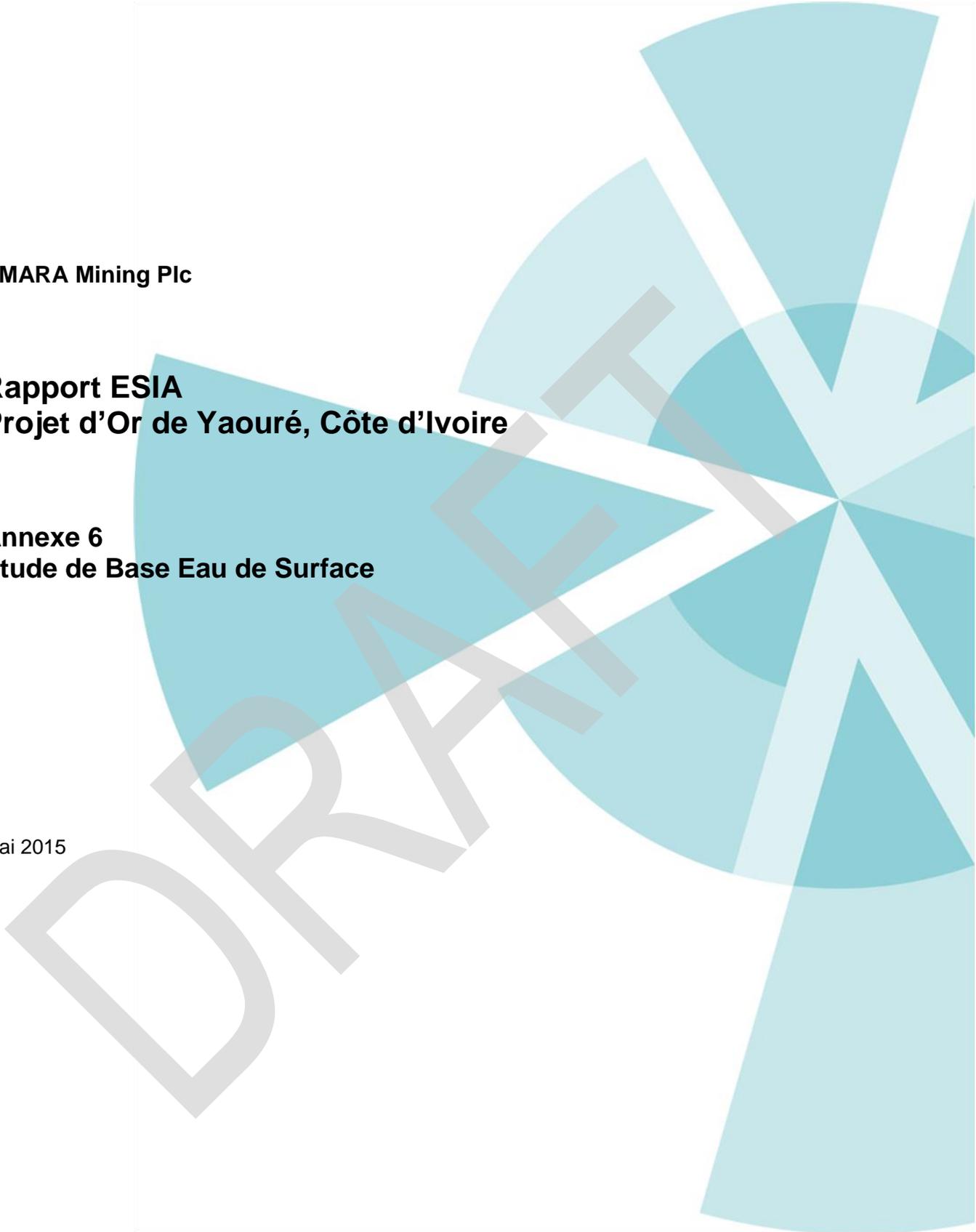


AMARA Mining Plc

**Rapport ESIA
Projet d'Or de Yaouré, Côte d'Ivoire**

**Annexe 6
Étude de Base Eau de Surface**

Mai 2015



Révision	Date	Description	Préparé	Revu	Approuvé		
					Chef de Projet	Signature	Client
0	29/05/2015	Projet	RC	CK			

DRAFT

Table des Matières

1.	INTRODUCTION - HYDROLOGIE.....	1
1.1	CONTEXTE LOCAL ET RÉGIONAL	1
1.2	LE FLEUVE BANDAMA.....	1
1.3	BASE DE DONNÉES PRÉCÉDAMENT UTILISÉE POUR L'ESIA DE LA MINE D'ANGOVIA.....	1
1.4	ANTÉCÉDANTS DE LA QUALITÉ DES EAUX DE SURFACE.....	1
2.	ESTIMATION DES DEBITS DE POINTE POUR LE PROJET AMARA PROPOSÉ.....	10
2.1	MÉTHODOLOGIE.....	10
2.1.1	Méthode Rationnelle.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.2	Enquêtes de terrain de Juillet 2014 et Janvier 2015	Error! Bookmark not defined.
2.1.3	Bassins versants.....	Error! Bookmark not defined.
2.2	COEFFICIENT DE RUISSELEMENT C	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.2.1	Intensité des Pluies.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.2	Durée Critique de Précipitation.....	Error! Bookmark not defined.
2.3	RESULTATS DE LA METHODE RATIONELLE	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.4	SCENARIO DE MINE DEVELOPPEE	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.4.1	Introduction	18
2.4.2	Changements des caracteristiques du bassin versant et des bassins secondaires dûs aux dérivations de l'IGR.....	Error! Bookmark not defined.
2.5	RESUME DES RESULTATS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.	SURVEILLANCE EXISTANTE.....	22
3.1	DONNÉES DE DEBIT D'ÉCOULEMENT	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.2	DONNEES SUR LA QUALITE DE L'EAU (SURFACE ET SOUTERRAINNE)	22
4.	REFERENCES.....	29

Liste des Tableaux

Tableau 1.1 Débit du fleuve Bandama à Marabadiassa, 1962-1997 (données fournies par Amara).....	4
Tableau 1.2 Caractéristiques Générales du Bandama pour 1993.....	5
Tableau 1.3 Débits Extrêmes Calculés dans les Bassins Versants Secondaires du Projet (Source: SGS, 2007).....	7
Tableau 1.4 Sites Proposés de Surveillance des Eaux de Surface (SGS, 2006).....	8
Tableau 2.1 Critères de Sélection des Bassins et des Points de Mesure de Débit.....	11
Tableau 2.2 Coefficients de Ruissèlement Pour Usage dans la Méthode Rationnelle.....	14
Tableau 2.3 Résultats IDF (Intensité des Pluies en mm/h).....	15
Tableau 2.4 Paramètres d'Entrée pour le Calcul des Temps de Concentrations par la Méthode de Bransby-Williams.....	16
Tableau 2.5 Temps de Concentrations Calculés.....	17
Tableau 2.6 Paramètres d'Entrée de la Méthode Rationnelle et Résultats pour les Événements à Fréquence de 100 et 1000 Ans.....	18
Tableau 2.7 Paramètres d'Entrée et Résultats de la Méthode Rationnelle pour les Événements à Fréquence de 100 et 1000 Ans pour les Bassins Versants et les Bassins Secondaires Modifiés des Bassins 2 et 4.....	20
Tableau 2.8 Résumé des Estimations de Débit de Pointe pour tous les Bassins, Bassins Modifiés et Bassins Secondaires, pour toutes les Fréquences.....	21
Tableau 3.1 Sites de Surveillance des Eaux Souterraines.....	23
Tableau 3.2 Sites de Surveillance des Eaux de Surface.....	23

Liste des Figures

Figure 1.1 Topographie et Hydrographie du Projet et de la Région Environnante.....	2
Figure 1.2 Topographie et Hydrographie de l'Aire du Projet et Points de Surveillance Existants.....	3
Figure 1.3 Débit Moyen Mensuel du Bandama Blanc à Marabadiassa (1993).....	5
Figure 1.4 Bassins Secondaires du Projet Déterminés par SGS (2007).....	6
Figure 2.1 Bassins, Points de Mesure de Débit, Emplacements Prévisionnels des Infrastructures et Parcours de Drainage.....	13
Figure 2.2 Bassins Modifiés 2a et 4a (grisés), et Bassins Secondaires 4.1 et 4.2.....	19
Figure 3.1 Diagrammes de Piper pour les Échantillons d'Eaux Souterraines et d'Eaux de Surface.....	24

1. INTRODUCTION - HYDROLOGIE

1.1 CONTEXTE LOCAL ET RÉGIONAL

Le site du projet est essentiellement arrosé par les affluents du fleuve Bandama. Beaucoup de ces cours d'eau sont éphémères ne coulant que pendant l'une des deux saisons humides.

Le drainage de la majeure partie du secteur des puits à ciel ouvert proposés coule vers le nord dans le lac de Kossou. Le bord méridional extrême du puits à ciel ouvert peut se drainer vers le sud dans un bassin versant tributaire séparé qui se jette dans le Bandama (Blanc) au sud du barrage de Kossou. La Figure 1.1 montre le réseau de drainage de surface pour le secteur élargi entourant le site du projet, et la Figure 1.2 montre le secteur du projet dans le Permis d'Exploration Souterraine en plus détail, ainsi que les points surveillance des eaux de surface et des eaux souterraines existants.

Par conséquent, la totalité du site du projet, y compris l'IGR et autres infrastructures, se trouve dans le même bassin secondaire dont les eaux coulent toutes soit dans le lac de Kossou, soit dans le Bandama (Blanc) au sud du barrage de Kossou, au nord de Toumbokro. Cette limite du bassin secondaire inclue également la zone de Permis d'Exploration Souterraine et s'étend vers le sud du lac de Kossou jusqu'à N'da Koffo Yobouékro, vers le sud-ouest à Lotanzia, et au ESE au fleuve Bandama au nord de Toumbokro.

