB pendant le jour. Au niveau de la zone d'extraction et à proximité de l'usine, le niveau sonore mesuré est également supérieure à la réglementation nationale. En effet, selon cet arrêté, le niveau d'émission admissible est 75 dB pendant le jour dans une zone à prédominance industrielle. Selon toujours la réglementation nationale, ces bruits dans l'ensemble évoluent de fatigants à dangereux.

## **7 – ANALYSE DE LA QUALITE DES EAUX DE SURFACE**

## 7.1. METHODOLOGIE

### 7.1.1. Echantillonnage

Les prélèvements d'échantillons d'eaux ont eu lieu au niveau du Pont ainsi qu'en amont et en aval des rivières Koloï, Djèlè et du barrage du site de traitement. Ces prélèvements ont eu lieu le 26 Juillet 2020 (photo 1). Tous les échantillons ont été conditionnés dans des flacons en polyéthylène, étiquetés et transportés au LAMEN/GVGCS-CI pour analyses. La figure 1 ci-après présente la carte d'échantillonnage des eaux.



**Photo 3 :** Quelques images d'échantillonnages des eaux de surfaces

**Tableau VII:** Point d'échantillonnage de l'eau de surface

Localisation	Coordonnées Géographiques
Rivière Koloï – Amont	- N 08°07'07,8'' - W 002°57'55,4''
Rivière Koloï – Aval	- N 08°07'02,9'' - W 002°57'16,00''
Rivière Djèlè – Amont	- N 08°07'03,00'' - W 002°57'15,6''
Rivière Djèlè – Aval	- N 08°06'46,7'' - W 002°57'13,00''

Barrage - Amont	- N 08°05'28,9'' - W 002°51'12,1''
Barrage – Aval	- N 08°05'25,2'' - W 002°51'20,00''
Pont Près du village Laladougou	- N 08°04'41,6'' - W 002°51'33,9''

