



**GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS
L'INDUSTRIE MINIERE AURIFERE : CAS DE LA MINE
D'OR DE MANA, REGION DE LA BOUCLE DU MOUHOUN,
BURKINA FASO**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER SPECIALISE

OPTION :

GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU (GIRE)

Présenté et soutenu publiquement le [Décembre 2014] par

Abdoulaziz TRAORE

Travaux dirigés par :

Mamoudou OUEDRAOGO,
Coordonnateur du Service Environnement à SEMAFO

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs :

Arnaud François Xavier S. QUENUM

Promotion 2012/2013

DEDICACE

Aussi modeste soit-il, ce travail se veut être le témoignage de l'attachement que je voue aux miens qui m'ont toujours soutenu dans ma vie :

- A mes frères et à mes sœurs vers lesquels mes pensées vont sans cesse ;
- A mon père et à ma mère qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui ;
- A Shirine, mon épouse et à Hadja notre fillette bien mignonne, qui me donnent à chaque jour nouveau, un peu plus la joie de vivre et de me battre pour nous.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	I
TABLE DES MATIERES	II
REMERCIEMENTS.....	III
RESUME.....	IV
LISTE DES ABREVIATIONS.....	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES.....	VII
AVANT-PROPOS	VIII
INTRODUCTON.....	1
I. OBJECTIFS ET HYPOTHESES D'ETUDE	3
II. MATERIEL ET METHODES.....	5
II.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	5
II.1.1. Situation géographique.....	5
II.1.2. Contexte climatique.....	6
II.1.3. Contexte hydrologique de la zone d'étude.....	9
II.1.4. Contexte hydrogéologique.....	11
II.1.5. Données sur la population.....	12
II.2. METHODOLOGIE D'APPROCHE.....	13
III. RESULTATS.....	14
III.1. DESCRIPTION SOMMAIRE DES INFRASTRUCTURES ET INSTALLATIONS DE LA MINE MANA.....	14
III.2. PRINCIPAUX USAGES DE L'EAU SUR LE SITE MINIER DE MANA ET SES ENVIRONS	15
III.2.1. Eau de procédé.....	15
III.2.2. Eau de consommation.....	15
III.2.3. Autres.....	15
III.3. SOURCES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DE LA MINE.....	15
III.3.1. Approvisionnement en eau de procédé.....	15
III.3.2. Approvisionnement en eau de consommation.....	18
III.4. CONSOMMATIONS EN EAU SUR LE SITE MINIER DE MANA	19
III.5. VARIATION DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE PHREATIQUE AUTOUR DE LA FOSSE WONA	20
III.6. BILAN D'EAU A L'USINE	24
III.7. VOLUME D'EAU MOBILISABLE A L'ECHELLE DU BASSIN VERSANT	25
IV. DISCUSSION ET ANALYSES.....	28
IV.1. DIFFICULTES RENCONTREES QUANT A LA COLLECTE ET LA COMPILATION DES DONNEES.....	28
IV.2. ANALYSES SUR LES VOLUMES D'EAU CONSOMMES A LA MINE DE MANA.....	28
IV.3. COMPARAISON DES VOLUMES D'EAU MOBILISES PAR LA MINE A L'ECHELLE DU BASSIN VERSANT	31
IV.4. IMPACTS POSSIBLES OU PROBABLES DE L'ACTIVITE MINIERE SUR LA QUANTITE DES RESSOURCES EN EAU	31
V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	34
BIBLIOGRAPHIE	37
ANNEXES.....	38

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, j'exprime ma reconnaissance :

✚ A mon directeur de stage Monsieur Mamoudou OUEDRAOGO, Coordonnateur du Service Environnement à SEMAFO, pour son encadrement. Ses orientations, ses conseils et ses critiques à toutes les étapes de la réalisation de ce document ont guidé ma réflexion ;

✚ Que tous les enseignants et coordonnateurs FOAD de l'Institut 2ie, retrouvent ici, ma gratitude et ma reconnaissance pour leurs enseignements et leur disponibilité constante tout au long de cette formation ;

✚ J'adresse mes sincères remerciements à toute la direction de SEMAFO BURKINA SA, en particulier à Monsieur Eric VINET, Directeur d'exploitation de la mine d'or de Mana, pour m'avoir permis d'effectuer ce stage au sein de sa société ;

✚ J'exprime ma gratitude à Monsieur Eric BELISLE, Chef de Service Laboratoire et Environnement, et toute son équipe, pour m'avoir facilité l'accès aux données relatives aux ressources en eau et aux différents rapports d'EIES de la mine de Mana ; à Monsieur Daniel BOILY, Surintendant Usine à SEMAFO et à toute son équipe pour m'avoir facilité l'accès aux données sur les consommations en eau de l'usine de traitement de Mana ;

✚ J'exprime également ma gratitude à Monsieur Oumar TRAORE, Chef de Service Relations communautaires et affaires sociales, ainsi qu'à son équipe, pour la pertinence de leurs conseils et leur implication dans la réussite de ce travail ;

✚ J'exprime enfin ma reconnaissance à Monsieur Tidjani ZOUGOURI, Ingénieur Chimie industrielle, Consultant en Génie de l'Environnement avec qui ont germé les premières idées du thème de ce mémoire ;

✚ A Monsieur Jacques ZAMBELONGO, Ingénieur de la Géologie et des Mines, Hydrogéologue qui a bien voulu y apporter sa contribution en acceptant me relire, malgré son programme chargé.

✚ Merci enfin à tous ceux qui ont apporté leur soutien multiforme à la réussite de ce projet de fin d'études et dont les noms n'ont pu être cités. Je leur réitère toute ma reconnaissance.

RESUME

La mine d'or de Mana est située dans la province des Balé. Ouverte depuis 2008 par la SEMAFO BF SA, elle est exploitée par cette société en association avec l'Etat burkinabè.

Le traitement du minerai est basé sur l'extraction chimique par le procédé conventionnel de lixiviation en cuves (CIL "Carbon-in-Leach"). Elle mobilise en moyenne 1,18 à 1,43 m³ d'eau par tonne de minerai traité, soit un volume annuel en eau de 2 109 768 à 4 249 564 m³. Les besoins hydriques sont couverts à 37% par les eaux souterraines et à 67% par les eaux de surface dont le Mouhoun. Suite aux extensions successives de la mine, la capacité de traitement en minerai mixte passe de 3 861 tonnes par jour en 2009 à 7 548 tonnes actuellement, stade auquel les besoins en eau sont plus importants. En 2009, le recyclage de l'eau à partir des rejets cyanurés permettait d'économiser 60% du volume d'eau de procédé ; mais de nos jours il ne représente que 43%, le volume restant étant comblé à 14% par les eaux souterraines et 43% par les eaux de surface.

Aujourd'hui, les leçons tirées de six (6) années de gestion pratique et concrète des ressources en eau et la nécessité de prévoir l'avenir, commandent de disposer d'un document de synthèse qui puisse permettre de regrouper et d'organiser les informations disponibles sur les ressources en eau exploitées par la mine de Mana depuis son ouverture jusqu'à nos jours, tout en la rendant plus accessible.

Mots Clés :

-
- 1 – Agence de l'Eau du Mouhoun
 - 2 – Bassin de la Volta
 - 3 – Exploitation minière
 - 4 – GIRE
 - 5 – Mine d'or de Mana

ABSTRACT

Located in the province of *Balé* and in mining since 2008, the Mana's gold mine operated by the SEMAFO BF SA Company (90 %) in association with the Burkina government (10 % of the partnership shares). The ore processing is based on the chemical extraction by a conventional process of lixiviation in tanks (CIL "Carbon-In-Leach "). Therefore, it mobilizes on average 1.18 to 1.43 m³ of water per ton of ore processed, this represents an annual volume of water from 2,109,768 to 4,249,564 m³. Its hydric needs are covered in 37 % by the groundwater and 67 % of it by surface waters including the Mouhoun river.

As a result of the different extensions of the mine, the processing capacity in ore increase from 3,861 tons in 2009 to 7,548 tons per day, point at which the water requirements are more important. In 2009, the water recycling from the cyanide waste allowed saving 60 % of the volume of process water, but nowadays it only represents 43 %, the remaining volume being filled in 14 % by groundwater and in 43 % by surface waters.

Nowadays, the lessons learned from six (6) years of practical and concrete management of water resources and the need to plan the future, require having a synthesis paper which allows to group and to organize all available information on the water resources exploited by the Mana's mine since its opening to nowadays, while making it more accessible.

Key words:

-
- 1 – Mouhoun Water Agency
 - 2 – Volta basin
 - 3 – Mining
 - 4 – IWRM (Integrated Water Resources Management)
 - 5 – Mana's gold mine

LISTE DES ABREVIATIONS

- 2iE** : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
- AEM** : Agence de l'Eau du Mouhoun
- AEPS** : (réseau d') Adduction d'Eau Potable Simplifié
- BD** : Base de Données
- CIL** : Carbon-In-Leach ou lixiviation au charbon
- CMA** : Construction Métallique d'Afrique
- DGM** : Direction Générale de la Météorologie
- DGRE** : Direction Générale des Ressources en Eau
- EC-Mouhoun** : Espace de Compétence de l'Agence de l'Eau du Mouhoun
- EIES** : Etude d'Impact Environnemental et Social
- FOAD** : Formation Ouverte A Distance
- GIRE** : Gestion Intégrée des Ressources en Eau
- INSD** : Institut National de la statistique et de la Démographie
- MANA MINERAL SA** : Société d'Exploration des permis de Mana
- MCA** : Millenium Challenge Account
- Mm³** : Million de mètres cubes
- Ok-Inn** : Entreprise privée spécialisée dans la restauration et l'hébergement
- PEHD** : Polyéthylène Haute Densité
- PGES** : Plan de Gestion Environnementale
- RGPH** : Recensement Général de la Population et de l'Habitat
- SEMAFO** : Société d'Exploitation Minière de l'Afrique de l'Ouest
- SGBD** : Système de Gestion de Bases de Données
- SOCREGE** : Société de Conseil et de Réalisation pour la Gestion de l'Environnement
- SOFITEX** : Société des Fibres et Textiles de Burkina
- STEP** : Station de Traitement et d'Épuration
- VREO** : Valorisation des Ressources en Eau de l'Ouest