1.2 LE FLEUVE BANDAMA

Il n'existait aucune donnée de suivi du débit pour les cours d'eau tributaires du Bandama avant le commencement de l'étude de base pour ce projet. Il y a cependant des données quotidiennes (avec quelques lacunes) en provenance d'une station hydrométrique pour le fleuve Bandama à Marabadiassa, qui est juste au nord de la rive nord du lac de Kossou. Ces enregistrements vont de 1962 à 1997 et encadrent donc la construction du barrage de Kossou et la formation du lac de Kossou en 1972, mais sont indépendants des décharges contrôlées du lac de Kossou depuis cette époque. Le fleuve Bandama est le plus long de Côte d'Ivoire avec un parcours de 800 kilomètres, coulant presque nord/sud à travers le centre du pays pour se jeter dans la Lagune de Tagba et le Golfe de Guinée.

Le Tableau 1.1 résume les données quotidiennes de débit du Bandama à Marabadiassa sous forme de moyennes mensuelles.

Figure 1.1
Topographie et Hydrographie du Projet et de la Région Environnante

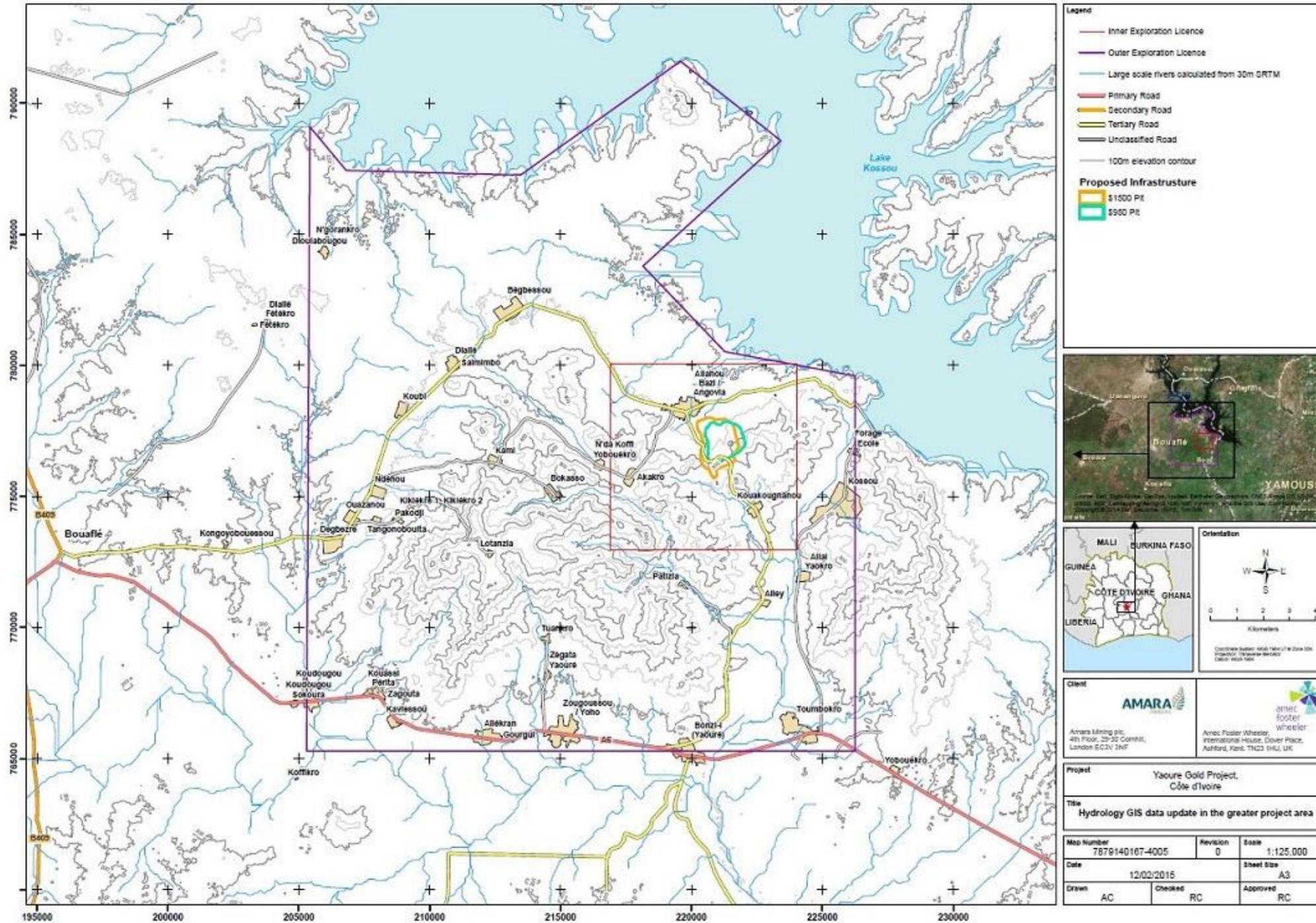
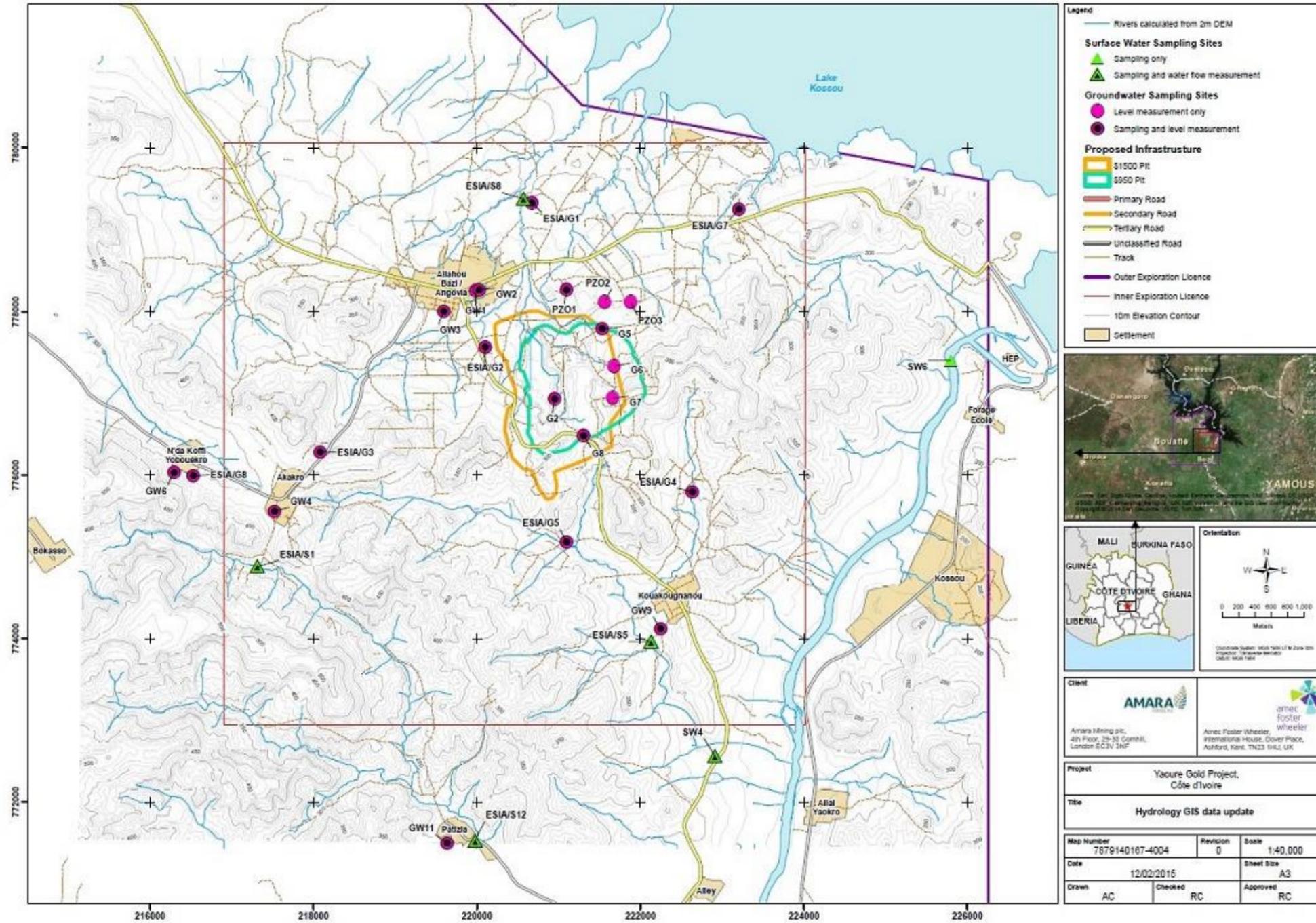


Figure 1.1
Topographie et Hydrographie de l'Aire du Projet et Points de Surveillance Existants