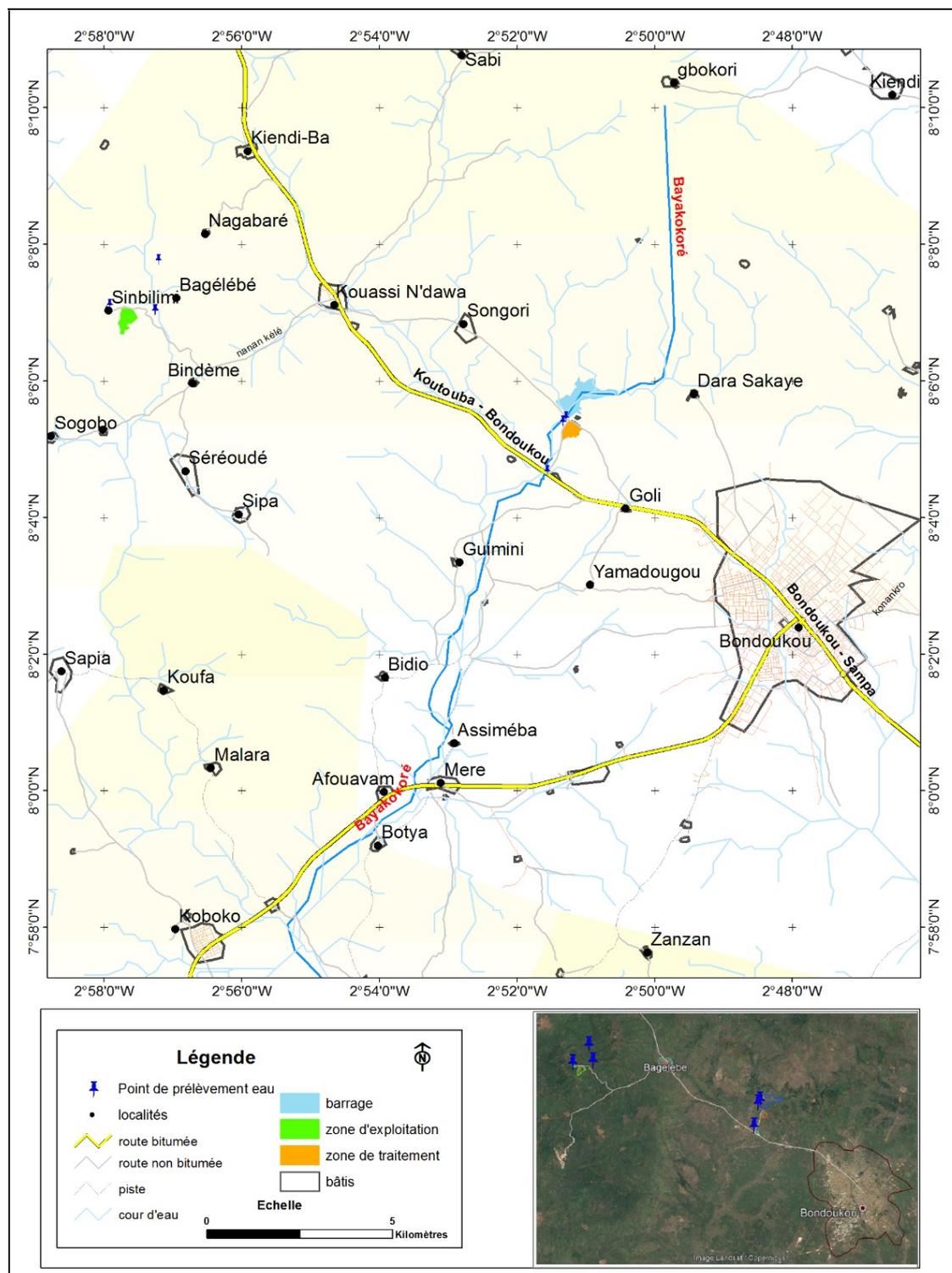


Figure 6 : Points d'échantillonnages des eaux de surfaces sur les sites d'investigations

### 7.1.2. Méthodes d'analyse

Les paramètres analysés et les références des méthodes d'analyse sont consignés dans le tableau VIII ci-après.

**Tableau VIII** : Paramètres analysés et les références des méthodes d'analyse de l'eau

PARAMETRES	METHODE	REFERENCE DE LA METHODE
<b>Paramètres physiques</b>		
pH / Température	Electrochimique à l'électrode de verre	<b>NFT 90-008</b>
Oxygène Dissous	Electrochimique à la sonde à oxygène	<b>NF EN 25814</b>
Conductivité / TDS	Electrochimique à la sonde	<b>NF T 90-031</b>
Oxydo réduction	Electrochimique à l'électrode de verre	<b>NFT 90-008</b>
MES	Méthode par filtration sur fibre de verre	<b>NF T 90-105</b>
<b>Paramètres chimiques</b>		
Nitrates	Réduction au cadmium, mesure par spectrophotomètre moléculaire	<b>ISO 7890-3</b>
Nitrite	Méthode colorimétrique par diazotation	<b>NF T 90-013</b>
Ammoniums	Méthode à l'indophénol, mesure par spectrophotomètre moléculaire.	<b>NFT 90-015-2</b>
COT	dosage du carbone organique total	<b>ISO 8245:1999</b>
Orthophosphate	Méthode spectrophotométrique au molybdate d'ammonium	<b>NF EN ISO 6878</b>
<b>Paramètres Chimiques</b>		
Fer	Dosage d'éléments choisis par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence (ICP-OES)	<b>NF EN ISO 11885</b>
Manganèse		
Plomb		
Cuivre		
Zinc		
Mercuré		
Chrome		
Cadmium		
Arsenic		
<b>Bactéries indicateurs de contamination fécale</b>		
Coliforme Fécaux	Méthode par filtration sur membrane pour les eaux à faible teneur en bactéries	<b>NF EN ISO 9308-1</b>
Coliforme totaux		<b>NF ISO 7899-2</b>
Escherichia Coli		

### 7.1.3. Analyse des données

En raison de lacunes réglementaires et/ou normatives concernant l'état physique, chimique et bactériologique des eaux naturelles en Côte d'Ivoire, les résultats d'analyses de la qualité des eaux de surface ont été analysés conformément au Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau de France.