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques des stations météorologiques choisies pour l'étude	6
Tableau 2 : Éléments dérivés de la pluviométrie de la région de Mana-Période 1971-2010	7
Tableau 3: Eléments dérivés des autres paramètres climatiques de la région de Mana Période 1971-2011	8
Tableau 4: Réserves d'eau maximales annuelles de la mine de 2009 à 2014.....	17
Tableau 5: Evolution du rabattement autour de la fosse Wona de 2009 à 2014.....	21
Tableau 6: Volumes d'eau souterraine mobilisés annuellement de 2009 à 2014	23
Tableau 7: Quantités d'eau consommées annuellement par catégorie d'usage 2009 à 2014	23
Tableau 8 : Bilan d'eau annuelle à l'usine de traitement de Mana de 2009 à 2014.....	23
Tableau 9: Volumes d'eau mobilisés à la mine et mobilisables à l'échelle du bassin versant	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Plan de localisation de la mine de Mana	5
Figure 2: Bassin hydrographique du Mouhoun et EC-Mouhoun et Banifing, A. TRAORE, 2014	11
Figure 3: Infrastructures et installations de la mine de Mana, A. TRAORE, 2014	14
Figure 4: Evolution des réserves d'eau de la Mine et corrélation avec la pluviométrie de Wona, A. TRAORE, 2014.....	17
Figure 5: Schéma-bilan des approvisionnements en eau de l'usine de traitement du minerai	18
Figure 6: Diagramme des consommations eau à la mine de Mana 2009 - 2010	20
Figure 7: Diagramme des consommations eau à la mine de Mana 2011 - 2012	20
Figure 8: Diagramme des consommations eau à la mine de Mana 2013 - 2014	20
Figure 9: Evolution du niveau piézométrique autour de la fosse Wona de 2009 à 2014.....	21
Figure 10: Evolution du rabattement autour la fosse Wona de 2009 à 2014	22
Figure 11: Bilan annuel d'eau à l'usine par source d'approvisionnement de 2009 – 2010.....	25
Figure 12: Bilan annuel d'eau à l'usine par source d'approvisionnement de 2011 – 2012.....	25
Figure 13: Bilan annuel d'eau à l'usine par source d'approvisionnement de 2013 – 2014.....	25
Figure 14: Bilan hydrologique global du bassin national du Mouhoun et du sous-bassin de Banifing	27

AVANT-PROPOS

Le présent mémoire s'inscrit dans le cadre de notre formation en Master spécialisé eau et environnement, option Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE). Il couronne quinze (15) mois de cours théoriques durant lesquels nous avons pu acquérir les connaissances inhérentes à l'atteinte des objectifs visés par cette formation ; et trois (3) mois de stage pratique à la Société d'Exploitation Minière de l'Afrique de l'Ouest (SEMAFO) pour la mise en application de nos acquis. Ce qui nous a permis de rédiger ce mémoire de fin d'études que nous proposons de soutenir devant un jury pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé en Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

INTRODUCTON

Pays sahélien enclavé au centre de l'Afrique Occidentale, dans la boucle du fleuve Niger, le Burkina Faso est arrosé par le cours supérieur du fleuve Volta dont les affluents sont le Mouhoun (ex- Volta Noire), le Nakambé (ex- Volta Blanche) et le Nazinon (ex- Volta Rouge) auxquels s'ajoute la Comoé pour alimenter le Centre, le Sud et l'Ouest du pays en eau fluviales. En plus de ces cours d'eau, de nombreux lacs (Bam, Dem, Sian, Tengrela) et des barrages (Kompienga, Ziga, Bagré) alimentent les grandes agglomérations en eau et rendent possible les activités d'élevage, d'agriculture et d'industrie.

Malgré toutes ces ressources, les rigueurs du climat tropical font de l'eau une denrée rare et vitale pour le Burkina qui est tenu d'en faire un usage rationnel.

Le concept même et les principes de la GIRE ont été formulés lors de la Conférence Internationale sur l'Eau et l'Environnement tenue en 1992 à Dublin. Depuis ce sommet et tout au long des grands fora mondiaux sur l'eau qui s'en sont suivis, la gestion intégrée des ressources en eau est désormais reconnue par tous les pays sahéliens comme étant une des meilleures approches de gestion durable des ressources en eau. Cette gestion exige au préalable une bonne connaissance de la ressource en termes de quantité et qualité. Elle tient compte de la vulnérabilité de ce bien commun et intègre toutes les parties prenantes et/acteurs autour de la ressource eau.

Au niveau national, nous enregistrons aujourd'hui des avancées significatives en matière de GIRE aux plans juridique et institutionnel. Partant de la loi d'orientation relative à la gestion de l'eau (*Annexe 1*) et de ses textes d'application, les structures mises en place pour cadrer les différents types d'utilisation de l'eau, on peut avancer que la conception de nouveaux outils de gestion de l'eau est un impératif nécessaire.

La mine de Mana utilise les eaux souterraines et les eaux de surface dont le Mouhoun, pour satisfaire ses différents besoins hydriques. La société utilise également dans le procédé des produits chimiques potentiellement dangereux, si mal gérés. Conscient de la rareté et la vulnérabilité des ressources en eau, des dispositions sont prises permanemment par la SEMAFO pour la préservation de ce bien précieux. Plusieurs aménagements ont été réalisés pour accompagner l'ouverture de la mine et tout au cours de son développement au fil des années. Un suivi environnemental régulier, incluant les eaux, est effectué depuis le début de l'exploitation minière.

Aujourd'hui, les leçons tirées de six (6) années de gestion pratique et concrète des ressources en eau et la nécessité de préserver l'avenir, commandent de disposer d'un document de synthèse qui puisse permettre de regrouper et d'organiser les informations disponibles sur les ressources en eau

exploitées par la mine de Mana depuis son ouverture jusqu'à nos jours, tout en la rendant plus accessible.

I. OBJECTIFS ET HYPOTHESES D'ETUDE

I.1. Objectifs de l'étude

L'objectif global de ce projet est de mener une étude sur l'aspect quantitatif de la gestion des ressources en eau à la mine d'or de Mana. Cette étude permettra d'une part de faire la synthèse de toutes les données disponibles en matière d'eau sur le site minier de Mana, à savoir les différents usages de l'eau, leurs sources d'approvisionnement ainsi que les quantités consommées depuis l'ouverture de la mine jusqu'à nos jours. D'autre part, elle permettra de faire le point sur certains aspects de la gestion de l'eau. Il sera également fait cas des avantages apportés par l'activité minière et ses impacts susceptibles de jouer négativement sur cette ressource au plan quantitatif tout en y proposant des solutions envisageables s'il y a lieu, suivant les principes de la GIRE.

I.2. Problématique

En octobre 1997 la société Mana Minéral S.A. a entrepris des travaux d'exploration sur le site actuel de Mana. Des travaux qui se sont poursuivis jusqu'en 2007 et ont conduit à la découverte des gisements Nyafé, Filon 67 et Wona. Entre temps, une étude de faisabilité officielle ainsi qu'une étude d'impact environnemental ont été amorcées en 2004. Les résultats de l'étude de faisabilité ont été rendus publics en août 2005, et l'étude d'impact sur l'environnement du projet a été complétée en 2006. A la suite d'audiences publiques sur l'impact environnemental du projet, SEMAFO BF SA, la filiale exploitante de SEMAFO Inc. obtint l'approbation du Ministère de l'Environnement pour l'implantation de ce projet.

La date du 15 février 2008 marque le démarrage de l'usine avec un broyeur à boulets d'une capacité de traitement de 2 000 tonnes/jour de minerai mixte. Le premier lingot d'or a été coulé le 31 mars 2008.

La mine a connu plusieurs phases d'extension en vue d'accroître sa capacité de traitement qui est passée de 4 000 tonnes/jour en juillet 2008 à 6 000 tonnes/jour en juin 2010.

La dernière phase d'agrandissement de l'usine intervient en Décembre 2010. Il s'agissait d'optimiser le taux de récupération de l'or, par l'ajout de deux (2) nouveaux réservoirs de lixiviation au charbon (CIL). En février 2011, ceci a permis d'atteindre une capacité de production de la mine de 7 200 tonnes/jour de roche dure ; et de 8 000 tonnes/jour de minerai mixte. Cette capacité de production devrait finalement atteindre 14 000 tonnes par jour ; stade auquel les besoins en eau seront de 450 m³/heure, soit 10 800 m³ pour une journée de production.

Actuellement, la mine d'or de Mana exploite quatre (4) carrières à ciel ouvert (Wona, Kona, Fofina et Sio). Le traitement du minerai étant basé sur l'extraction chimique par le procédé conventionnel de lixiviation en cuves (Procédé dit CIL "Carbon-in-Leach"). De ce fait, l'activité mobilise d'importantes quantités d'eau à partir d'un réseau de forages qui abaisse régulièrement le niveau de la nappe souterraine et du bassin Wona situé à environ deux (2) kilomètres du périmètre de l'usine de traitement du minerai. On observe une augmentation des besoins en eau de la mine qui dépasse le potentiel actuel de mobilisation des ressources en eau. En effet le procédé CIL exige une grande quantité d'eau, soit en moyenne 1,18 à 1,43 m³ pour le traitement d'une tonne de minerai.

Face à ce besoin de plus en plus grandissant et malgré le recyclage des eaux du parc à résidus en vue de minimiser la consommation d'eau, des aménagements complémentaires ont été réalisés par la SEMAFO, dont la construction d'un pipeline d'eau d'environ cinquante-huit (58) km à partir du fleuve Mouhoun afin de faciliter l'expansion de l'exploitation minière.

En effet, le pompage accru d'eau des forages et du Mouhoun en dehors de la saison hivernale occasionnerait une baisse considérable des niveaux d'eau, respectivement des nappes souterraines et du fleuve : ce qui pourrait engendrer une pénurie d'eau pour les villageois due probablement au tarissement des puits artisanaux et des forages d'hydraulique villageoise sur le site et ses environs ; pour le Mouhoun, l'irrigation (gravitaire ou de surface) pourrait être affectée et devenir de plus en plus difficile à cause de la baisse du niveau d'eau dans le fleuve.

Dans le but d'assurer une coexistence de l'ensemble des activités liées à l'eau, et pour éviter tout conflit d'usage qui pourrait en surgir avec les populations, une réflexion sur la gestion des ressources en eau s'impose, d'où le choix de notre thème d'étude : « GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS L'INDUSTRIE MINIERE AURIFERE : CAS DE LA MINE D'OR DE MANA, REGION DE LA BOUCLE DU MOUHOUN, BURKINA FASO ».

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Situation géographique

Situé en Afrique de l'Ouest, le Burkina Faso couvre une superficie de 274 000 km² entre les latitudes 9 et 15°N et les longitudes 5°30'W et 2°30'E.

Pays enclavé, il partage ses frontières avec six (6) pays : le Mali, le Niger, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo et le Bénin.

La mine d'or de Mana est située à cheval sur les provinces du Mouhoun et des Balé à environ 250 km au Sud-Ouest de Ouagadougou. L'accès au site se fait par la RN 1 qui conduit de Ouagadougou à Bobo-Dioulasso, et en suivant l'embranchement qui va de Boromo, une piste latéritique carrossable de 75 km traverse les localités de Sibi, Oulo, Ouri, Siou, Safané, et Kona d'où l'on emprunte la voie d'accès au site (**Figure 1**). Les coordonnées géographiques de la mine sont :

X : 3°24'33,81"O de longitude Ouest ;

Y : 11°59'24,85"N de latitude Nord.