Moyenne Mensuelle des Débits du Fleuve (m³/sec)												
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
1962					4.9	8.1	21.5	114.0	538.0	419.0	130.0	49.4
1963	18.5	11.3	9.5	3.9	11.3	35.2	112.0	286.0	617.0	590.0	274.0	60.8
1964	26.7	11.9	5.1	6.0	17.3	37.0	47.0	435.0	1010.0	655.0	175.0	128.0
1965	68.6	35.7	16.7	13.6	11.0	58.8	223.0	443.0	663.0	619.0	154.0	55.1
1966	27.0	13.3	8.4	16.2	16.3	30.4	35.6	231.0	455.0	450.0	163.0	58.5
1967	22.7	15.2	11.8	7.8	14.0	14.5			592.0	425.0	94.4	36.6
1968	15.7	13.0	6.9	7.8	22.4	28.9	122.0	327.0	530.0	464.0	153.0	52.4
1969		29.0	11.1	6.3	3.3	4.0	89.3	222.0	402.0	377.0	335.0	73.1
1970	28.9	14.1	6.9	5.6	6.4	10.0	31.4	375.0	787.0	429.0	80.2	33.0
1971	15.6	7.7	6.7				9.9	185.0	445.0	278.0	48.4	25.9
1972		3.9	1.8	5.0	13.7	86.4	49.0	117.0	140.0	85.9	35.2	10.0
1973	6.6	1.8	0.4	1.8	5.2	3.1	100.0	296.0	333.0	155.0	49.7	10.3
1974	3.0	0.7	0.1	0.5	3.6	4.0	11.7	211.0	442.0	302.0	83.4	12.7
1975	7.8	3.2	1.2	1.0	6.3	7.6	24.4	200.0	526.0	200.0	40.4	16.8
1976	6.7	3.2	2.5	1.9	2.3	6.7	23.0	9.3	6.4	82.0	103.0	16.0
1977	5.8	2.0	0.3									
1978	0.8	0.1	0.0	1.8	8.7							
1979	1.2	0.1	0.0	0.0	4.7	27.9	150.0	344.0	797.0			
1980					10.2	20.5	43.1	181.0	567.0			
1981							56.0	250.0	234.0	120.0		
1982			1.5	9.2	6.9	5.8	17.6	37.6	117.0	55.7	36.0	6.6
1983	1.3	0.6	0.9	1.4	3.3	3.5	6.9	9.7	26.9	16.1	1.6	1.0
1984	0.0	0.0	0.4	0.1	7.2	10.9	23.9	57.4	147.0	83.9	21.7	5.5
1985	2.0	0.3	2.0	7.5	4.9	6.5	52.0	469.0	547.0	139.0	33.7	6.4
1986	3.0	1.7	0.9	3.4	3.3	8.0	11.7	83.7	263.0	115.0	50.4	10.7
1987	3.6	2.7	1.5	1.8	0.8	12.6	14.1	63.9	262.0	143.0	38.5	10.6
1988	3.3	0.7	0.3	0.0		2.9	49.3	172.0	466.0	272.0	29.4	7.8
1989	1.8	0.9	1.4	3.6	3.5	6.4	34.2	284.0	568.0	190.0	56.2	28.1
1990	15.8							139.0	104.0	74.0		
1991	1.4	0.1	0.0	0.0	5.6	14.6	66.8	183.0	359.0	135.0	35.1	7.0
1992	1.7	0.8	0.0	0.2	11.6	20.2	42.0	113.0	162.0	93.1	33.8	8.4
1993	3.4	0.5	0.8	0.3	11.1	15.3	16.4	22.9	125.0	83.3	27.0	5.8
1994	0.7	0.0	0.2	1.5	3.3	12.7	19.6	130.0	267.0	456.0	208.0	20.8
1995	4.9	1.3	0.2	1.0	13.5	7.5	19.5	144.0	327.0	227.0	64.9	14.1
1996	6.3	1.1	0.6	4.8	7.6	16.7	23.6	93.0	427.0	256.0	38.1	12.6
1997	6.7	2.8	0.4	7.2	7.0	26.9	43.8	177.0	320.0	279.0		12.9
Moyenne	10.4	5.8	3.1	4.0	8.1	17.9	49.7	194.1	399.2	258.4	89.4	26.6
Maximum	68.6	35.7	16.7	16.2	22.4	86.4	223.0	469.0	1010.0	655.0	335.0	128.0
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.9	6.9	9.3	6.4	16.1	1.6	1.0

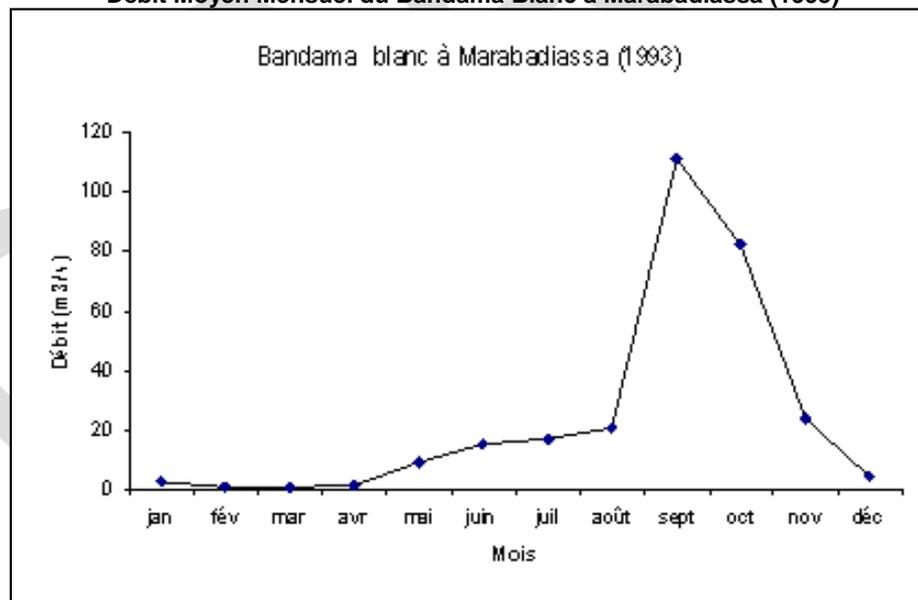
1.3 BASE DE DONNÉES PRÉCÉDAMENT UTILISÉE POUR L'ESIA DE LA MINE D'ANGOVIA

SGS (2007) a fourni des hydrogrammes pour le fleuve Bandama en amont du Lac de Kossou. Les données originales n'en sont pas disponibles, mais certaines caractéristiques générales pour 1993 (après la construction du barrage) sont présentées dans le Tableau 1.2 et la Figure 1.3 ci-dessous.

Paramètres	Bandama à Marabadiassa	Total Bandama
Bassin versant (km ²)	22,293	97,000
Débit moyen annuel (m ³ /s)	24	171
Décharge spécifique annuelle (l/s/km ²)	1.08	0.0017
Précipitations (mm)	1060	
Basses-eaux (m ³ /s) (date)	0.328 (26 Avr.)	
Débit de pointe (m ³ /s) (date)	181 (15 Sep.)	
Saison des crues	Sep/Oct.	
Saison de basses-eaux	Déc.-Avr.	

(SGS, 2007 d'après Direction de l'Eau, 1993; JICA, 2001)

Figure 1.2
Débit Moyen Mensuel du Bandama Blanc à Marabadiassa (1993)



En amont du Lac de Kossou, Marabadiassa reflète le climat Nord-Ivoirien avec une période de pointe en Septembre.

SGS (2007) a divisé le bassin secondaire dans lequel le projet réside en cinq secteurs (Figure 1.4) et a effectué des calculs sur les débits extrêmes basés sur l'analyse des enregistrements de débit pour le

Bandama Blanc à Marabadiassa et pour le Marahoué à Bouaflé. Les données brutes n'ont pas été disponibles pour cette étude mais les résultats des calculs sont montrés dans le Tableau 1.3.

Figure 1.3
Bassins Secondaires du Projet Déterminés par SGS (2007)

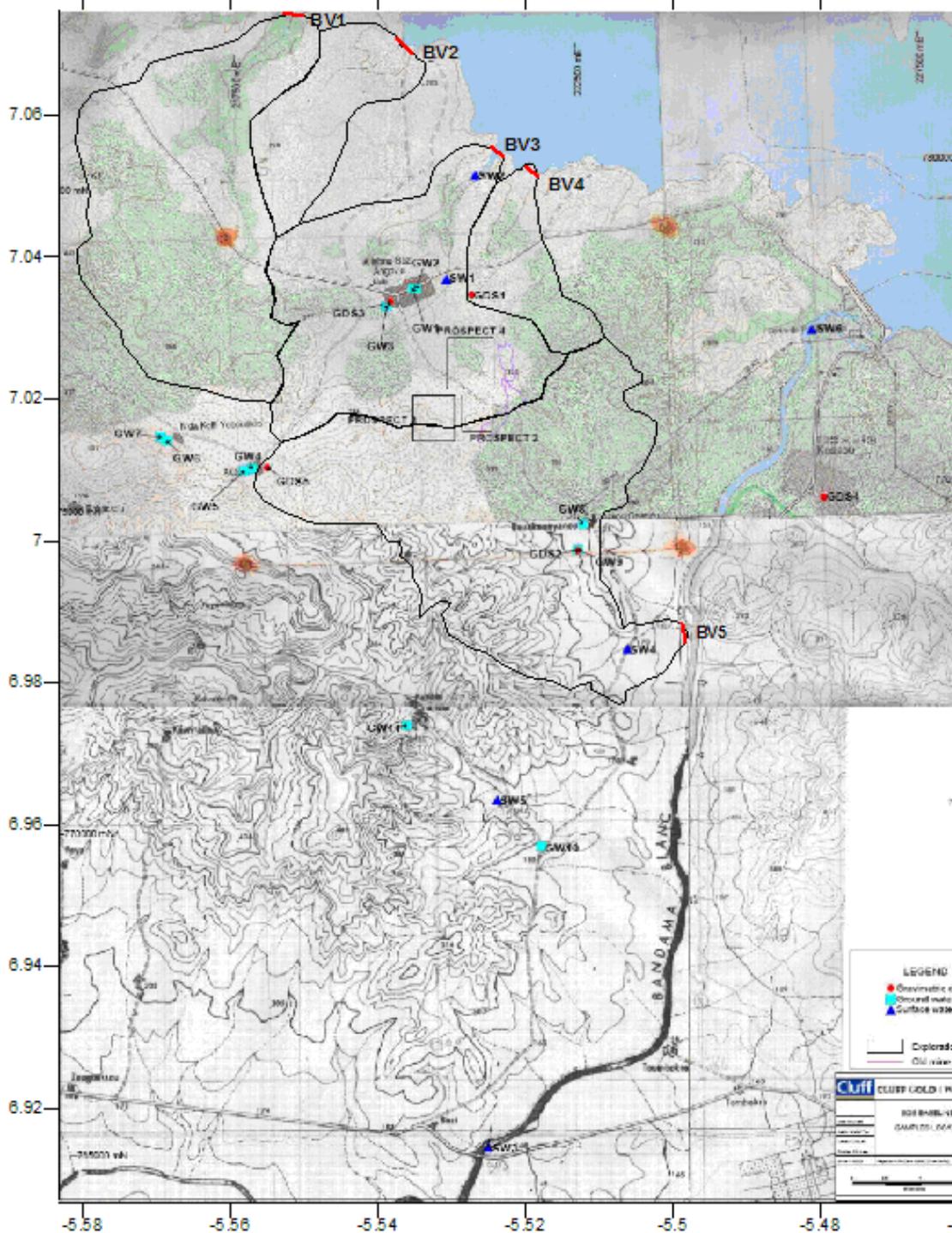


Tableau 1.3
Débits Extrêmes Calculés dans les Bassins Versants Secondaires du Projet (Source: SGS, 2007)

Bassin Versant	Surface du bassin (km ²)	Débit moyen annuel (m ³ /s)	Débit de crue 1/10 ans (m ³ /s)	Débit de crue 1/20 ans (m ³ /s)	Débit de crue 1/50 ans (m ³ /s)	Débit de crue 1/100 ans (m ³ /s)
Bandama Blanc à Marabadiassa	22,293	24	829	987	1190	1343
Marahoué A Bouaflé	19,800	22	842	993	1189	1336
BV1	14.34	-	41.4	-	-	-
BV2	4.02	-	15	-	-	-
BV3	12.42	-	45	-	-	-
BV4	2.93	-	14.8	-	-	-
BV5	17.56	-	41.2	-	-	-

1.4 ANTÉCÉDANTS DE LA QUALITÉ DES EAUX DE SURFACE

Les activités antérieures de lixiviation à Angovia/Yaouré ont été examinées et auditées dans le cadre du suivi de la fermeture de cette exploitation.