#### ➤ Grille d'évaluation de la qualité des eaux

Afin d'évaluer la qualité des eaux de surface de la zone d'étude, le LAMEN/GVGCS-CI a comparé les résultats obtenus aux valeurs seuils des paramètres physico-chimiques et

bactériologiques (tableau VI) établies par le Système d’Evaluation de la Qualité de l’Eau de France (SEQ-Eau, 2003)<sup>1</sup>.

**Tableau IX:** Classes et indices de qualité de l’eau par altération.

Paramètres		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
pH	min	6,5	6	5,5	4,5	-
	max	8,2	9	9,5	10	-
Conductivité	min	180	120	60	0	-
	max	2500	3000	3500	4000	-
Température (°C)		24	25,5	27	28	-
Oxygène dissous		8	6	4	3	-
MES (mg/L)		2	25	38	50	-
Nitrate (mg/L)		2	10	25	50	-
Nitrite (mg/L)		0,03	0,3	0,5	1	-
Ammonium (mg/L)		0,1	0,5	2	5	-
Orthophosphate (mg/L)		0,1	0,5	1	2	-
Mercuré (µg/L)		0,007	0,07	0,7	1	-
Cadmium (µg/L)		0,009	0,09	0,85	3	-
Plomb (µg/L)		1	10	30	50	-
Cuivre (µg/L)		0,27	2,7	27	40	-
Chrome (µg/L)		0,36	3,6	36	50	-
Zinc (µg/L)		1,4	14	140	330	-
Arsenic		1	35	70	100	-
Manganèse		-	-	-	-	-
Fer		-	-	-	-	-
Coliformes totaux		50	500	5000	10000	-
Streptocoques Fécaux		20	200	2000	20000	-
Escherichia Coli		50	200	2000	20000	-

## 7.2. RESULTATS

Les résultats d’analyses des échantillons d’eaux de surface de la zone d’étude sont consignés dans le tableau X, ci-dessous.

**Tableau X :** Résultats d’analyses des échantillons d’eaux de surface de la zone d’étude

Paramètres	Unités	Barrage AM	Barrage AV	Koloï AM	Koloï AV	Djèlè AM	Djèlè AV	Pont
<b>Paramètres Physiques</b>								
pH	-	7,01	6,82	7,46	7,4	7,46	7,32	7,9
Oxydo-Réduction	mV	58,2	77,2	69	97	48	97	68,2
Conductivité	µS/cm	85,7	167	215	116,5	234	239	94,7
TDS	ppm	79	122	102	77,6	96,2	158	114
Oxygène dissous	mg/L	4,5	4,7	5,9	3,5	<b>2,4</b>	4,7	2,6

<sup>1</sup>SEQ-Eau (2003). Système d’évaluation de la qualité de l’eau des cours d’eaux. Grille d’évaluation, version 2, 40p. <http://www.observatoire-eau-bretagne.fr/>