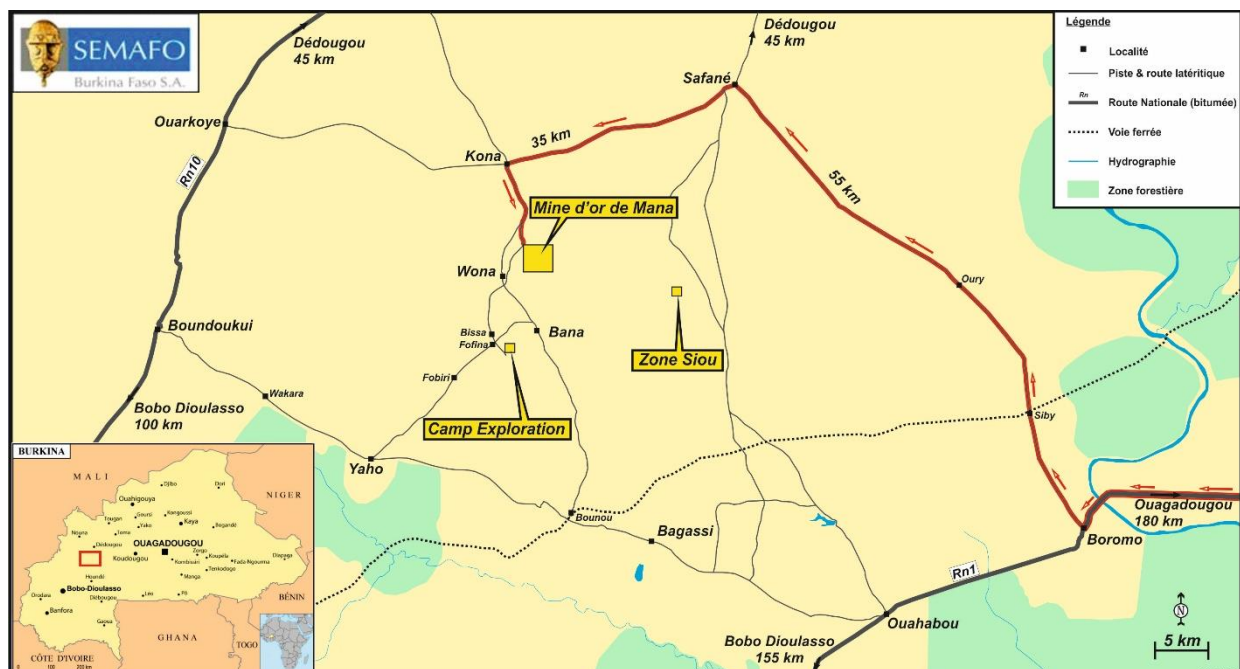


Figure 1: Plan de localisation de la mine de Mana

Source : A. TRAORE, SEMAFO 2012

II.1.2. Contexte climatique

La mine de Mana dispose d'une mini station météo (*Annexe 7*) implantée sur le site depuis l'an 2009. Dans notre étude et dans le souci d'avoir des données plus complètes, nous nous référons aux paramètres climatiques (pluviométrie, température, vent, évaporation au Bac A, ...) fournis par les stations synoptiques de Bobo Dioulasso, Boromo et Dédougou (*Tableau 1*). L'ensemble de ces données bénéficie d'une assez bonne chronologie et ont été enregistrées entre 1971 et 2010 (source SOCREGE).

Notons également que deux (2) stations pluviométriques opérées par la SOFITEX et distantes de 3700 m sont localisées à l'intérieur du secteur, soit une au village de Dangouna et une autre au village de Wona.

Tableau 1: Caractéristiques des stations météorologiques choisies pour l'étude

Stations	Num. OMM	Période d'étude	Distance de Mana en km	Latitude Nord	Longitude Ouest	Altitude (m)	Nature poste	Date d'ouverture
Bobo-Dioulasso	129	1971-2010	125	11°10'	04°18'	432	S	1907
Bondoukui	133	1971-2010	42	11°51'	03°46'	359	P	1963
Boromo	141	1971-2010	50	11°44'	02°55'	264	S	1922
Dédougou	68	1971-2010	66	12°28'	02 °29'	299	S	1922
Ouarkoye		1971-2010	42	12°05'	03°40'	315	P	1959
Safané	70	1971-2010	34	12°08'	03°13'	318	P	1960
Wona	137	1971-2010	13	11°58'	03°36'	340	P	1963
Bagassi		1971-2010	14	11°45'	03°18'	280	P	1967
Mana	Poste non doté d'instrument de mesure							
<i>Légende: S : Synoptique ; P : Pluviométrique</i>								

Source : DGM

II.1.2.1. Climat

Le Burkina Faso est baigné par un climat tropical sec. Le découpage de l'année en saisons se caractérise par l'alternance d'une saison sèche dont la durée varie de huit (8) mois au nord à cinq (5) ou six (6) mois au sud, et d'une saison humide ou hivernage, d'avril à octobre au sud et de juin à septembre au nord, avec des intersaisons plus ou moins marquées.

Généralement, on se réfère à la répartition spatiale de la pluviométrie pour découper le pays en zones climatiques (*Annexe 2*). Ainsi, le Burkina Faso est subdivisé en trois (3) zones qui sont :

- **la zone sahélienne** correspondant à la zone située au-dessus de 14° de latitude Nord avec une quantité annuelle de pluie généralement inférieure à 600 mm ;
- **la zone soudano sahélienne** située entre 11°30' et 14° Nord, enregistre entre 600 et 900 mm de pluie dans l'année;

- **la zone soudanienne** située en dessous de 11°30 avec une hauteur annuelle de pluie dépassant 900 mm.

La caractérisation du climat de notre zone d'étude réalisée par SOCREGE à partir de l'analyse de l'ensemble des séries chronologiques des stations choisies suivant la méthode MOREL, permet d'obtenir le Tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : Éléments dérivés de la pluviométrie de la région de Mana-Période 1971-2010

Stations	Pluie moyenne période	Maximum annuel période		Minimum annuel période		Hauteur mensuelle la plus élevée	Hauteur mensuelle la plus basse	Maximum quotidien le plus élevé (mm)	
		Valeur	Année	Valeur	Année				
Boromo	866,2	2234,7	2008	583,5	1990	443,2	251,3	134	18/08/2008
Bagassi	871,8	1188,5	1994	592,9	1982	409,4	254,4	178,8	17/08/1971
Bobo-Dioulasso	988,6	1331,5	1985	778,1	1983	427,2	264,6	104	08/09/2010
Bondoukui	835,6	1210,7	1994	611	1990	426	243,7	123,4	08/08/1989
Dédougou	760,5	1131,2	1994	512,2	1975	402,1	226,9	113,2	08/09/2010
Safané	825	1162,2	1999	611,6	1983	399,2	244,6	127,8	26/07/2001
Wona	779	1112	1994	509,6	2008	407,7	226,3	178,7	04/08/1994
Ouarkoye	825,6	1133,9	1994	513	2002	449,7	232,2	159,3	05/08/1994
Mana	858,3	1135,3	/	550	/	419	243	139,9	/

Source : SOCREGE

On constate alors un cumul pluviométrique annuel de 858,3 mm, d'où son appartenance au climat soudano-sahélien.

Elle est caractérisée par des masses d'air du Sud, qui apportent de l'air relativement frais avec d'abondantes précipitations allant du mois de juillet à septembre. A l'inverse, les masses d'air du Nord apportent de l'air chaud et sec pendant la période de novembre à mars, et donnent fréquemment naissance à des vents chargés de poussières, appelés localement "harmattan".

II.1.2.2. Pluviométrie

La saison des pluies atteint les six (6) mois allant pratiquement d'avril à octobre avec un minimum de 28,6 mm d'eau par mois et pouvant atteindre 240,2 mm en août, qui est le mois le plus pluvieux de l'année.

Quant aux maxima quotidiens de pluie, les valeurs les plus élevées sont de 104 mm pour Bobo relevée le 17/08/2010, 134,0 mm à Boromo le 18/08/2008, 123,4 mm à Bondoukui le 08/08/1989. L'extrapolation de MOREL donne 139,9 mm pour Mana (**Tableau 2**).

Les saisons de pluies sont assez longues, mais on constate néanmoins qu'une saison sèche existe avec trois (3) à quatre (4) mois sans pluie notable. Il s'agit de novembre, décembre, janvier et février où les quantités reçues sont autour de 1 mm d'eau.

II.1.2.3. Température

Situé dans la région ouest du Burkina toujours moins soumise aux rigueurs du climat, les températures à Mana sont relativement douces.

Pour les valeurs minimales moyennes de la période, elles varient entre 21,8 et 28,1°C pour Boromo, 22,3 et 27,9°C pour Dédougou, 21,8 et 26,1°C pour Bobo Dioulasso, et 21,9 et 27,4°C pour Mana. Les maxima quant à elles, sont indiquées comme suit : 35,2 et 40,9°C à Boromo, 35,4 et 41,1°C à Dédougou, 33,2 et 38,6°C à Bobo puis 34,6 et 40,2°C à Mana (**Tableau 3**).

Tableau 3: Eléments dérivés des autres paramètres climatiques de la région de Mana Période 1971-2011

Stations	Valeurs moyennes de la période						Valeurs maximales la plus élevée de la période						Valeurs minimales la plus basse de la période					
	Evapo BAC 'A' mm	T° min	T° max	U% min	U% max	Vitesse Vent (m/s)	Evapo BAC 'A' mm	T° min	T° max	U% min	U% max	Vitesse Vent (m/s)	Evapo BAC 'A' mm	T° min	T° max	U% min	U% max	Vitesse Vent (m/s)
Boromo	2 851.2	21.8	35.2	32.0	70.0	1.3	425.4	28.1	40.9	68.0	97.0	2.8	96.6	14.3	29.6	7.0	32.0	0.4
Dédougou	3 509.0	22.3	35.4	29.0	65.0	2.4	590.9	27.9	41.1	67.0	98.0	4.1	125.8	14.4	29.7	7.0	27.0	1.1
Bobo-Dioulasso	2 825.8	21.8	33.2	36.0	71.0	2.8	414.0	26.1	38.6	69.0	98.0	4.3	102.7	16.6	30.5	7.0	25.0	1.1
MANA	3 062.0	21.9	34.6	32.0	68.0	2.2	476.8	27.4	40.2	68.0	98.0	3.7	108.4	15.1	29.9	8.0	28.0	0.9

Source : SOCREGE

II.1.2.4. Vents

Comme le facteur dominant des pluies constitue le régime de mousson, on constate que la zone n'échappe pas à cette dynamique de mousson et harmattan. D'où les vents dominants sont essentiellement de deux (2) directions (sud-ouest et nord-est).

En effet, s'appuyant sur l'exemple de Bobo, la rose des vents pour la période allant de 2005 à 2009 (*Annexe 2*) fait ressortir près de 55% des vents de secteurs sud-ouest (humides) ; près de 33% de vents secs (nord-est). Les vents moyens sont alors faibles en temps de mousson et plus forts en harmattan. Cependant, durant le laps de temps des vents humides, des pointes de vitesse atteignant les 10 à 15 m/s sont observées au passage des perturbations atmosphériques ou tornades.