En 2005 on a signalé que la « *détoxification des tas épuisés semble avoir été réussie car aucun cyanure résiduel (libre, WAD et total) n'a été trouvé dans les drainages en aval ou dans les sédiments accumulés à la base des tas. Cependant, il est préférable de confirmer cette proposition et de prélever quelques échantillons d'eau supplémentaires pendant la saison des pluies suivante (juin/juillet 2005)* » (SGS, 2005).

Il a été également rapporté par SGS que la « *réhabilitation du secteur des bassins de solutions de traitement a été soit interrompue, soit précipitée. Les observations sur site et la présence de cyanures dans les bassins d'eau stagnante confirment que le secteur est une source potentielle de contamination à long terme pour les eaux de surface comme pour les eaux souterraines. On recommande fortement de réhabiliter ce site à un niveau adéquat afin qu'il ne constitue plus une menace supplémentaire pour l'environnement* » (SGS, 2005). Une situation semblable a été décrite par AMEC (2005).

Un problème réel et potentiel de pollution des eaux de surface concerne les activités des mineurs artisanaux (« *orpailleurs* »). SGS (2005) « *n'a identifié aucun impact majeur sur la qualité de l'air et la qualité de l'eau (excepté la pollution normale des eaux par des solides en suspension et un potentiel de contamination par le cyanure à partir du secteur des bassins de solutions de traitement), aucun potentiel de drainage minier acide ou de pollution par déchets solides ou liquides. Dans la proximité étroite des anciennes régions d'activités d'AGM, deux sites principaux d'« orpailleurs » ont été identifiés. Ce sont le site de N'gbonlobounou dans la vallée de la rivière Wintin-wintin et la partie nord du Puits Nord. En outre, des signes de leurs activités persistantes ont été trouvés dans presque tous les anciens secteurs opérationnels d'AGM (puits, tas, traitement, dépôt ROM). Les « orpailleurs » d'Angovia n'emploient pas le mercure ni d'autres produits chimiques pour récolter l'or. Par conséquent, les principales incidences sur l'environnement par suite de leurs activités d'excavation et de lavage sont*

la dégradation des sols, de la qualité des eaux de surface par une augmentation de la quantité de solides en suspension, du paysage et de la végétation ».

Un programme de base de surveillance des eaux de surface a été proposé à ce qui était alors Cluff Gold en 2006 (SGS, 2006). Ceci a inclus les points de surveillance montrés dans le tableau 1.4 La surveillance a été faite par intermittence entre 2006 et 2012.

Code	Nom	Description	Coordonnées GPS (UTM)	
			Nord	Est
SW1	Rivière Wintin-wintin I	En amont de la Wintin-wintin avant le Village d'Allahou Bazi	778394	220478
SW2	Rivière Wintin-wintin II	En aval de la Wintin-wintin en amont du confluent avec le Bandama	779991	220960
SW3	Bandama I	En aval du Bandama au Village de Clément Bambakro	764899	220575
SW4	Rivière N'Zué blé	Sur la Rivière N'Zué blé en amont du Village de Patizia II	772564	222909
SW5	Rivière Palé	Sur la Rivière Palé en aval du Village de Patizia I	770294	220916
SW6	Bandama II	En amont du Bandama au pied du mur du barrage	777398	225794

Les analyses des échantillons ont recherché :

Paramètres chimiques matériels : pH, oxygène dissous, conductivité, total des matières solides dissoutes, couleur apparente, couleur réelle, turbidité, alcalinité et TH (CaCO₃).

Nutriments et autres paramètres chimiques : Sodium (Na), Potassium (K), Sulfate, Chlorure, Nitrate, Calcium, Magnésium (Mg), COD et BOD.

Métaux (Total et dissous alternativement) : Fe, Mn, Zn, Pb, Hg, Cr, Ni, As, Cd, Al, Bi, Sb, Cd, Co et Se.

Cyanure : Cyanure libre et total.

En général toutes les eaux ont un pH proche du neutre, peuvent montrer des concentrations élevées en fer et il y avait des cas où de l'arsenic était discernable dans SW1 et SW2, du cyanure total (à peine à la limite de la détection) dans SW2, SW3 et SW4, et des coliformes totales, des staphylocoques et des streptocoques à tous ces points. La contamination bactérienne sera due aux conditions d'hygiène dans les villages en amont des points de prélèvement. Autrement la qualité semble être acceptable.

Un autre groupe d'échantillons a été pris et analysé pour un ensemble réduit de paramètres par Lapisen en Novembre 2013. Les résultats étaient généralement similaires, mais ont inclus du cyanure total discernable (0.22 mg/l) dans SW2.

DRAFT

2. ESTIMATION DES DÉBITS DE POINTE POUR LE PROJET AMARA PROPOSÉ

Les débits de pointe/décharges ont été déterminés à cinq endroits en aval de l'infrastructure de mine proposée en utilisant la Méthode Rationnelle, comme discuté ci-dessous.

2.1 MÉTHODOLOGIE

La Méthode Rationnelle a été choisie pour estimer les débits de pointe pour les raisons suivantes :

- C'est une méthode bien établie qui peut être appliquée à un éventail de bassins versants, y compris ceux du site ;
- Les paramètres d'entrée nécessaires peuvent être obtenus/estimés à partir des données disponibles pour le site ; et
- les estimations initiales pour les débits de pointe peuvent être obtenues en utilisant des données disponibles limitées - celles-ci peuvent plus tard être élaborées plus en détail au besoin au fur et à mesure de l'avancement du projet et/ou quand plus de données deviennent disponibles.

2.1.1 Méthode Rationnelle

La formule de la Méthode Rationnelle est :

$$Q_p = 2.78CiA$$

Avec :

Q_p = débit de pointe (l/s);

C = coefficient de ruissèlement (sans unité), qui dépend des caractéristiques du bassin versant ;

i = intensité de la précipitation pour la fréquence choisie (en mm/h) et pour la durée critique de pluie pour le bassin : et

A = Superficie totale du bassin de drainage (ha).

2.1.2 Enquêtes de terrain de Juillet 2014 et Janvier 2015

L'information anecdotique obtenue pendant les enquêtes de terrain a aidé à la détermination des paramètres à entrer dans la Méthode Rationnelle, et a fournis un contexte aux résultats. On comprend que :

- Le plan de surveillance existant (voir la section 3 ci-dessous) inclut la collecte de valeurs instantanée de débit sur une base quotidienne ou hebdomadaire le long des cours d'eau dans le voisinage du site, comme documenté dans le plan de surveillance du site, toutefois excepté un cours d'eau pérenne situé au sud de la vallée de l'IGR, ils étaient à sec à l'époque de l'enquête de terrain de Janvier 2015 ;

- Plusieurs des cours d'eau éphémères à proximité du site sont mal définis et étaient à peine perceptibles à l'époque des enquêtes de terrain ;
- L'infiltration, au moins pendant la saison sèche, semble être rapide ;
- Il ne reste que peu de forêt tropicale humide primaire dans le secteur. L'utilisation du sol varie entre la forêt secondaire, la savane, les secteurs défrichés pour l'agriculture de petite échelle, la terre nue et les secteurs développés (villages et anciens développement de mines) ; et
- Il est accepté que les remblais de lixiviation associés aux opérations minières précédentes sont maintenant "stériles" de produits pour lixiviation et que le ruissellement des remblais historiques est dérivé dans le système de drainage naturel.