Paramètres	Unités	Barrage AM	Barrage AV	Koloï AM	Koloï AV	Djèlè AM	Djèlè AV	Pont
MES	mg/L	22	<b>54</b>	30	11	4	32	<b>47</b>
Température	°C	26,9	27,2	21,9	23,1	22,9	22,8	24,5
Paramètres Chimiques								
Nitrate	mg/L	2,2	1,5	6,2	4,2	3,3	9,6	2,8
Nitrite	mg/L	0,015	0,010	0,026	0,040	0,019	0,023	0,010
Ammonium	mg/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	<0,01
Orthophosphate	mg/L	0,07	0,06	0,08	0,06	0,06	0,07	0,12
COT	mg/L	5,8	2,8	3	2,1	0,5	0,6	5,0
Eléments Traces Métalliques								
Mercuré	µg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Arsenic	µg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cadmium	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Chrome	mg/L	0,832	1,049	0,213	0,182	1,353	0,957	1,172
Plomb	µg /L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Zinc	µg/L	0,211	0,256	0,250	0,295	0,184	0,125	0,192
Cuivre	µg/L	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Manganèse	mg/L	1,451	1,689	0,964	1,582	1,302	1,315	1,804
Fer	mg/L	1,398	1,361	0,767	0,668	1,658	1,064	1,561
Bactéries indicateurs de contamination fécale								
Coliforme totaux	UFC/100mL	-	-	<b>6600</b>	-	-	<b>11600</b>	-
Coliforme fécaux	UFC/100mL	-	-	<b>1000</b>	-	-	<b>3000</b>	-
E. Coli	UFC/100mL	-	-	<b>700</b>	-	-	<b>900</b>	-

*Barrage AM : En amont du barrage ; Barrage AV: En aval du barrage ; Koloï AM : En amont de la rivière Koloï ; Koloï AV : En aval de la rivière Koloï ; AM Djèlè : En Amont de la rivière Djèlè ; AV Djèlè : En Aval de la rivière Djèlè*

### 7.3. INTERPRÉTATION

Les analyses effectuées sur les différents échantillons d'eau de la zone investiguée indique clairement que :

- Les eaux en amont du barrage sont de qualité très bonne en matière de composés azotés, phosphorés, d'ETMs et de bactéries indicatrices de contamination fécale. Cependant, elles sont de qualité moyenne en termes d'oxygène dissous et de MES.
- Les eaux en aval du barrage sont de qualité très bonne en matière de composés azotés, phosphorés, d'ETMs et de bactéries indicatrices de contamination fécale. Cependant, elles sont de qualité moyenne en termes d'oxygène dissous et de qualité médiocre en termes de MES.
- Les eaux en amont de la rivière Koloï sont de qualité très bonne en matière de composés azotés, phosphorés, d'ETMs. Cependant, elles sont de qualité moyenne en termes d'oxygène dissous et de MES. Cette eau est également contaminée en bactéries indicatrices de contamination fécale.

- Les eaux en aval de la rivière Koloï et celles en amont de la rivière Djèlè sont de qualité très bonne en matière de composés azotés, phosphorés, d'ETMs et de bactéries indicatrices de contamination fécale. En outre, elles sont de qualité bonne en termes de MES et de qualité médiocre en matière d'oxygène dissous.
- Les eaux en aval de la rivière Djèlè sont de qualité très bonne en matière de composés azotés, phosphorés, d'ETMs. Cependant, elles sont de qualité moyenne en termes d'oxygène dissous et de MES. Cette eau est également contaminée en bactéries indicatrices de contamination fécale.
- Les eaux prélevées au niveau du pont sont de qualité très bonne en matière de composés azotés, phosphorés, d'ETMs et de bactéries indicatrices de contamination fécale. Cependant, elles sont de qualité médiocre en termes de MES et d'oxygène dissous.

➤ **Synthèse**

Les échantillons d'eaux analysés peuvent être classés de manière suivante :

- Qualité très bonne à moyenne : échantillon d'eau prélevé en amont du barrage,
- Qualité très bonne à médiocre : échantillon d'eau prélevé en aval du barrage, échantillon d'eau prélevé en aval de la rivière Koloï, échantillon d'eau prélevé en amont de la rivière Djèlè et échantillon d'eau prélevé au niveau du pont,
- Eau contaminée en bactérie indicatrice de contamination fécale : échantillon d'eau prélevé en amont de la rivière Koloï et échantillon d'eau prélevé en aval de la rivière Djèlè.