La zone n'est pas en reste malgré sa position, car elle connaît aussi ses épisodes secs où ses inondations, son micro climat ou sa topographie offrent parfois un paysage tout aussi particulier qu'admirable.

II.1.2.5. Evaporation

L'évaporation au BAC de classe A malgré tout est assez élevée. On relève en moyenne pour la période 2851,2 mm à Boromo, 3509 mm à Dédougou, 2825,8 mm à Bobo et enfin 3062 mm pour Mana (**Tableau 3**). La position la plus au nord de cette zone lui confère un climat semblable au climat sahélien. C'est sans doute ce qui explique cette forte évaporation de 3509 mm pour

Dédougou.

II.1.2.6. Rayonnement et humidité

Du point de vue rayonnement global de la zone, les valeurs mensuelles moyennes sont autour de 2000 joules/cm² en mai et 1600 joules/cm² en décembre. On observe des maxima de 2500 joules/cm², parfois plus en saison chaude et des maxima de 1600 joules/cm² en saison froide.

La durée moyenne de l'ensoleillement est de 8 heures avec des maxima autour de 9 à 10 heures en avril-mai et en octobre-novembre.

C'est une zone qui est assez humide dont le maximum atteint 98 % avec des minima pouvant descendre jusqu'à 7 %.

II.1.3. Contexte hydrologique de la zone d'étude

D'un point de vue hydrologique, le permis Mana est localisé sur le bassin international de la Volta. Ce bassin est le plus étendu au Burkina et couvre le centre et l'ouest du pays sur une superficie de 178 000 km². Il est constitué de trois (3) sous-bassins majeurs : ceux du Mouhoun, du Nakambé et de la Pendjari. Les eaux de ces bassins se rejoignent au centre du Ghana, où elles forment le lac Volta.

Le Mouhoun (ex Volta Noire), seul cours d'eau permanent avec un bassin versant de 92 000 km², prend sa source sur le versant nord du massif gréseux de la falaise de Banfora, dans une région où les précipitations dépassent 1 000 mm par an. Il coule d'abord vers le nord-est puis s'infléchit brusquement vers le sud. Notons que le bassin hydrographique du Mouhoun fait partie de l'espace de gestion de l'Agence de l'Eau du Mouhoun (*Figure 2*), une des cinq (5) autres agences de l'eau créées sur le territoire burkinabé entre 2007 et 2011. L'AEM comprend 358 retenues d'eau, 16 723 points d'eau modernes et 453 AEPS pour une population estimée à environ 4 826 687 d'habitants selon RGPH 2006.

Notre zone d'étude est entièrement située dans la partie supérieure du bassin versant du Mouhoun. Localement, il est possible d'y distinguer deux (2) sous-bassins versants séparés par la chaîne de collines située au sud-est du village de Wona, en l'occurrence celui du cours d'eau Karouko pour la partie nord et celui du Grand Balé pour la partie sud.

La partie nord, constituée des régions de Wona, Kona, Bombouéla, Yona, Blé, Dangouna, se trouve en début du sous-bassin versant de Karouko. Ce bassin couvre une superficie de 1 400 km² et reçoit annuellement 760 mm de précipitation. Il n'y a pas de grande retenue d'eau sur ce sous-bassin, mais il en existe une petite non loin de l'axe Dédougou - Tchériba. Le débit interannuel sur ce bassin est

de 3,6 millions de m³/an.

Quant à la partie sud où se situe le sous-bassin du Grand Balé, elle couvre les zones de Yona, Mana, Sienkoro, Kongoba, Fofina, Bissa et Bana. Ce sous-bassin couvre 6 400 km² et son débit interannuel est de 234 millions de m³/an. Il existe plus d'une dizaine de retenues d'eau, dont deux (2) de capacité comprise entre 0,5 et 2 millions de m³, qui se situent sur le principal affluent à l'est du sous-bassin. Ces deux retenues sont relativement éloignées de la zone du permis d'exploitation de Mana.

L'aspect le plus important en ce qui concerne les caractéristiques naturelles du régime hydrologique dans la zone d'étude, est son caractère saisonnier pour les petits cours d'eau et permanent pour le fleuve Mouhoun dans lequel s'écoulent tous les cours d'eau de la région. Les rivières dans la zone d'étude ne coulent que pendant la période allant de juin à novembre et s'assèchent pour le reste de l'année. Même en saison des pluies, les rivières coulent de façon intermittente et en général les cours d'eau comportent une série d'étangs localement interconnectés. Après des pluies abondantes, les rivières peuvent couler pendant plusieurs heures, voire des jours. Du fait de la dégradation environnementale sans cesse croissante et du caractère torrentiel des pluies, des ravins se forment avec de profonds sillons par endroit.



Figure 2: Bassin hydrographique du Mouhoun et EC-Mouhoun et Banifing, A. TRAORE, 2014

II.1.4. Contexte hydrogéologique

Dans le secteur de Mana, le système aquifère de la zone du socle est composé d'une séquence de trois (3) aquifères superposés, notamment :

- **Les aquifères des altérites** : la ressource en eau est localisée dans le milieu poreux associé à l'altération. C'est la meilleure zone de captage des puits traditionnels ;
- **Les aquifères de la zone semi fissurée et altérée** : la ressource en eau est localisée dans le milieu poreux et circule dans les fractures. Ces aquifères sont captés par les puits modernes et certains puits traditionnels ; et
- **Les aquifères du milieu fissuré** : la ressource en eau est localisée dans les fractures des roches et y circule. Ces aquifères sont captés par les forages.

Les comportements de ces aquifères sont de deux (2) types :

- Un milieu homogène à porosité d'interstices, formant un réservoir semi-perméable capacitif représenté par la zone altérée localisée vers la surface ;

- Un milieu peu à semi-homogène représenté par la zone fissurée, formant un réservoir captif de la zone altérée. Il a une fonction essentiellement conductrice.

Dans le secteur de la mine Mana, l'épaisseur de l'altération latéritique et saprolitique varie entre 22 et 43 m (Genivar, 2006). La latérite et la saprolite sont composées d'argile avec une proportion variable de silt et de sable peu perméable, ayant pour origine l'altération en place du roc. Dans les forages, les premières venues d'eau sont observées entre 22 et 48 m de profondeur. La latérite traversée montre une humidité à partir de 20 à 30 m de profondeur. Les niveaux statiques d'eau souterraine sont variables passant de 9 à 20 m de profondeur. L'aquifère du roc est donc artésien, c'est à dire que la latérite superficielle, moins perméable, maintient sous pression l'eau souterraine du roc.

L'approvisionnement en eau potable de la mine et des villages avoisinants se fait dans l'un ou l'autre de ces aquifères à partir de puits ou forages. Les débits observés sont relativement importants. Les débits de production peuvent par endroits être supérieurs à 20 m³/h. Cependant, ils sont en moyenne trop faibles pour permettre une exploitation intensive.

II.1.5. Données sur la population

La Boucle du Mouhoun dont le chef-lieu est Dédougou, occupe environ 12% du territoire national, soit une superficie de 34 497 km² et regorge 1 494 043 habitants, soit 11,23% de la population totale du pays avec une densité de 43,31 habitants au km² selon les données de l'étude sur les profils régionaux (Estimation INSD 2005).

Les villages les plus proches du site de la mine sont Wona, Dangouna, Somona, Fofina et Bissa. Les principaux groupes ethniques sont les Bwaba et les Dafing. Il existe aussi quelques groupements Peuls et quelques Mossi établis dans certains villages uniquement. Les valeurs traditionnelles sont très marquées et régissent toujours de nos jours, les relations entre les différentes communautés. La communauté est organisée autour du chef de village et chaque village possède son terroir, son chef coutumier et son chef de terre.

L'activité économique est dominée surtout par la culture du coton, l'agriculture de subsistance et l'élevage extensif traditionnel.

Les infrastructures sont très rudimentaires et déficientes à presque tous les niveaux. Il n'y a ni électricité, ni eau courante, ni hôpital et la plupart des routes sont difficilement praticables pendant la saison des pluies.

II.2. Méthodologie d'approche

La démarche utilisée pour notre étude a consisté dans un premier temps à prendre connaissance des termes de références du projet Mana à partir des différents rapports d'EIES et d'autres documents disponibles. Cela a également permis de parcourir les textes juridiques et la réglementation en vigueur relatives à l'utilisation de l'eau et à la protection de l'environnement.

L'analyse du système actuel de gestion de l'eau déjà en place à la mine de Mana, depuis son ouverture en 2008 jusqu'à nos jours, a permis d'identifier tous les usagers de l'eau et leurs sources d'approvisionnement.

La détermination des quantités d'eau prélevées et consommées a été possible, grâce aux différents fichiers de relevés piézométriques et de compteurs de volume d'eau installés sur le site. Au besoin, il a été fait recours à la collecte directe de données sur le terrain en passant par des entretiens avec des personnes ressources, et/ou observations directes.

Ce qui a permis à l'étape finale de notre étude, de faire le point sur l'évolution des ressources en eau du site minier de Mana depuis son ouverture jusqu'à nos jours en 2014. Il a également été possible de faire des suggestions sur la gestion de l'eau à la mine de Mana, et cela selon une approche GIRE.

Rappel sur la GIRE : C'est la Gestion Intégrée des Ressources eau.

Au Burkina Faso, elle fut instituée en 1998 comme mode de gestion privilégié des ressources en eau dans le pays. L'objectif de la politique sur laquelle se base la GIRE est de contribuer au développement durable en apportant des solutions appropriées aux problèmes liés à l'eau afin que celle-ci ne devienne pas un facteur limitant du développement socioéconomique. Cette politique est bâtie sur les principes suivants :

- le principe d'équité
- le principe de subsidiarité
- le principe du développement harmonieux des régions
- le principe de la gestion par bassin hydrographique
- le principe de la gestion équilibrée des ressources en eau
- le principe pollueur payeur
- le principe de participation.

III. RESULTATS

III.1. Description sommaire des infrastructures et installations de la mine Mana

Les différentes infrastructures et installations de la mine de Mana peuvent se résumer comme suit :

- Le périmètre de l'usine de traitement (*Annexe 5*) qui regroupe le laboratoire de préparation et d'analyse des échantillons, l'atelier d'entretien des véhicules lourds et légers, les bâtiments du magasin, les bureaux de l'usine, l'infirmerie, les bâtiments administratifs, ...
- Toutes les carrières d'exploitation de la mine (Wona, Siou, Fofina, Nyafè, Kona) se trouvent dans un rayon de 15 km autour de l'usine de traitement du minerai ;
- A environ 2 km au sud des installations de l'usine, se situent le bassin Wona et le parc à résidu à 5 km. (*Annexe 5*) ;
- Les infrastructures d'hébergement des employés de la mine regroupent la base vie permettant de loger 150 personnes, le camp CMA, la base Ok-Inn dans un rayon de moins d'1 km autour de la mine et enfin le camp d'exploration de Bana avec une capacité d'accueil d'environ 40 logements situé à une quinzaine de kilomètre du site de la mine (*Figure 3*).