2.1.3 Bassins versants

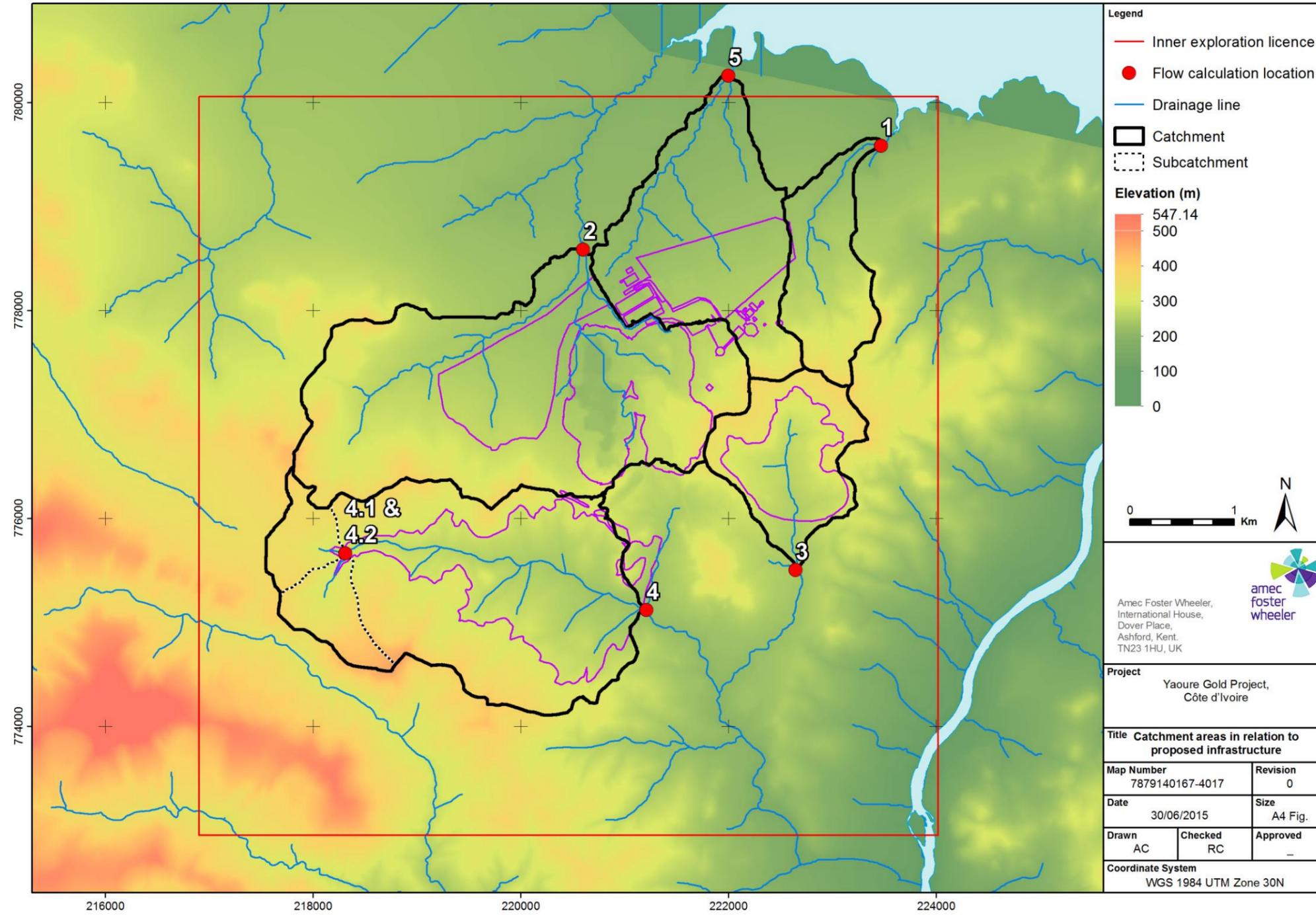
Les lignes de partage des eaux et les bassins de drainage ont été tracés en GIS en utilisant le logiciel ArcHydro. Une fois que les lignes de partage avaient été tracées, les positions où des débits de pointe seraient calculés ont été déterminées. Ces endroits ont été choisis afin de s'assurer que toute la pluie tombant sur ou en amont de l'infrastructure de mine proposée serait incluse. Les critères de sélection des bassins et des points de mesure de débit, y compris l'infrastructure dans chaque bassin, sont présentés dans le Tableau 2.1 ci-dessous. Bassins, points de mesure de débit, emplacements temporaires d'infrastructures et parcours de drainage sont présentés dans la Figure 2.1 ci-dessous.

Tableau 2.1		
Critères de Sélection des Bassins et des Points de Mesure de Débit		
Bassin No.	Infrastructure dans le bassin	Considérations sur les Points de Mesure de Débit
1	<ul style="list-style-type: none"> • (une partie de la) Décharge de Déchets de Roche B 	Situé suffisamment en aval afin de capturer tout le ruissellement de la décharge de déchets de roche B, mais en amont d'un petit confluent dont les écoulements ne sont pas d'intérêt.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Puits à ciel ouvert • Décharge de Déchets d'Angovia • Une partie du site de traitement prévu • Une partie de l'ancien secteur de lixiviation 	Situé au pont sur la route existante entre le village d'Angovia et le barrage de Kossou. Placé juste en aval d'un confluent de bassin secondaire- afin de capturer les écoulements de la décharge de déchets d'Angovia et ceux des puits proposés.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Décharge de Déchets C 	Placé juste en aval d'un confluent avec un petit tributaire dont les écoulements ne sont pas d'intérêt. La petite partie de la décharge de déchets C qui semble être en dehors du bassin (au sud-est) s'écoule en fait dans ce même cours d'eau, mais le fait juste en aval du confluent, et par conséquent semble être en dehors du bassin 3.
4	<ul style="list-style-type: none"> • IGR 	Situé en amont d'un affluent voisin qui ne contribuera pas d'écoulement à l'IGR.

Tableau 2.1		
Critères de Selection des Bassins et des Points de Mesure de Débit		
Bassin No.	Infrastructure dans le bassin	Considérations sur les Points de Mesure de Débit
5	<ul style="list-style-type: none"> • Site proposé de l'usine • Tas de minerai à faible teneur • Décharge de Déchets B • Bureaux existants et bassins d'eau • Ancien remblai de lixiviation et bassins 	Situé en aval du site afin de capturer plusieurs petits chemins d'écoulement provenant du site dans un seul bassin versant.

Pour ce qui est du tracé des bassins secondaire, les parcours de drainage dans la Figure 2.1 ont été également déterminés en utilisant le logiciel ArcHydro dans ArcGIS. Ils indiquent les parcours de drainage potentiels, qui peuvent être associés à des chemins, des rigoles, des ravines et/ou des canaux de ruissèlement, selon les caractéristiques des bassins en amont, telles que la taille du bassin, la couverture au sol et la pente.

Figure 2.1
Bassins, Points de Mesure de Débit, Emplacements Prévisionnels des Infrastructure et Parcours de Drainage,



Source : Basé sur des données LiDAR et un plan d'infrastructure prévisionnel fourni par Amara/Tetrattech

DRAFT

2.2 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT C

Le coefficient de ruissellement C sans unité utilisé dans la Méthode Rationnelle dépend des caractéristiques du bassin versant, telles que la couverture du sol, le type de sol, le relief et les conditions antérieures. Pour cette étude, C a été déterminé en utilisant le jugement professionnel basé sur l'inspection visuelle de photographies aériennes et de données « Landsat » obtenues de l'United States Geological Survey (USGS) sur l'Indice de Végétation par Différence Normalisée (IVDN) (pour le type de couverture au sol et la couverture végétale), combiné avec des considérations générales sur le type de sol (pas trop lourd mais pas très perméable) et une connaissance du relief relativement bas de la zone d'intérêt (d'après les données du modèle digital d'élévation LiDAR). Cela fut renforcé par des informations obtenues pendant la visite du site, et l'appréciation des conditions antérieures vraisemblablement présentes après le pic de la saison des pluies, quand les débits de pointe sont probables.

Les coefficients de ruissellement estimés sont présentés dans le Tableau 2.2 ci-dessous.

Tableau 2.2					
Coefficients de Ruissellement Pour Usage dans la Méthode Rationnelle					
Paramètre	ID du Bassin Versant				
	1	2	3	4	5
Coefficient de ruissellement C (estimation initiale) (sans unité)	0.25	0.3	0.25	0.3 (pointe) ¹ 0.2 (WBM) ²	0.4

¹ Coefficient de ruissellement de 0.3 recommandé pour le bassin de l'IGR pour usage dans la Méthode Rationnelle pour le calcul des débits de pointe.

² Coefficient de ruissellement de 0.2 recommandé pour le bassin de l'IGR pour la modélisation de l'équilibre hydrique de l'IGR.

Comme indiqué dans les notes du Tableau 2.2, un coefficient de ruissellement de 0.3 a été utilisé pour l'évaluation du débit de pointe au débouché du bassin de l'IGR, ce qui est considéré conservateur étant donné que le bassin de l'IGR est celui qui a la végétation la plus dense (selon les photographies aériennes et l'imagerie Landsat INVD). Ceci est considéré approprié pour les calculs de débits de pointe. Cependant, pour le calcul de l'équilibre hydrique, qui doit considérer l'aspect ressource pour tenir compte des besoins en eau de complément (en assumant que le ruissellement du bassin de l'IGR draine dans l'IGR et ne sera pas intercepté) un coefficient de ruissellement de 0.2 est recommandé.

2.2.1 Intensité des Pluies

L'intensité des pluies a été déterminée à partir des courbes IDF générées en utilisant des données de précipitations de la station météorologique de Bouaflé et la formule de Sherman (1931), comme discuté dans l'Étude de Base du Climat qui accompagne cette étude (Amec Foster Wheeler, 2015). Les données IDF utilisées dans cette étude et les courbes correspondantes sont présentées ci-dessous dans le Tableau 2.3.

Tableau 2.3 Résultats IDF (Intensité des Pluies en mm/h)									
Fréquence (années)	Intensité des Pluies (mm/h)								
	Durée (mn)								
	5	10	20	30	60	120	180	720	1440
100	191.5	172.7	157.4	124.8	89.1	57.5	42.9	13.9	9.2
1,000	249.4	224.8	204.9	162.5	116.0	74.9	55.9	18.1	9.9

2.2.2 Durée Critique de Précipitation

Le débit de pointe pour un bassin donné intervient quand l'ensemble du bassin contribue de l'écoulement dû à la pluie. La durée de l'orage qui provoquera le débit de pointe est appelée la durée critique de précipitation, qui est généralement considérée égale au « temps de concentration ».

Le Temps de Concentration (T_c) pour un bassin versant est défini comme :

- le temps mis par l'eau pour s'écouler du point le plus à éloigné du bassin jusqu'au point de mesure ; ou
- le temps pris entre le début d'un événement de précipitations jusqu'à celui où l'ensemble du bassin contribue simultanément au débit au point de mesure.

Le temps de concentration peut être estimé en utilisant un certain nombre de méthodes. Pour cette étude, la méthode de Bransby-Williams a été employée, qui est une méthode couramment utilisée et considérée appropriée dans ce cas. Les temps de concentration ont été vérifiés par recoupement avec des valeurs obtenues en utilisant d'autres méthodes, y compris un calcul simple de vitesse aréolaire et les méthodes de Kerby et de Kirpich. Toutes les valeurs de T_c sont avérées comparables.

La méthode de Bransby Williams donne :

$$T_c = \frac{58.5L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$

Avec :

L est la longueur du réseau (km) ;

A est la surface du bassin versant (km²) ; et

S est la pente (m/km).

L est déterminé par le plus long parcours de l'eau dans le bassin versant, qui a été déterminé en utilisant le logiciel ArcHydro en GIS. A est le secteur contribuant à l'écoulement le long du parcours d'écoulement. S est donné par la différence d'altitude sur la longueur du plus long parcours d'écoulement.

Les Paramètres d'Entrée pour le Calcul des Temps de Concentrations par la Méthode de Bransby-Williams sont présentés dans le Tableau 2.4 ci-dessous.