Il faut également noter que les échantillons d'eaux analysés ont des teneurs en Manganèse qui évoluent de 0,964 mg/L à 1,804 mg/L et celles en Fer, de 0,668 mg/L à 1,658 mg/L. Ces valeurs sont élevées comparativement à celles des autres ETMs. Cependant, l'on ne peut se prononcer sur leurs importances quant à la qualité de ces eaux en raison des valeurs de références qui n'existent pas dans la littérature pour ces deux ETMs.

## **8-ANALYSE DES SEDIMENTS**

## 8.1. METHODOLOGIE

### 8.1.1. Echantillonnage

Des prélèvements d'échantillons de sol ont été effectués en amont et en aval des rivières Koloï, Djèlè et en aval du barrage du site de traitement à une profondeur de 0,2 m. Cet échantillonnage a été effectué le 26 Juillet 2020. Les échantillons ont été conditionnés dans des sachets plastiques étiquetés puis transportés au laboratoire pour séchage et analyses. Un total de cinq (05) échantillons a été collecté. La figure 7, ci-dessous, présente les principaux points d'échantillonnage.

**Tableau XI:** Point de prélèvement des Echantillons de Sol

Localisation	Coordonnées Géographiques
Rivière Koloï – Amont	- N 08°07'07,8'' - W 002°57'55,4''
Rivière Koloï – Aval	- N 08°07'02,9'' - W 002°57'16,00''
Rivière Djèlè – Amont	- N 08°07'03,00'' - W 002°57'15,6''
Rivière Djèlè – Aval	- N 08°06'46,7'' - W 002°57'13,00''
Barrage – Aval	- N 08°05'25,2'' - W 002°51'20,00''