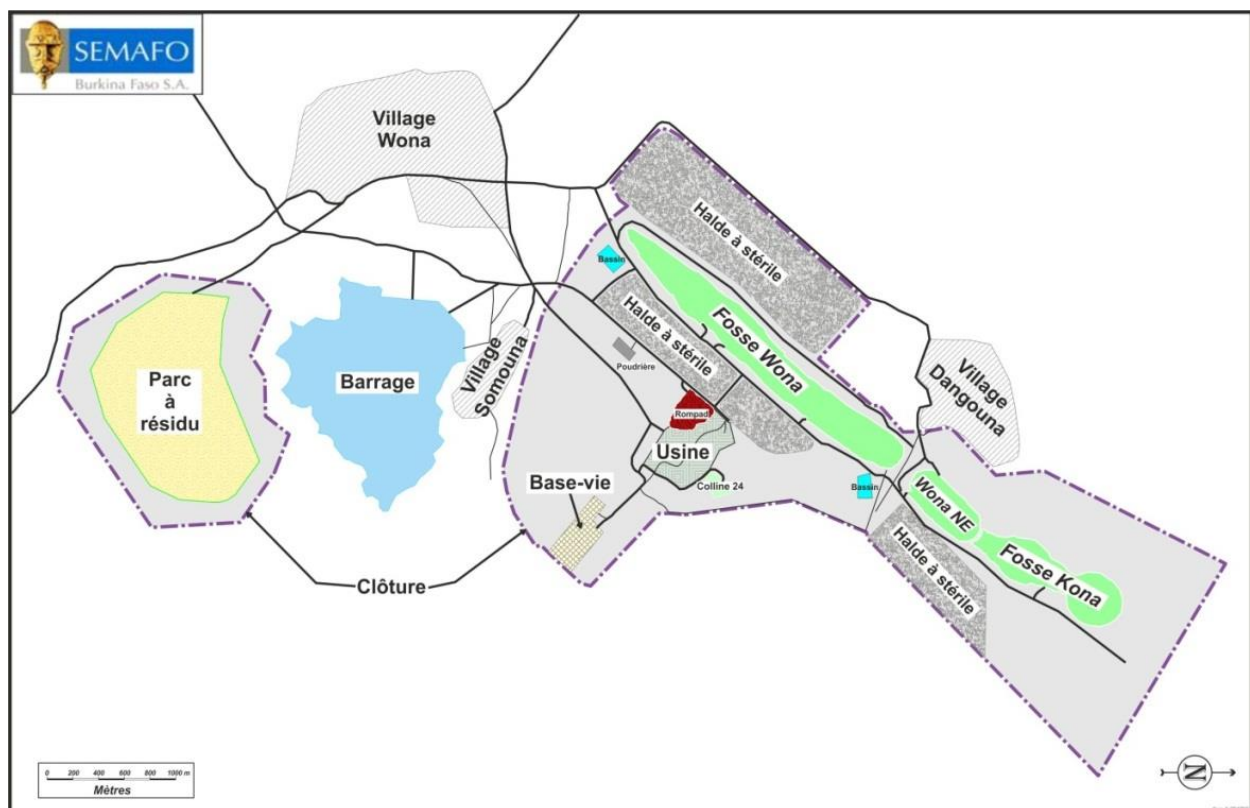


Figure 3: Infrastructures et installations de la mine de Mana, A. TRAORE, 2014

III.2. Principaux usages de l'eau sur le site minier de Mana et ses environs

A la mine de Mana on peut catégoriser les différents usages de l'eau en trois (3) grands groupes : l'eau de procédé, l'eau de consommation et les autres usages ou autres.

III.2.1. Eau de procédé

Il s'agit de l'eau utilisée pour le traitement du minerai.

III.2.2. Eau de consommation

L'eau de consommation ou domestique, regroupe toute eau nécessaire à la vie sur le site de la mine et les différents lieux d'hébergement. On y adjoint aussi l'eau de consommation des populations riveraines pour leurs activités (boisson, irrigation et élevage...).

III.2.3. Autres

Parmi les autres usages de l'eau à la mine de Mana, on distingue l'arrosage des routes de production, la construction des infrastructures sur le site minier et le lavage des véhicules légers et des engins lourds. On peut également y ajouter l'évaporation qui constitue une grande partie des pertes en eau de la mine. Cette évaporation est estimée uniquement pour le bassin Wona.

III.3. Sources d'approvisionnement en eau de la mine

A la mine de Mana, les sources d'approvisionnement en eau diffèrent selon le type d'usage.

III.3.1. Approvisionnement en eau de procédé

L'eau industrielle requise pour le traitement du minerai provient globalement de trois (3) sources d'approvisionnement. Il s'agit de : l'eau souterraine, l'eau de surface et l'eau recyclée à partir du parc à résidu.

III.3.1.1. Eau souterraine

Depuis le début des travaux d'exploitation, un réseau de forages dits de « dénoyage » a été réalisé à proximité de chaque carrière d'exploitation de minerai afin d'abaisser le niveau de la nappe souterraine. Ainsi l'eau d'exhaure est dirigée vers un réservoir tampon d'une capacité de 760 m³ (avec des dimensions de 15,8 m x 20,8 m x 4,45 m) situé à 1,2 km au nord du site de l'usine. De celui-ci, les eaux sont refoulées en continue par pompage (2 pompes verticales en 4 sections) vers le réservoir d'eau brute situé à l'usine. L'excédent de cette eau est ensuite redirigé vers le bassin Wona par des canalisations en PEHD (*Figure 5*).

L'eau souterraine est utilisée pour l'arrosage des pistes et l'alimentation en eau brute de l'usine pour le traitement du minerai. Il existe également un grand nombre de piézomètres (puits d'observations) qui assurent le suivi géotechnique et environnemental des ouvrages de retenue.

A partir des fichiers de relevés des compteurs d'eau installés sur chaque forage, il a été possible de faire le bilan sur les quantités d'eau souterraine mobilisées annuellement à la mine de Mana pour la période allant de février 2009 à janvier 2014. Ces résultats sont résumés dans le **tableau 6**.

A date, on estime à 4 596 709 m³ d'eau souterraine mobilisés à la mine de Mana pour la période allant de 2009 à 2014. Ce qui correspond à un volume d'eau annuel évoluant à la baisse de 835 727 m³ en 2009 à 569 854 m³ pour l'année 2014 (**Tableau 6**).

III.3.1.2. Eau de surface

Les eaux de surface regroupent principalement les eaux du Bassin Wona, le pompage d'eau à partir du fleuve Mouhoun et le dragage des eaux de ruissellement en saison hivernale.

Le bassin Wona (*Annexe 5*), un réservoir d'eau fraîche a été construit en 2008 pour recevoir le surplus des eaux de dénoyage ainsi que les eaux pluviales pouvant servir d'approvisionnement en eau brute pour l'usine. L'aménagement comprend trois (3) digues W1 à W3 construites en remblai latéritique. Ce réservoir a une capacité théorique de 3,6 Mm³ à 3,8 Mm³, mais le bassin versant n'a jamais fourni plus qu'environ 30% de cette capacité (**Tableau 4**). Il est muni d'un déversoir d'urgence au niveau 368 m.

Cinq (5) autres bassins ont été aménagés sur le périmètre d'exploitation de Mana, afin de collecter les eaux de ruissellement du site. Il s'agit des bassins est, nord et sud dans le secteur des fosses minières Wona-Kona et des bassins Bissa A et B positionnés le long de la route de halage entre le secteur Nyafé et l'usine. Les bassins est, nord et sud ont des superficies respectives de 1 et 2 ha chacun, avec des capacités respectives de 53 000, 110 000 et 140 000 m³. Les bassins Bissa A et B couvrant respectivement des superficies de 2,8 et 0,3 ha collectent les eaux de surface en provenance des secteurs se trouvant à l'est de la route de halage. Ils ont des capacités respectives de 130 000 et 15 000 m³.

L'eau de ces cinq (5) bassins est pompée et acheminée dans le bassin Wona par des conduites (**Figure 5**).

Le suivi régulier et mensuel des niveaux d'eau dans les différents bassins de SEMAFO a permis d'estimer les quantités d'eau de surface mobilisées à la mine de Mana.

Vu les difficultés dans l'estimation des quantités réelles mobilisées en eau de surface, il a été fait référence aux valeurs maximales annuelles pour chaque année de 2009 à 2010. Ainsi les réserves totales d'eau pour l'ensemble des bassins de la mine y compris celui de Wona en fin Octobre 2009 étaient estimées à 513 414 m³. Ce chiffre évolue positivement au fil du temps et corrélativement à la pluviométrie pour atteindre un maximum de 1 968 172 m³ en fin Septembre 2013. Il décroît ensuite à 1 120 301 m³ en fin Août 2014 (**Figure 4 et Tableau 4**). Ainsi la quantité totale d'eau de surface mobilisée pourrait être estimée à environ 7 838 358 m³ pour la période de 2009 à 2010.

Tableau 4: Réserves d'eau maximales annuelles de la mine de 2009 à 2014

Date	Réserves d'eau (m ³)
Octobre 2009	513 414
Octobre 2010	1 109 798
Septembre 2011	1 248 934
Septembre 2012	1 877 739
Septembre 2013	1 968 172
Août 2014	1 120 301
Total	7 838 358