Tableau 2.4					
Paramètres d'Entrée pour le Calcul des Temps de Concentrations par la Méthode de Bransby-Williams					
Paramètre	ID du Bassin Versant				
	1	2	3	4	5
Surface du bassin versant (m ²)	1 426 348	6 926 244	1 757 128	5 959 332	3 240 352
Parcours le plus long /longueur du réseau (km)	3.02	4.50	2.32	4.96	4.47
Altitude au sommet du parcours le plus long (m ASL)	388.12	377.66	382.93	463.77	274.36
Altitude à la base du parcours le plus long (m ASL)	188.87	212.36	238.71	224.58	188.17
Pente (m/m)	0.07	0.04	0.06	0.05	0.02
Pente (m/km)	65.9	36.8	62.3	48.3	19.3

Les valeurs de T_c calculées par la méthode de Bransby-Williams sont présentées dans le Tableau 2.5 ci-dessous, ainsi que le T_c calculé en utilisant les diverses autres méthodes mentionnées ci-dessus, s'étendant des calculs simples de longueur de drainage avec vitesses assumées, aux variations sur les méthodes de Kerby et de Kirpich. Les méthodes additionnelles, bien que moins appropriées au site, donnent confiance dans les valeurs obtenues en utilisant la méthode de Bransby-Williams.

Tableau 2.5					
Temps de Concentrations Calculés					
Méthode de calcul	ID du Bassin Versant				
	1	2	3	4	5
Longueur directe avec vitesse assumée (de 0.5m/s) (minutes) ¹	78	120	64	123	99
Longueur détaillée avec vitesse assumée de 0.5m/s (minutes) ²	101	150	77	165	149
Bransby-Williams (minutes)	74	105	56	112	129
Kerby-Kirpich (minutes) ³	Nécessite la position du point où l'écoulement devient canalisé. Inconnue à ce stade				
Kerby seulement (tout en surface) (minutes) ⁴	75	104	81	123	105
Kirpich seulement (tout en surface) (minutes) ⁵	56	96	47	93	122
Kirpich seulement (tout parcours) (minutes) ⁶	28	48	23	47	61
Temps de Concentrations utilisé (Bransby-Williams) (minutes)	74	105	56	112	129

¹ Pour la méthode longueur directe avec vitesse assumée, le temps de concentration est simplement calculé en divisant la longueur directe « à vol d'oiseau » entre le sommet et la base du bassin versant par une vitesse d'écoulement assumée. Cela donne un ordre de grandeur du temps de concentration probable.

² Pour la méthode longueur détaillée avec vitesse assumée, le temps de concentration est simplement calculé en divisant la longueur « détaillée » du parcours d'écoulement le plus long entre le sommet et la base du bassin versant par une vitesse d'écoulement assumée. Cela donne un ordre de grandeur plus précis du temps de concentration probable.

³ La méthode de Kerby-Kirpich utilise l'addition du temps de concentration calculé pour l'écoulement de surface en utilisant la méthode de Kerby au temps de concentration calculé pour l'écoulement canalisé en utilisant la méthode de Kirpich. Cette méthode peut être appliquée aux bassins d'une surface entre 1.61 et 80km², une longueur du canal principal entre 1.6 et 80km et des pentes entre 0.002 et 0.02. Cependant, la détermination d'un endroit où l'écoulement de surface devient canalisé est exigée. C'est actuellement inconnu et donc cette méthode n'a pas été appliquée.

⁴ La méthode de Kerby est faite exclusivement pour l'écoulement de surface en petits bassins de drainage. La limite supérieure devrait être une longueur d'écoulement d'environ 305m. Tous les bassins, longueurs d'écoulement et pentes sont trop grands et trop raides pour compter sur des valeurs déterminées par la méthode de Kerby seulement. Ces valeurs sont présentées ici à titre indicatif seulement. La méthode de Kerby exige également l'évaluation d'un coefficient (sans unité) de retard (N), qui est basé sur la couverture au sol (ceci ne devrait pas être interpolé entre des valeurs tabulées).

⁵ La méthode de Kirpich est faite pour l'écoulement canalisé, mais peut également être employée pour l'écoulement de surface ou l'écoulement dans un canal naturel d'herbe en appliquant un coefficient d'ajustement. La méthode peut seulement être appliquée aux bassins de certaines tailles, longueurs de canalisation et pentes de canalisation. Tous les bassins sont trop grands pour l'application de cette seule méthode. Ces valeurs sont présentées ici à titre indicatif seulement.

⁶ La méthode de Kirpich donne des périodes très conservatrices ou courtes de la concentration qui ont comme conséquence des taux de débit de pointe élevés, particulièrement avec la Méthode Rationnelle. Cette méthode devrait seulement être employée si les données disponibles sont limitées à la longueur des lignes de partage et à la pente, ou si cette méthode est spécifiée. Tous les bassins sont trop grands pour l'application de cette seule méthode. Ces valeurs sont présentées ici à titre indicatif seulement.

2.3 RESULTATS DE LA METHODE RATIONELLE

Les paramètres d'entrée utilisés dans la Méthode Rationnelle et les résultats de débits de pointe pour les fréquences de 100 et 1000 ans sont présentés dans le Tableau 2.6 ci-dessous.

Tableau 2.6					
Paramètres d'Entrée de la Méthode Rationnelle et Résultats pour les Evénements à Fréquence de 100 et 1000 Ans					
Paramètre	ID du Bassin Versant				
	1	2	3	4	5
Surface du bassin versant (m ²)	1 426 348	6 926 244	1 757 128	5 959 332	3 240 352
Coefficient de ruissellement C (estimation initiale) (sans unité)	0.25	0.3	0.25	0.3	0.4
Temps de concentration /durée critique de précipitation (minutes)	74	105	56	112	129
Intensité des pluies – fréquence de 100 ans (mm/h)	82	65	94	62	55
Intensité des pluies – fréquence de 1000 ans (mm/h)	106	85	122	81	75
Débit de pointe – fréquence de 100 ans (m ³ /s)	8	38	11	31	20
Débit de pointe – fréquence de 1000 ans (m ³ /s)	11	49	15	40	27

Les résultats présentés aux tableaux 2.5 et 2.6 confirment que des débits de pointe non-négligeables pourraient se produire dans tous les bassins du site, et davantage de considération sera exigée lors de l'élaboration du plan d'infrastructure pour la mine. Les débits présentés dans le tableau 2.6 ne permettent pas de prendre en compte le changement climatique, ni les changements du développement proposé à ce site (c.-à-d. pour refléter des changements de couverture du sol). Des analyses supplémentaires ont été faites, comme discuté ci-dessous, pour tenir compte des changements les plus cruciaux qui pourraient se produire au site, qui seront associés aux puits dans le bassin 2 et l'IGR dans le bassin 4.

2.4 SCENARIO DE MINE DEVELOPPEE

2.4.1 Introduction

Pour le scénario de mine développée, il y a un certain nombre de considérations hydrologiques additionnelles qui devront être prises en compte comme les propositions d'infrastructure de mine

progressent. La plus importante de ces dernières, lié aux puits et à l'IGR, c.-à-d. les bassins 2 et 4 respectivement, sont discutés dans la section ci-dessous.

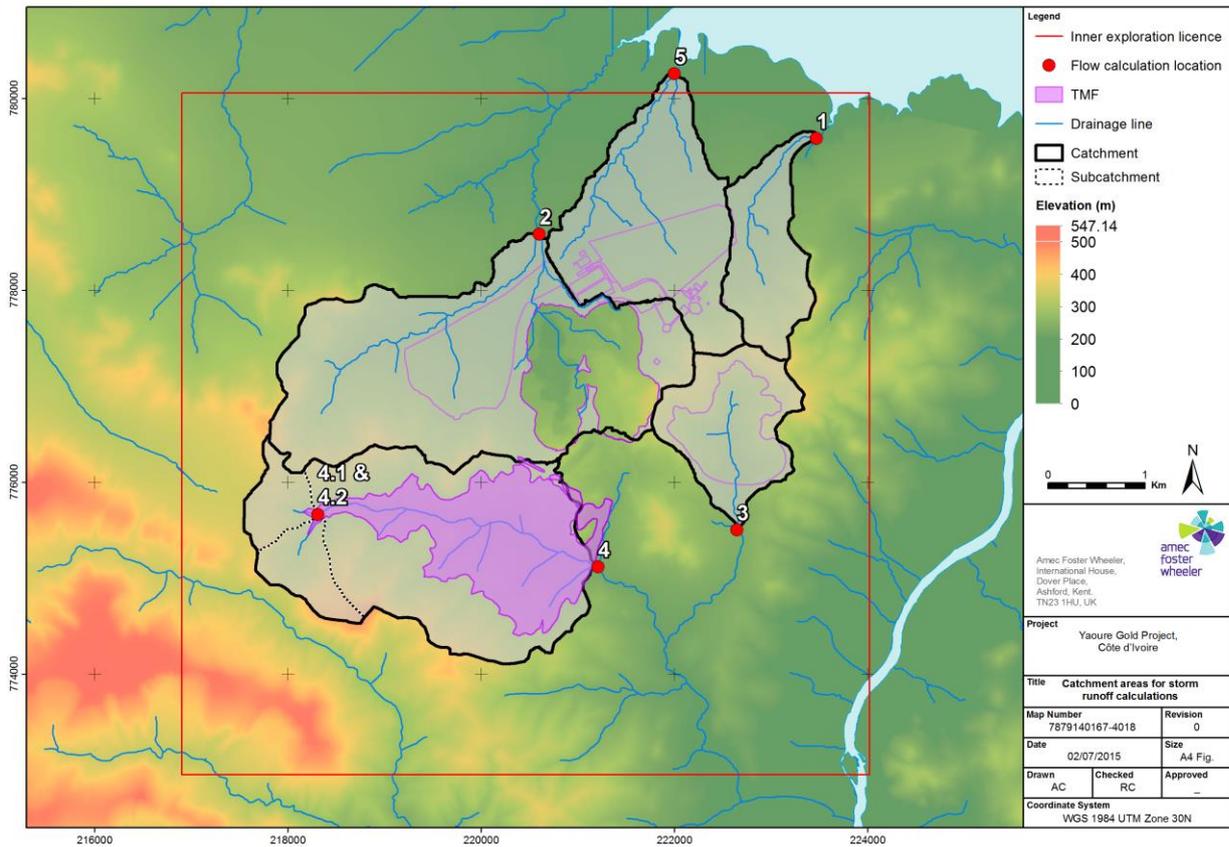
2.4.2 Changements des caractéristiques du bassin versant et des bassins secondaires dus aux dérivations de l'IGR

Pour le scénario de mine développée, le secteur du bassin 2 sera réduit de la taille des puits (voir la Figure 2.1 et la Figure 2.2), et le bassin 4 sera réduit de la surface de l'IGR. Les bassins versants résultants ont été identifiés dans ce rapport comme les Bassins 2a et 4a respectivement.