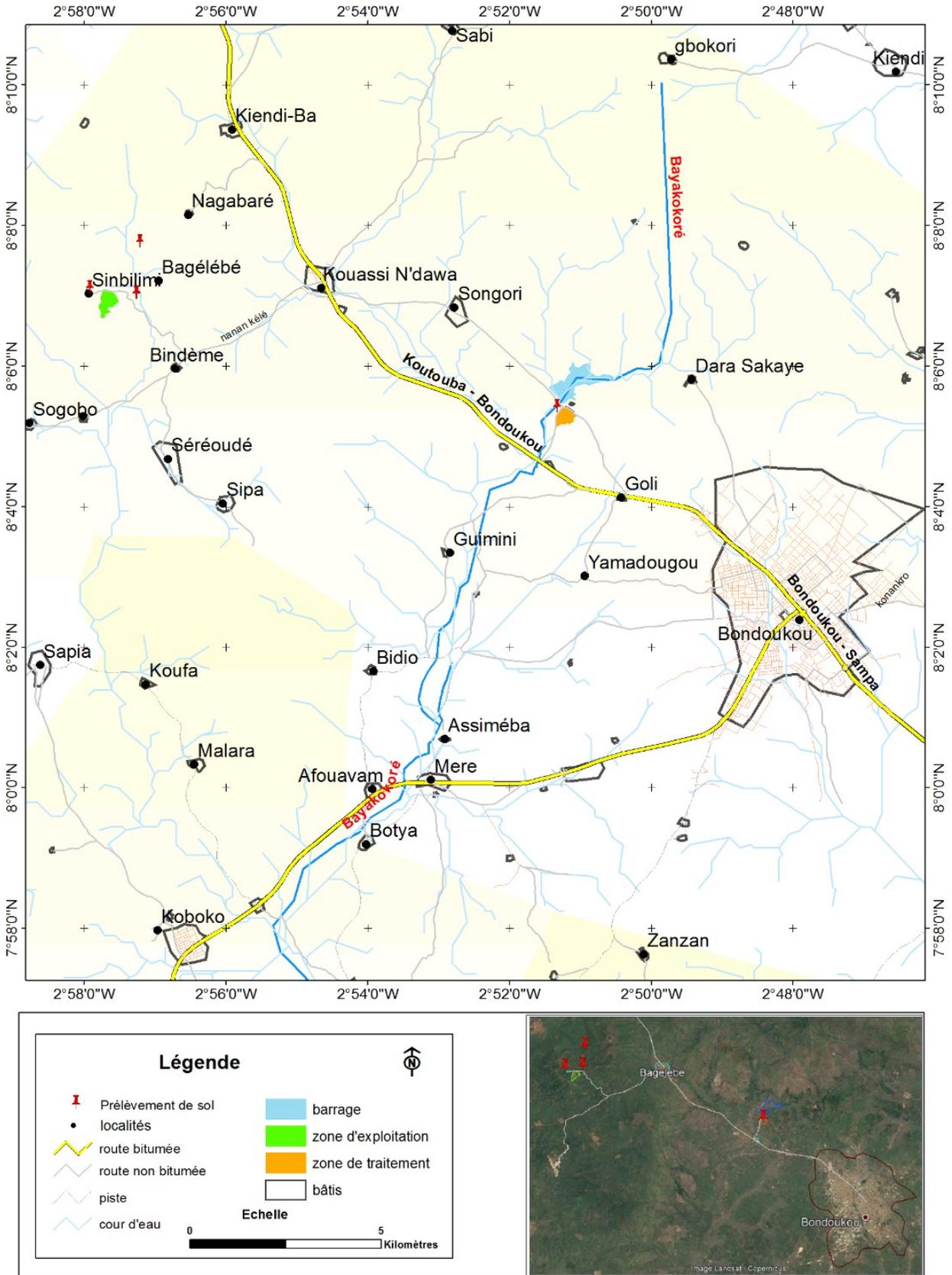


Figure 7 : Points d'échantillonnage de sol sur les sites d'investigations

### 8.1.2. Méthodes d'analyse

Les échantillons de sol ont été d'abord séchés puis homogénéisés, ensuite minéralisés avec de l'acide nitrique et enfin filtrés. Les filtrats obtenus ont été analysés conformément aux méthodes analytiques contenus dans le tableau XII.

**Tableau XII** : Paramètres analysés et les références des méthodes d'analyse de sol.

PARAMETRES	METHODE	REFERENCE DE LA METHODE
Plomb	Dosage d'éléments choisis par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence (ICP-OES)	NF EN ISO 11885
Zinc		
Mercure		
Chrome		
Cadmium		
Arsenic		
Cuivre		
Manganèse		
Fer		

### 8.1.3. Analyses des données

Dans le cadre d'un diagnostic, pour délimiter et/ou qualifier une pollution, le recours à des valeurs de comparaison, permettant de replacer dans leur contexte les valeurs mesurées ou calculées, est indispensable. Si de telles valeurs ont été définies réglementairement pour les milieux air, eau et aliments, le compartiment sol ne dispose pas de valeurs de gestion réglementaire. Afin d'apprécier la qualité du milieu sol et sa potentialité à être une source de pollution, LAMEN/GVGCS-CI prend en considération les valeurs de références exposées ci-après.

#### a) Valeurs de référence des paramètres pour la qualité du milieu

Les résultats des analyses ont été comparés aux valeurs de références de différents pays pour les sols à contamination nulle ou faible (*Annexe 1*).

#### b) Valeurs de référence source de pollution du sol

Les valeurs de référence source de pollution du sol sont les valeurs pour lesquelles un sol peut être une source de pollution. Ces valeurs considérées par LAMEN/GVGCS-CI sont issues du document du BGRM relatif aux valeurs guides pour la gestion des sites potentiellement pollués (*Annexe 2*).

#### 8.1.4. RESULTATS

Les résultats d'analyses des échantillons de sol prélevés sont présentés dans le tableau XIII.