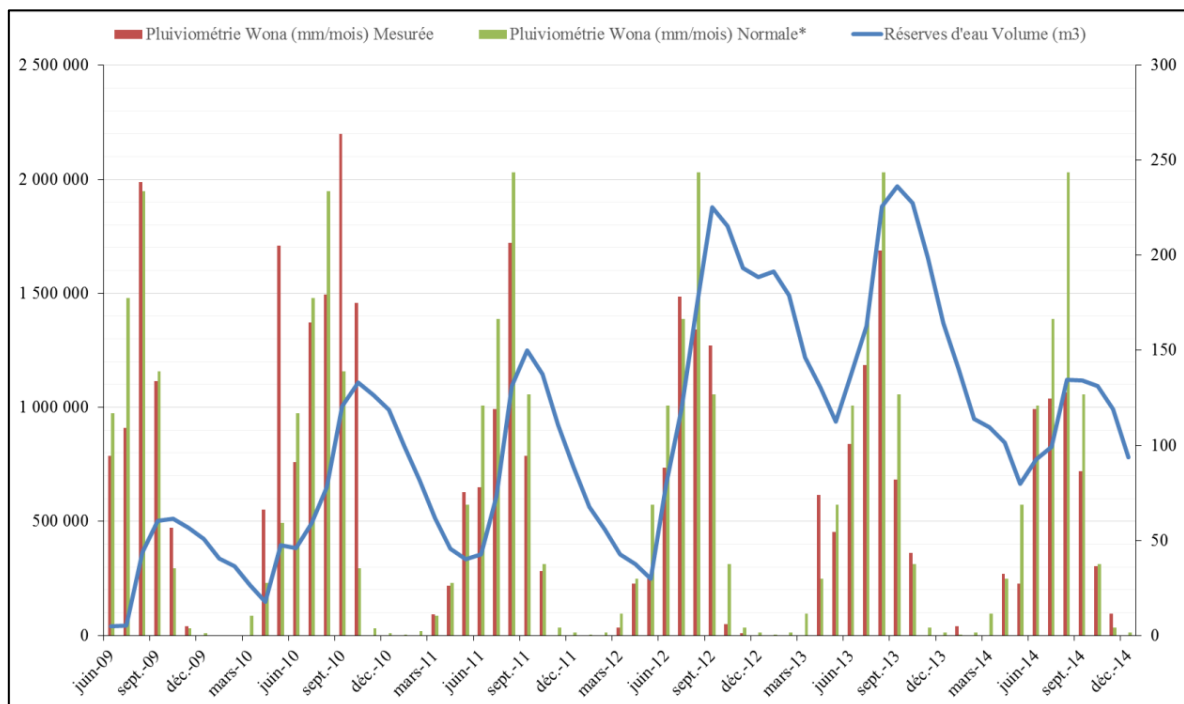


Figure 4: Evolution des réserves d'eau de la Mine et corrélation avec la pluviométrie de Wona, A. TRAORE, 2014

III.3.1.3. Eau recyclée

Les résidus (riches en cyanure) issus du traitement de minerai sont pompés vers le parc à résidu de Yona (*Annexe 5*), naturellement protégé par d'épaisses couches d'argile dans la partie sous-jacente et au cœur des digues afin d'éviter toute percolation d'effluents.

L'eau est recyclée à l'air libre par décantation des boues de résidus dans une série de bassins. Le surnageât est alors canalisé par gravité dans un bassin collecteur. L'eau recyclée est ainsi pompée à partir d'une barge flottante (*Annexe 5*) vers les réservoirs d'eau de l'usine (*Figure 5*).

Cette eau représenterait une part d'environ 50 à 60 % de l'eau de traitement requise pour alimenter l'usine (*Tableau 8*).

La mine de Mana dispose également d'une station d'épuration par lagunage aéré à micro algues (*Annexe 6*) permettant de traiter les eaux usées de façon efficace et adaptée au climat tropical. Pour le moment, seules les eaux usées de la base-vie y sont acheminées, mais le projet prévoit à long terme le raccordement de toutes les autres eaux issues de l'usage domestique.

Les eaux usées industrielles telles que les eaux de lavage des véhicules lourds et légers, ainsi que celles du dépôt pétrolier sont drainées par gravité vers des décanteurs équipés de séparateur eau / huiles (*Annexe 6*). Une fosse de décantation permet la sédimentation des boues de lavage tandis que les hydrocarbures et lubrifiants sont récupérés dans la suite de la chaîne et traités par le fournisseur en hydrocarbures, la compagnie TOTAL. Les eaux résiduelles du séparateur sont dirigées vers un puits perdu où elles s'infiltrent dans le sol.

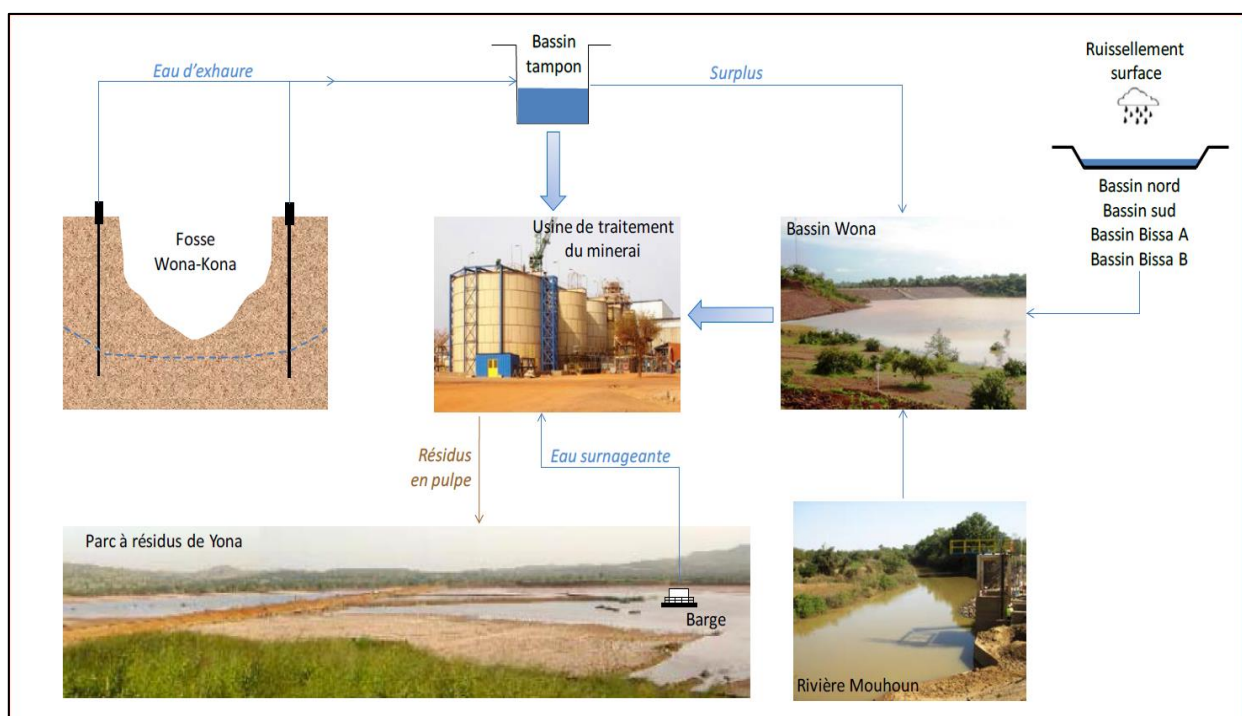


Figure 5: Schéma-bilan des approvisionnements en eau de l'usine de traitement du minerai

Source : SNC-Lavalin, Rapport préliminaire – Mise à jour du plan de restauration Mine Mana, Avril 2013

III.3.2. Approvisionnement en eau de consommation

L'approvisionnement en eau potable de la mine et des villages avoisinants est assuré par un réseau de forages de pompage à partir de la nappe souterraine.

Afin de satisfaire les besoins du projet, des châteaux et un réseau de distribution de l'eau potable ont été construits. L'eau destinée à la consommation du site (base-vie, administration, cantine, ateliers, usine) est adoucie. Celle destinée à la consommation des employés sur le site de l'usine est en plus osmosée et distribuée par des fontaines réfrigérantes. La consommation totale estimée est d'environ 5 000 m³/mois.

III.4. Consommations en eau sur le site minier de Mana

Le traitement des différentes données disponibles concernant la gestion de l'eau à la mine de Mana pour la période de 2009 à 2014, a permis de déterminer les consommations en eau par catégorie d'usage et par an.

N'ayant pas eu accès à temps aux données de la période antérieure à juin 2009, les quantités consommées par catégorie d'usage de janvier à mai 2009 ont été estimées en se référant aux valeurs moyennes de l'intervalle de temps de juin à décembre 2009.

Pour l'usage domestique, les volumes d'eau consommés ont été estimés en faisant la moyenne des consommations mensuelles sur toute l'année 2010. L'évaporation calculée quant à elle a été considérée comme nulle vu qu'il n'y avait pas assez d'eau dans le bassin Wona en début d'exploitation.

En 2010, les valeurs considérées pour l'évaporation annuelle et la moyenne mensuelle calculée ont été estimées à partir des valeurs moyennes de l'année 2011.

Le **Tableau 7** présente ainsi les résultats de notre compilation. Dans le but d'opérer des comparaisons entre chaque type de consommation, nous avons également représenté les données sous forme de diagrammes secteurs (**Figure 6, 7 et 8**).

Ainsi à la mine de Mana, l'évaluation de la consommation totale en eau prenant en compte toutes les catégories d'usage, est estimée à 2 109 768 m³, soit une moyenne mensuelle de 175 814 m³ pour l'année 2009. Elle évolue positivement pour atteindre un maximum de 4 249 564 m³ en 2013 qui correspond à une consommation totale moyenne mensuelle de 354 130 m³, puis baisse légèrement à 3 683 738 m³/an soit 256 627 m³/mois en 2014.

L'usine de traitement absorbe la plus grande part de ces quantités avec près de 75 à 95% des volumes consommés annuellement contre 0 – 5% pour la consommation et l'arrosage des pistes. Le reste, soit 5 – 25% des consommations en eau est reparti entre l'évaporation et les différentes pertes au sein du système (**Figure 6, 7 et 8**).