Une fois que le TMF est à plein développement, le bassin de l'IGR (4a) inclura effectivement un certain nombre de plus petit bassins secondaires qui se connecteront soit à l'IGR, soit à un canal de dérivation sur son pourtour. Des calculs de débit de pointe ont donc été également effectués pour deux bassins secondaires représentatifs dans le bassin de l'IGR, pour fournir des informations sur la magnitude probable de débit pour évaluer la faisabilité d'un canal de dérivation en termes de capacité probable exigée. Les bassins secondaires dans la partie amont de l'IGR ont été choisis, en tant que deux des plus grands bassins secondaires dans le bassin 4a.

Les bassins modifiés 2a et 4a sont présentés in Figure 2.2 ci-dessous, avec les bassins secondaires 4.1 et 4.2, et le bassin d'origine 1-5.

Figure 2.2
Bassins Modifiés 2a et 4a (grisés), et Bassins Secondaires 4.1 et 4.2.



Source: Basé sur des données LiDAR fournies par Amara et un plan d'infrastructure prévisionnel fourni par Amara en date (Fév./début Mars 2015)

Les paramètres d'entrée et les résultats de la Méthode Rationnelle pour les événements de fréquence 100 et 1.000 ans pour les bassins 2 et 4 sont reproduits dans le Tableau 2.7 ci-dessous, ainsi que les valeurs pour le bassin 2a modifiés, et les bassins secondaires 4.1 et 4.2. Une valeur pour 4a n'a pas été présentée, dû au fait que deux canaux de dérivation seraient probablement exigés, un au nord et l'autre au sud de l'IGR.

Tableau 2.7					
Paramètres d'Entrée et Résultats de la Méthode Rationnelle pour les Evénements à Fréquence de 100 et 1000 Ans pour les Bassins Versants et les Bassins Secondaires Modifiés des Bassins 2 et 4					
Paramètre	ID du Bassin Versant				
	2	2a	4	4.1	4.2
Surface du bassin versant (m ²)	6,926,244	5,301,289	5,959,332	486,836	579,504
Parcours d'écoulement le plus long (total) (km)	4.50	4.50	4.96	1.19	1.57
Altitude au sommet du parcours d'écoulement le plus long	377.66	377.66	463.77	367.55	463.77

Altitude à la base du parcours d'écoulement le plus long	212.36	212.36	224.58	284.76	284.76
Pente (m/m)	0.04	0.04	0.05	0.07	0.11
Coefficient de ruissellement C (estimation initiale) (sans unité)	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
Temps de concentration /durée critique de précipitation (minutes)	105	108	112	32	38
Intensité des pluies – fréquence de100 ans (mm/h)	65	64	62	122	116
Intensité des pluies – fréquence de1000 ans (mm/h)	85	83	81	159	151
Débit de pointe – fréquence de100 ans (m ³ /s)	38	31	31	3	4
Débit de pointe – fréquence de1000 ans (m ³ /s)	49	37	40	4	5

Les débits de pointe estimés dans le Tableau 2.7 indiquent que, à un point quelconque dans la vie des puits, les débits de pointe en bassin 2 devraient être entre les estimations pour 2a (la plus petite empreinte du bassin pendant la vie de la mine) et pour le bassin existant 2 (la plus grande empreinte du bassin pendant la vie de la mine), selon l'étape du développement de la mine, c.-à-d. entre 31 et 38 m³/s pour l'événement de fréquence 100 ans.

On peut voir que, même avec l'IGR à sa pleine ampleur (couvrant une surface totale d'approximativement 2,14 km²), il restera une portion significative du bassin amont (environ 3.65 km²). C'est approximativement 60% de la surface initiale du bassin 4 (approximativement 5.96 km²), indiquant que la dérivation le long du pourtour de l'IGR serait probablement nécessaire afin de s'assurer qu'un contrôle suffisant sur les volumes de l'eau et les exigences de gestion dans l'IGR est rendu possible.

Les estimations initiales de la capacité requise du canal de dérivation ont été faites en se fondant sur les caractéristiques du bassin secondaire amont qui se connecterait autrement à l'IGR (bassins 4.1 et 4.2).

On a estimé que les bassins 4.1 et 4.2, à l'extrémité amont de l'IGR, produisent des débits de pointe dans la région de 4 à 5 m³ /s, pour les événements de fréquence 100 ans et 1.000 ans. Ceci indique qu'un canal de dérivation d'au moins cette capacité serait probablement nécessaire.

2.5 RESUME DES RESULTATS

Les débits de pointe calculés en utilisant la Méthode Rationnelle, pour tous les bassins, les bassins modifiés et les bassins secondaires considérés dans ce rapport et pour toutes les fréquences sont fournis dans le Tableau 2.8 ci-dessous.

Tableau 2.8								
Résumé des Estimations de Débit de Pointe pour tous les Bassins, Bassins Modifiés et Bassins Secondaires, pour toutes les Fréquences								
Débits de Pointe (m ³ /s)								
Fréquence (années)	Bassin versant							
	1	2	3	4	5	2a	4.1	4.2
100	8	38	11	31	20	28	3	4
1,000	11	49	15	40	26	37	4	5

3. SURVEILLANCE EXISTANTE

Un programme de contrôle de la qualité, du débit et des niveaux de l'eau a été préparé et mis en place par Amara en Novembre 2014. Ce document est joint à cette étude de base. Les points de contrôle sont montrés en Figure 1.2.

3.1 DONNÉES DE DEBIT D'ECOULEMENT

La surveillance des débits a été commencée en Décembre 2014. Les données rassemblées jusqu'en Avril 2015 ont coïncidé avec la saison sèche et ainsi beaucoup de rivières éphémères ont été à sec ou presque. Les débits enregistrés ont montré les fourchettes suivantes (voir la Figure 1.2 pour les positions) :

S1	0.001 – 0.107 m ³ /s
S5	sec– 0.019 m ³ /s
S8	sec – 0.314 m ³ /s
S12	0.074 – 0.302 m ³ /s
SW4	dry – 0.019 m ³ /s

3.2 DONNEES SUR LA QUALITE DE L'EAU (SURFACE ET SOUTERRAINE)

Un total de soixante-dix échantillons d'eaux souterraines et vingt-deux échantillons d'eau de surface ont été prélevés jusqu'ici pour la mesure des paramètres sur le terrain et l'analyse de laboratoire pendant quatre campagnes pendant les mois de Décembre 2014, Janvier 2015, Février 2015 et Mars 2015. Les échantillons ont été obtenus à partir de vingt sept points de contrôle différents des eaux de surface et des eaux souterraines installés dans la région du projet de Yaouré (voir Figure 1.2, Tableau 3.1 et Tableau 3.2). Ce programme se poursuit.

Des bouteilles de prélèvement ont été fournies par le laboratoire contenant des préservatifs si nécessaires. Des échantillons ont été pris pour les analyses du Total de Métal et du Métal Dissous. Les échantillons pour l'analyse de Métal Dissous ont été filtrés à l'aide de filtres jetables en cellulose de 45µm avant de les mettre en bouteilles. La Garantie de Qualité (QA) et le Contrôle de Qualité (QC) incluent l'utilisation d'échantillons à blanc et de duplicatas.

Tableau 3.1		
Sites de Surveillance des Eaux Souterraines		
Sites de Surveillance	Latitude Est	Longitude Nord
ESIA/G1	220670.4	779326
ESIA/G2	220101.4	777559.1
ESIA/G3	218080.2	776279.7
ESIA/G4	222632.2	775795.2
ESIA/G5	221094.5	775180.3
ESIA/G7	223201.6	779248.5
ESIA/G8	216529.3	775989.4
GW/1	219982	778257
GW/2	220025	778263
GW/3B	219593	778005
GW/4	217521	775559
GW/6	220769	778039
GW/9	222246	774119
GW/K	226240	774857
PZ01	221096	778268
PZ03	221878	778113
YRC 761	220950	776928
YRC 766	221524	777793

Tableau 3.2		
Sites de Surveillance des Eaux de Surface		
Sites de Surveillance	Latitude Est	Longitude Nord
ESIA/S1	217312	774878
ESIA/S12	219976	771533
ESIA/S5	222128	773965
ESIA/S8	220568	779374
SW/4	222909	772564
SW/6	225794	777398
YSP	220834	777088
YCP	220583	777209
YNP	220719	777535

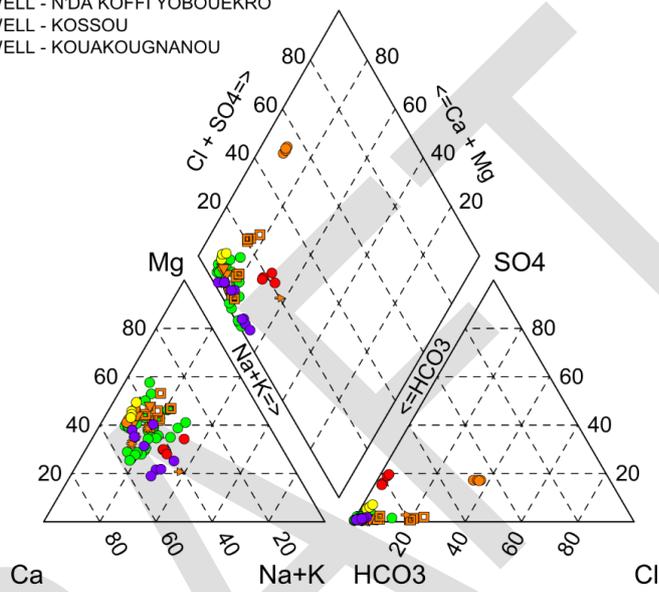
Positionner les principaux cations Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} et les principaux anions HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} et Cl^- sur un diagramme trinéaire de Piper aide à classifier le facies hydrochimique des échantillons d'eaux souterraines et d'eau de surface. La majorité des échantillons d'eaux souterraines forment un modèle Ca-Mg- HCO_3 de type d'eau et la majorité des échantillons d'eau de surface forment un modèle Mg-Ca- HCO_3 de type d'eau (Figure 3.1).