**Tableau XIII** : Résultats d'analyses des échantillons de sol.

Paramètres	Unité	Djèlè AM	Djèlè AV	Koloï AM	Koloï AV	Bar AV	Limite retenue	Valeur <sup>1</sup> source
Mercuré	mg/kg MS	<1	<1	<1	<1	<1	<b>0,8</b>	<b>3,5</b>
Arsenic	mg/kg MS	0,172	0,113	0,174	0,253	0,391	<b>20</b>	<b>19</b>
Cadmium	mg/kg MS	0,01	0,011	<0,5	<0,5	0,01	<b>1,5</b>	<b>10</b>
Chrome	mg/kg MS	92,986	19,921	163,040	175,020	29,651		
Plomb	mg/kg MS	0,014	0,017	0,015	0,019	0,020	<b>100</b>	<b>200</b>
Zinc	mg/kg MS	109,239	128,466	110,249	122,122	118,301	<b>200</b>	<b>4500</b>
Cuivre	mg/kg MS	40,627	17,040	30,617	68,378	20,431	<b>50</b>	<b>95</b>
Manganèse	mg/kg MS	409,007	275,555	380,920	269,440	304,641	<b>1000</b>	-
Fer	g/kg MS	14,863	14,149	14,225	14,022	14,208	-	-

*Barrage AV*: En aval du barrage ; *Koloï AM* : En amont de la rivière Koloï ; *Koloï AV* : En aval de la rivière Koloï ; *AM Djèlè* : En Amont de la rivière Djèlè ; *AV Djèlè* : En Aval de la rivière Djèlè

#### 8.1.5. INTERPRETATION

Les teneurs en Fer et en Manganèse des échantillons analysés sont élevées comparativement à celles des autres ETMs déterminés. Cependant, la comparaison des résultats d'analyse aux valeurs de références du tableau XIII ne montre aucun dépassement de seuils pour la quasi-totalité des ETMs. Par ailleurs, cette valeur de référence n'existant pas dans la littérature pour le Fer et le manganèse, l'on ne peut se prononcer sur ces cas.

##### ✓ Signification sanitaire des résultats

La présence de fortes teneurs d'une substance toxique dans les sols n'est pas suffisante pour mettre en danger la santé des personnes en contact avec ce site. C'est pour cette raison que l'on se propose de comparer les valeurs des ETMs observées avec les valeurs de référence source de pollution du sol (tableau XIII) ; c'est-à-dire, les valeurs permettant de définir la source de pollution constituée par un sol.

Il ressort que les paramètres analysés sur l'ensemble des échantillons de sol de la zone d'étude ne présentent aucune concentration supérieure aux valeurs de référence source de pollution du sol.

<sup>1</sup>Annexe 5C REVISION (2002), valeurs guide en matière de pollution des eaux et des sols, Gestion des sites potentiellement pollués

## **8 - CONCLUSION**

Il ressort de l'évaluation de la qualité de l'air, du niveau sonore et de la qualité des eaux de surfaces et de sol de la zone d'étude que :