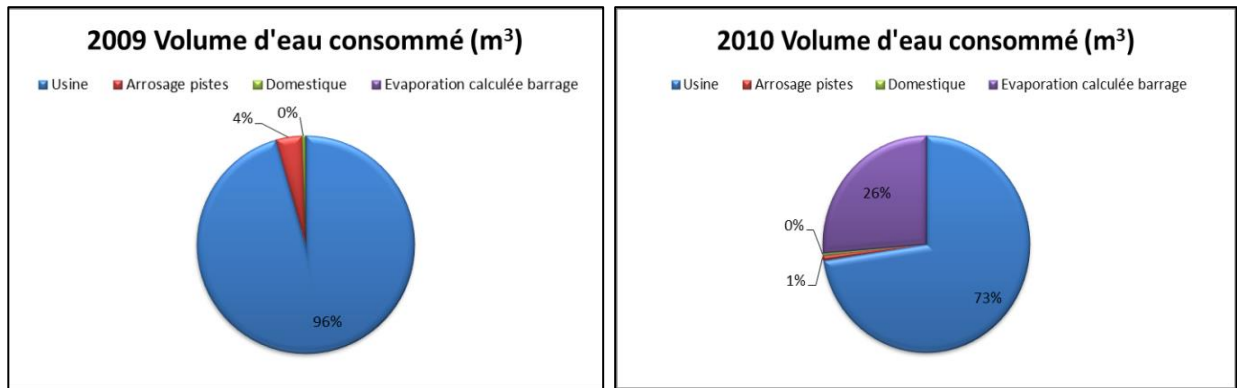


Figure 6: Diagramme des consommations eau à la mine de Mana 2009 - 2010

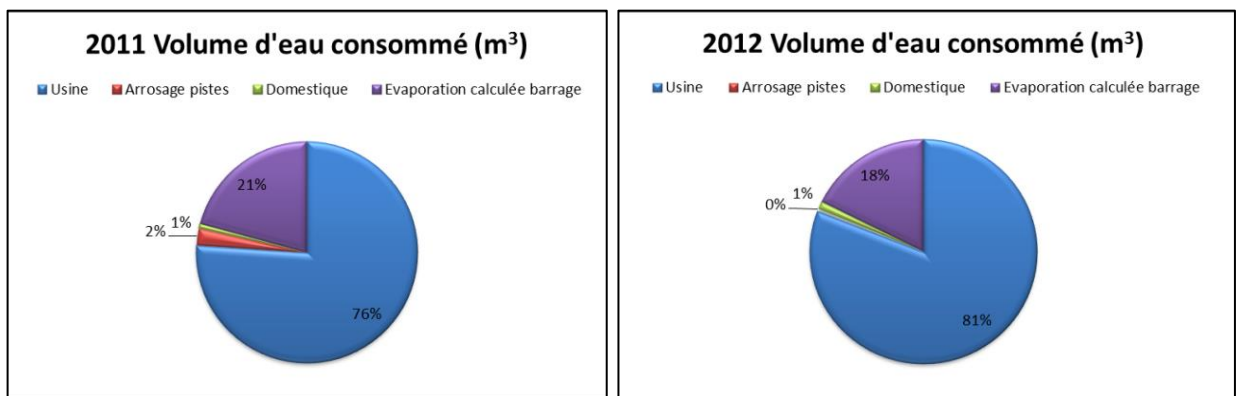


Figure 7: Diagramme des consommations eau à la mine de Mana 2011 - 2012

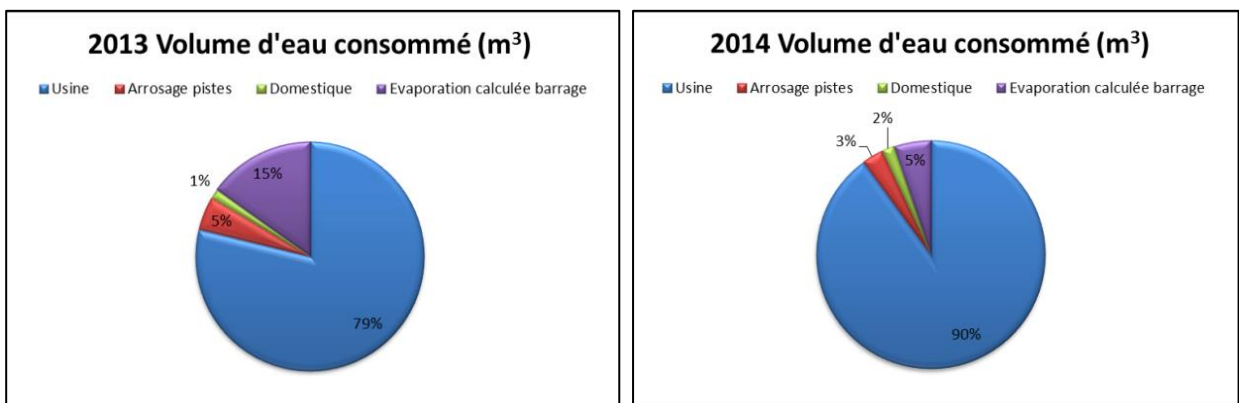


Figure 8: Diagramme des consommations eau à la mine de Mana 2013 - 2014

III.5. Variation du niveau piézométrique de la nappe phréatique autour de la fosse Wona

A la mine du Mana, un suivi mensuel des niveaux d'eau de la nappe souterraine a lieu au moyen de piézomètre à câble vibrant. La compilation de l'ensemble de ces données a permis de déterminer des valeurs annuelles moyennes de rabattement de la nappe à partir de six (6) forages d'observations implantés sur un rayon de cinq (5) km autour de la fosse Wona-Kona. La représentation des niveaux piézométriques laisse voir d'une façon générale, une décroissance des niveaux de la nappe phréatique qui s'accroît de 2009 à 2014 (*Figure 9*).

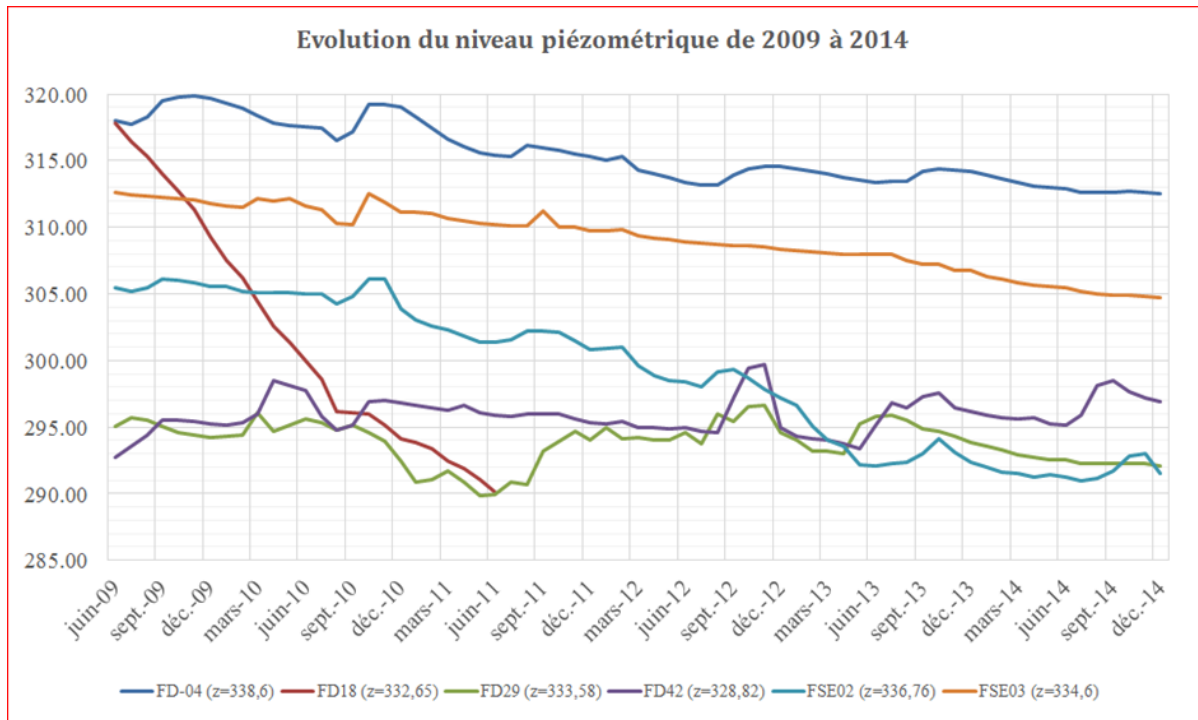


Figure 9: Evolution du niveau piézométrique autour de la fosse Wona de 2009 à 2014

De l'année 2009 à 2014, les résultats montrent des valeurs croissantes, fluctuant entre 18,80 et 45,08 m par rapport à la référence d'installation du piézomètre (*Tableau 5 et Figure 10*). Ce qui correspond à un rabattement équivalent de 0,37 à 2,8 m/an pour les six (6) années de référence, soit 7,89 m cumulés pour la période de 2009 à 2014.

Tableau 5: Evolution du rabattement autour de la fosse Wona de 2009 à 2014

Piézomètre	Référence Piézo (m)	Année 2009	Année 2010	Année 2011	Année 2012	Année 2013	Année 2014
FD-04	338.60	19.62	20.41	22.48	24.47	24.67	25.64
FD18	332.65	18.80	32.81	40.52	Abandonné	Abandonné	Abandonné
FD29	333.58	38.66	37.90	41.30	38.65	39.10	40.99
FD42	328.82	34.20	32.14	32.76	32.90	33.36	32.37
FSE02	336.76	31.10	31.67	34.84	36.79	43.35	45.08
FSE03	334.60	22.38	23.66	24.18	25.64	26.96	29.23

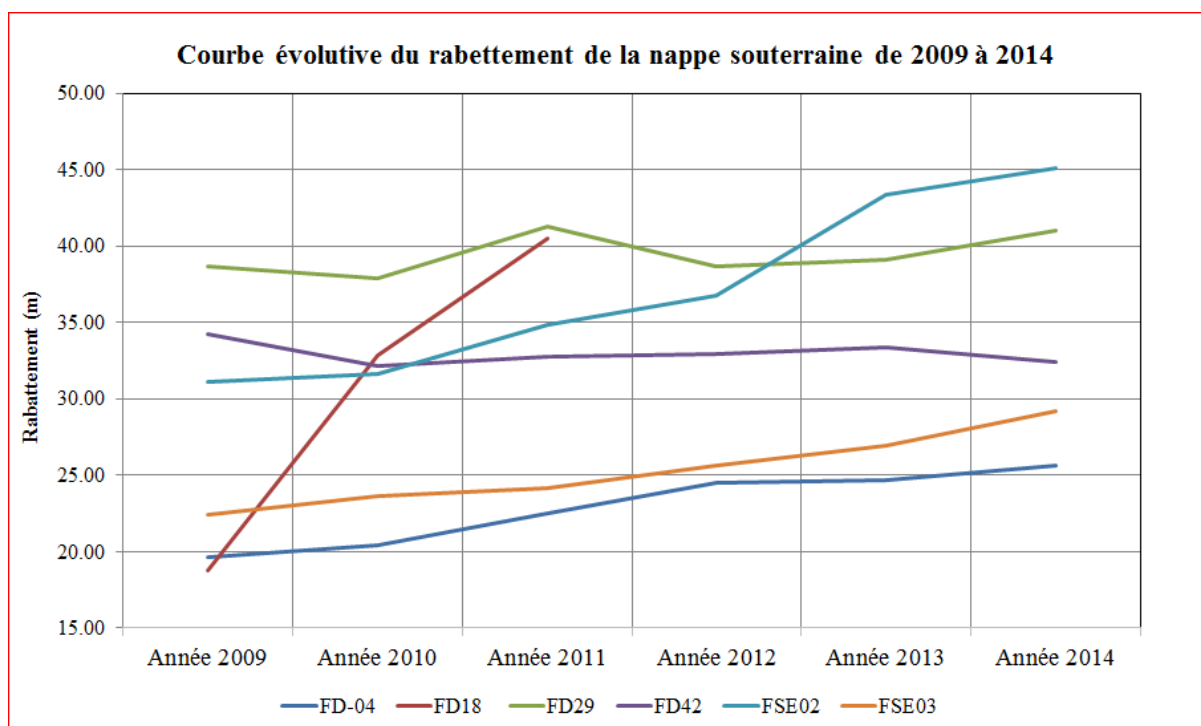


Figure 10: Evolution du rabattement autour la fosse Wona de 2009 à 2014

Tableau 6: Volumes d'eau souterraine mobilisés annuellement de 2009 à 2014

Tableau des volumes d'eau (m³) pompés mensuellement de 2009 à 2014													
Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Volume total annuel (m ³)
2009		123 893	70 308	73 492	83 073	84 088	74 815	69 396	68 547	65 219	62 226	60 670	835 727
2010	83 816	74 710	83 672	83 629	79 523	76 505	79 838	70 919	76 997	80 659	73 266	75 442	938 976
2011	73 583	63 901	65 389	59 942	61 351	56 073	59 439	53 740	51 839	51 083	47 684	53 007	697 031
2012	63 907	67 912	80 821	83 220	88 695	78 070	77 905	73 622	69 449	63 495	57 709	66 353	871 158
2013	59 521	54 029	58 220	53 168	49 462	48 962	47 633	57 478	66 326	66 329	62 132	60 703	683 963
2014	59 347	51 666	53 939	49 455	48 687	46 701	40 691	42 842	44 153	45 091	39 857	47 425	569 854
Total général (m³)													4 596 709