DRAFT

Figure 3.1
Diagrammes de Piper pour les Échantillons d'Eaux Souterraines et d'Eaux de Surface

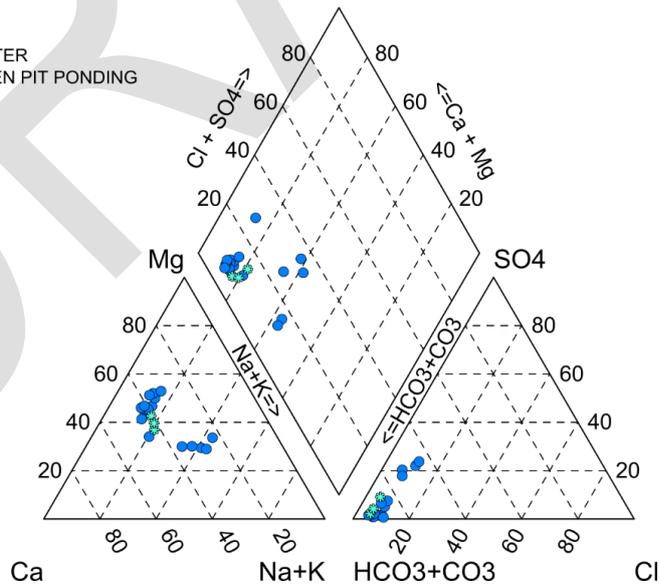
Legend

- ESIA BASELINE
- CURRENT MINE BUILDINGS
- CURRENT HEAP LEACH
- CURRENT OPEN PIT
- ▼ COMMUNITY WELL - AKAKRO
- COMMUNITY WELL - ANGOVIA
- ★ COMMUNITY WELL - N'DA KOFFI YOBOUEKRO
- ▶ COMMUNITY WELL - KOSSOU
- COMMUNITY WELL - KOUAKOUGNANOU



Legend

- SURFACE WATER
- CURRENT OPEN PIT PONDING



Caractéristiques physiques

pH

Les échantillons de la zone du Projet de Yaouré ont des valeurs de pH des mesures de terrain entre 6.68 et 8.38, avec une valeur moyenne de 7.71, indiquant des eaux marginalement alcalines.

Conductance électrique

Les valeurs de conductance électrique variaient de 7.7 à 134.2 mS/m, avec une moyenne de 43.2 mS/m.

Température

Les mesures de terrain de la campagne de Décembre montrent que les échantillons avaient des températures allant de 24.9°C à 28.6°C, avec une valeur moyenne de 27.6°C.

Oxygène dissous

Les mesures de terrain, disponibles seulement pour la campagne de Décembre, montrent que les échantillons avaient des taux d'oxygène dissous allant de 17.5% à 113.9% avec une valeur moyenne de 51.5%.

Solides en suspension à 103 -105°C

Les valeurs du total des solides en suspension à 103 -105°C pour l'échantillon varient de 1 à 10000 mg/l, avec une moyenne de 191.8 mg/l.

Dureté

Les valeurs calculées de dureté varient de 22 à 649 mg/l, avec une valeur moyenne de 196 mg/l indiquant de l'eau très calcaire. L'OMS ne propose aucune recommandation en matière d'eau potable pour la dureté de l'eau.

Turbidité

La turbidité pour les échantillons va de 0.2 à 6900 NTU, avec 61% des échantillons donnant des valeurs qui excèdent la valeur indiquée dans les recommandations de l'OMS (Organisation Mondiale pour la Santé) en matière d'eau potable (2011) de 5 NTU.

Métaux lourds et produits chimiques ayant un impact sur la santé

Arsenic

Plus de deux-tiers des échantillons avaient des mesures discernables d'arsenic dissous. Un échantillon provenant de GW/6 avait une valeur en arsenic dissous de 0.028 mg/l, ce qui dépasse marginalement la valeur recommandée par l'OMS de 0.02 mg/l. Les échantillons restants ont des valeurs d'une moyenne de 0.0025 mg/l.

Antimoine

Les mesures d'antimoine dissous pour les échantillons varient de 0.0001 à 0.004 mg/l, ce qui est au-dessous de la valeur recommandée par la directive de l'OMS de 0.01 mg/l.

Cadmium

Seulement un échantillon provenant d'ESIA/S8 avait un niveau discernable de cadmium dissous. Mesurant 0.002 mg/l il est en dessous de la valeur indiquée dans les recommandations de l'OMS en matière d'eau potable de 0.003 mg/l.

Chrome

Un peu plus de la moitié des échantillons avaient des niveaux mesurables de chrome dissous. Un échantillon provenant de GW/4 a une teneur en chrome dissous de 0.079 mg/l, ce qui dépasse la valeur recommandée par la directive de l'OMS de 0.05 mg/l. Les échantillons restants ont une moyenne de 0.0048 mg/l.

Cuivre

Le cuivre dissous existe à des niveaux mesurables dans onze échantillons, variant de 0.001 à 0.0029 mg/l. Ces valeurs sont très en dessous de la valeur recommandée par la directive de l'OMS de 2 mg/l.

Plomb

Un tiers des échantillons ont des niveaux mesurables de plomb dissous. Trois échantillons provenant d'ESIA/G4, d'ESIA/G7 et de YRC 766 ont des valeurs de plomb dissous de 0.25, 0.02 mg/l et 0.014 mg/l respectivement, qui dépassent marginalement la valeur recommandée par la directive de l'OMS pour l'eau potable de 0.01 mg/l. Les échantillons restants ont une moyenne de 0.0023 mg/l.

Mercure

Le mercure dissous n'a été détecté dans aucun échantillon.

Baryum

Les mesures de baryum dissous pour les échantillons s'étendent de 0.001 à 0.082 mg/l qui est bien en dessous de la valeur recommandée par la directive de l'OMS de 0.7 mg/l.

Bore

Seulement neuf échantillons avaient des niveaux mesurables de bore dissous, avec la plus grande valeur de 0.21 mg/l étant bien en dessous de la valeur recommandée par la directive de l'OMS de 2.4 mg/l.

Fluorure

Seulement six échantillons présentait des niveaux mesurables du fluorure dissous, allant de 0.1 à 0.4 mg/l. Ces valeurs sont bien au-dessous de la valeur recommandée par la directive de l'OMS de 1.5 mg/l.

Zinc

Presque la moitié des échantillons avaient des niveaux discernables de zinc dissous, allant de 0.005 à 1.6 mg/l.

Sélénium

Le sélénium dissous n'était à des niveaux discernables dans aucun des échantillons.

Nickel

Le nickel dissous existe à des niveaux mesurables dans plus du trois quarts des échantillons, allant de 0.001 à 0.012 mg/l. Ces valeurs sont en dessous de la valeur recommandée par la directive de l'OMS de 0.07 mg/l.

Uranium

L'uranium dissous existe à des niveaux mesurables dans douze échantillons avec des valeurs s'étendant de 0.001 à 0.002 mg/l qui sont bien en dessous de la valeur recommandée par la directive de l'OMS de 0.03 mg/l.

Microbiologie

Aucune donnée n'a été obtenue sur la qualité microbienne de l'eau.

Nutriments

Ammoniaque

Les teneurs en ammoniaque pour les échantillons sont toutes en-dessous de 0.3 mg/l, ce qui à ces niveaux n'est pas directement pertinent pour la santé.

Nitrite

Le nitrite existe à des niveaux mesurables dans seulement onze échantillons et ces valeurs sont toutes au-dessous de la valeur recommandée par la directive de l'OMS pour l'eau potable de 3 mg/l, avec une moyenne de 0.26 mg/l.

Nitrate

Le nitrate existe à des niveaux mesurables dans presque deux-tiers des échantillons. Les quatre échantillons provenant du forage GW/9 ont des teneurs en nitrate entre 220.3 et 348.4 mg/l qui dépassent la valeur recommandée par la directive de l'OMS pour l'eau potable de 50 mg/l. Les échantillons restants ont des teneurs en nitrate d'une valeur moyenne de 4.6 mg/l.

Phosphate

Le phosphate existe à des niveaux mesurables dans un peu plus de la moitié des échantillons, mais à des valeurs basses allant de 0.02 à 0.16 mg/l et faisant une moyenne de 0.07 mg/l.

Matières organiques

Demande biochimique en oxygène

La demande biochimique en oxygène existe à des niveaux mesurables dans plus d'un quart des échantillons, allant de 0.5 à 12 mg/l et avec une moyenne à 7.6 mg/l.

Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène existe à des niveaux mesurables dans un tiers des échantillons, allant de 25 à 260 mg/l et avec une moyenne à 48 mg/l.

Contaminants Organiques

Phénol

Le phénol était à des niveaux mesurables dans seulement trois des échantillons avec des valeurs allant de 0.1 mg/l à 0.4mg/l.

4. REFERENCES

Amara Mining Côte d'Ivoire (2014). Water baseline monitoring programme.
Amara Mining Côte d'Ivoire (2014). Programme de base de surveillance de l'eau.

Amec (2005). Angovia Heap Leach Project, Côte d'Ivoire, site visit report.
Amec (2005). Projet de lixiviation d'Angovia, Côte d'Ivoire, rapport de visite du site.

Amec Foster Wheeler (2015). ESIA Report Appendix 4 – Climate and Meteorological Baseline Study.
Amec Foster Wheeler (2015). Rapport ESIA Annexe 4 – Étude Climatique et Météorologique de Base.

SGS (2005). Audit Environnemental d'Etat des Lieux Mine Aurifère d'Angovia, Republique de Côte d'Ivoire.

SGS (2006). Angovia Gold Project – Baseline Data Monitoring Programme.
SGS (2006), Projet Or d'Angovia – Programme de Bas de Contrôle des Données.

SGS (2007) Environmental and Social Impact Assessment of the Angovia Gold Mine, Cluff Gold, Ghana.
SGS (2007), Évaluation de l'Impact Environnemental et Social de la Mine d'Or d'Angovia, Cluff Gold, Ghana.