- La qualité de l'air n'est pas conforme à la réglementation en vigueur. L'on note la présence de COV au niveau de tous les sites. Une teneur relativement faible de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) est-elle également observée au niveau de la zone d'extraction.
- Même si les teneurs de PM<sub>2,5</sub> mesurées sur l'ensemble des points de la zone du projet sont inférieures à la réglementation nationale, ce qui n'est pas le cas de celles des PM<sub>10</sub>, mesurées au niveau des villages de Similimi, de Kouassi N'da Wa et à proximité de la zone de traitement du manganèse, qui sont supérieures à la réglementation nationale.
- Selon la réglementation nationale, le niveau de bruit mesuré dans les villages de Similimi, de Kouassi N'da Wa et de Laladougou ainsi qu'à proximité de l'Usine et de la zone d'extraction du manganèse est non conforme, il évolue dans l'ensemble de fatigants à dangereux.
- Conformément aux valeurs seuils des paramètres physico-chimiques et bactériologiques établies par le Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau de France, les échantillons d'eaux analysés peuvent être classés de la manière suivante :
  - Qualité très bonne à moyenne : échantillon d'eau prélevé en amont du barrage ;
  - Qualité très bonne à médiocre : échantillon d'eau prélevé en aval du barrage, échantillon d'eau prélevé en aval de la rivière Koloï, échantillon d'eau prélevé en amont de la rivière Djèlè et échantillon d'eau prélevé au niveau du pont ;
  - Eau contaminée en bactérie indicatrice de contamination fécale : échantillon d'eau prélevé en amont de la rivière Koloï et échantillon d'eau prélevé en aval de la rivière Djèlè.
- Les paramètres métalliques analysés sur l'ensemble des échantillons de sol de la zone d'étude ne présentent aucune concentration supérieure aux valeurs de référence source de pollution du sol.
- Il faut également noter que les échantillons d'eaux et de sols analysés ont des teneurs en Manganèse et en Fer relativement élevées comparativement à celles des autres ETMs analysés. Les concentrations de manganèse varient de 96,4 µg/L à 180,4 µg/L pour les différents points d'eaux analysés. Ces valeurs sont proches des Valeurs Guides Sanitaires (VGS) recommandées pour l'eau potable. La Concentration maximale acceptable (CMA) étant de 120 µg/L.



# **ANNEXE**

## ANNEXE 1

Valeurs de références des sols à contamination nulle ou faible						
Paramètres	Unités	France <sup>1</sup>	Canada <sup>1</sup>	PaysBas <sup>1</sup>	Burkina Faso <sup>2</sup>	Limite retenue**
Arsenic	mg/kg MS*	1 à 25	10	20	20	20
Cadmium	mg/kg MS	0,05 à	1,5	1	1	1,5
Chrome	mg/kg MS	10 à 90	75	100	75	100
Cobalt	mg/kg MS	-	15	20	25	25
Cuivre	mg/kg MS	2 à 20	50	50	50	50
Cyanure***	mg/kg MS	-	5	5	2,5	5
Etain	mg/kg MS	5****	-	-	-	5
Manganèse	mg/kg MS	1000****	-	-	-	1000
Mercure	mg/kg MS	0,02 à 0,1	0,2	0,5	0,8	0,8
Nickel	mg/kg MS	2 à 60	50	50	50	50
Plomb	mg/kg MS	9 à 50	50	50	100	100
Sélénium	mg/kg MS	-	-	-	1	1

**Tableau I** : Valeurs de référence des paramètres pour la qualité du milieu

\*milligramme par kilogramme de matières sèches

\*\*Afin de faciliter l'interprétation des analyses, ces valeurs de références ont été retenues. Elles correspondent aux seuils les plus élevés.

\*\*\*Polluant inorganique

\*\*\*\*Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés, 1998.

*EVALUATION DE LA QUALITE DES COMPOSANTES ENVIRONNEMENTALE CONNEXE A LA SOCIETE BONDOUKOU  
MANGANESE SA (BM SA)*

Zinc	mg/kg MS	10 à 100	100	200	200	200
------	----------	----------	-----	-----	-----	-----

## ANNEXE 2

**Tableau II** : Valeurs de référence source de pollution du sol

Paramètres	Unités	Valeurs sources
Arsenic	mg/kg MS*	19
Cadmium	mg/kg MS	10
Chrome	mg/kg MS	65
Cobalt	mg/kg MS	120
Cuivre	mg/kg MS	95
Manganèse	mg/kg MS	-
Mercure	mg/kg MS	3,5
Etain	mg/kg MS	-
Nickel	mg/kg MS	70
Plomb	mg/kg MS	200
Zinc	mg/kg MS	4500
Phénol	mg/kg MS	25
Organochlorés	mg/kg MS	2
Organophosphorés	mg/kg MS	2
HCT	mg/kg MS	2500

\*milligramme par kilogramme de matières sèches