Tableau 7: Quantités d'eau consommées annuellement par catégorie d'usage 2009 à 2014

Catégorie d'usage de l'eau	2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	Volume d'eau consommé (m ³)	Moy. Cons./ Mois	Volume d'eau consommé (m ³)	Moy. Cons./ Mois	Volume d'eau consommé (m ³)	Moy. Cons./ Mois	Volume d'eau consommé (m ³)	Moy. Cons./ Mois	Volume d'eau consommé (m ³)	Moy. Cons./ Mois	Volume d'eau consommé (m ³)	Moy. Cons./ Mois
Usine	2 017 454	168 121	2 183 448	181 954	2 887 830	240 653	3 248 814	270 735	3 347 306	278 942	3 331 492	277 624
Arrosage pistes	81 960	6 830	22 979	1 915	91 485	7 624	10 888	907	200 322	16 693	102 533	9 377
Domestique	10 354	863	10 354	863	28 568	2 381	45 841	3 820	60 153	5 013	63 137	5 363
Evaporation calculée barrage			790 991	65 916	790 991	65 916	710 479	59 207	641 783	53 482	186 576	16 072
Total annuel & moyenne mensuelle (m³)	2 109 768	175 814	3 007 772	250 648	3 798 874	316 573	4 000 806	333 401	4 249 564	354 130	3 683 738	256 627

Tableau 8 : Bilan d'eau annuelle à l'usine de traitement de Mana de 2009 à 2014

Bilan d'eau à l'usine	Année 2009		Année 2010		Année 2011		Année 2012		Année 2013		Année 2014	
	Total annuel	Moyenne mensuelle	Total annuel	Moyenne mensuelle	Total annuel	Moyenne mensuelle	Total annuel	Moyenne mensuelle	Total annuel	Moyenne mensuelle	Total annuel	Moyenne mensuelle
Consommation totale usine (m ³)	2 017 454	168 121	2 183 448	181 954	2 887 830	240 653	3 248 814	270 735	3 347 306	278 942	3 331 492	277 624
Recyclé du parc à résidus (m ³)	1 216 006	101 334	1 216 770	101 398	1 348 934	112 411	1 703 014	141 918	1 570 714	130 893	1 437 853	119 821
Eau provenant puits (bassin tampon) m ³	683 169	56 931	716 341	59 695	615 596	51 300	786 469	65 539	551 405	45 950	449 969	37 497
Eau de surface (m ³)	132 457	11 038	250 337	20 861	923 300	76 942	759 331	63 278	1 234 878	102 907	1 443 670	120 306
Tonnes (sèches) de minerai traitées par l'usine	1 407 772	117 314	1 947 807	162 317	2 448 167	204 014	2 738 273	228 189	2 834 244	236 187	2 754 386	229 532
Tonnes (sèches) de minerai traitées journalièrement		3 861		5 342		6 708		7 504		7 766		7 548
Volume d'eau utilisée par tonne de minerai (m ³ /t)		1.43		1.12		1.18		1.19		1.18		1.21
Volume d'eau utilisée par heure (m ³ /h)		230		249		330		371		382		380

III.6. Bilan d'eau à l'usine

Le bilan d'eau à l'usine permet d'estimer un volume total en eau de procédé de 2 017 454 m³ pour environ 1 407 772 T de minerai sec traité au cours de l'année 2009. Ce qui correspond à un tonnage moyen de 117 314 T/mois avec une consommation eau de 1,43 m³/T ou 230 m³/h pour une production journalière moyenne de 3 861 T de minerai durant l'année 2009. La consommation en eau de l'usine augmente avec le temps pour atteindre 3 347 306 m³ en 2013, pour une quantité totale de 2 834 244 T de minerai traité durant cette année, soit une production journalière moyenne de 7 766 T et 382 m³/h d'eau. Le bilan montre en outre que la consommation en eau de l'usine de traitement a diminué légèrement en 2014 pour atteindre un volume total annuel de 3 331 492 m³ pour 2 754 386 T de minerai, soit environ 7 548 T/j et 380 m³/h (**Tableau 8**).

La représentation graphique de ces données montre des proportions en eau recyclée, eau de surface et eau souterraine respectives de 60%, 6% et 34% pour l'année 2009. Ces proportions varient progressivement avec le temps pour passer de 56% en 2010 à 44% d'eau recyclée en 2014. Quant au volume d'eau de surface entrant dans l'eau de procédé, il passe de 11% en 2010 à 42% en 2014. La part d'eau souterraine diminue graduellement de 33% en 2011 à 14% du volume d'eau de procédé en 2014 (**Figure 11, 12 et 13**).

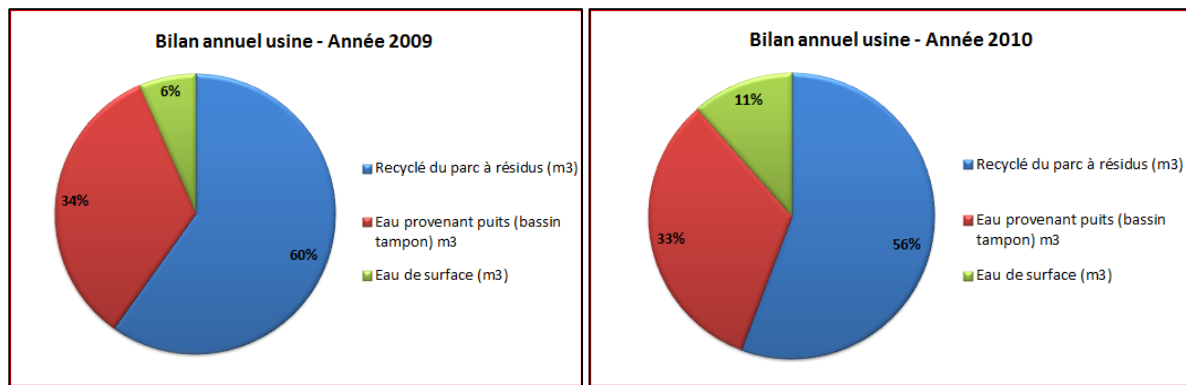


Figure 11: Bilan annuel d'eau à l'usine par source d'approvisionnement de 2009 – 2010

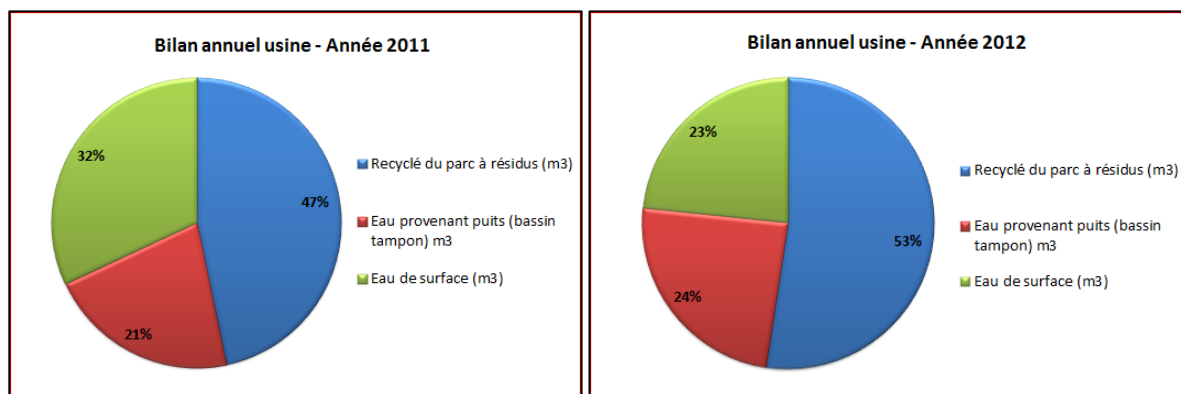


Figure 12: Bilan annuel d'eau à l'usine par source d'approvisionnement de 2011 – 2012

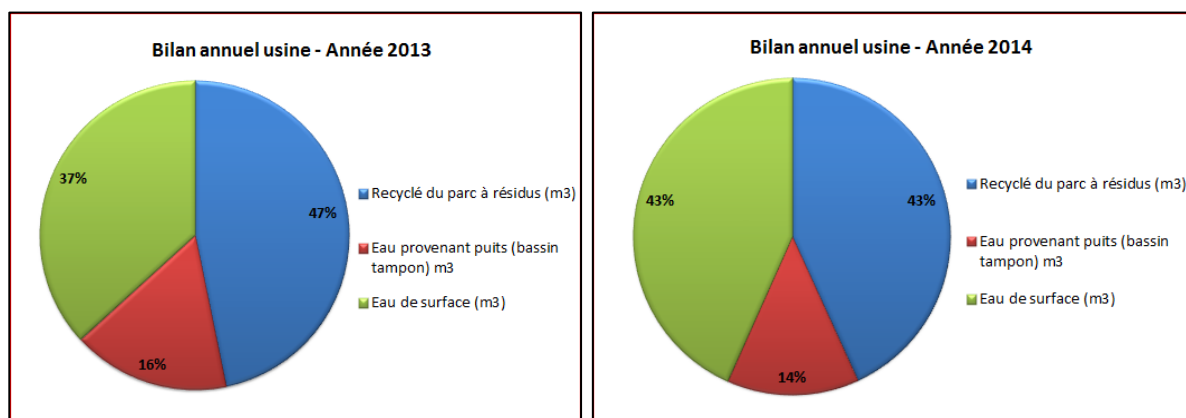


Figure 13: Bilan annuel d'eau à l'usine par source d'approvisionnement de 2013 – 2014

III.7. Volume d'eau mobilisable à l'échelle du bassin versant

L'EC-Mouhoun couvre une superficie totale d'environ 96 000 km². Il se subdivise en deux (2) sous-bassins hydrographiques : le Mouhoun Supérieur et le Mouhoun Inférieur qui regroupent le bassin national du Mouhoun (94%) et le sous-bassin du Banifing (6%).

Elle couvre partiellement six (6) régions administratives au Burkina : la Boucle du Mouhoun (99% de la superficie de la région), les Hauts-Bassins (96%), le Sud-Ouest (93%), le Centre Ouest (56%), le Nord (44%) et les Cascades (18%). Pour satisfaire à des fins de planification, l'espace de gestion du Mouhoun a été divisé en sept (7) sous-bassins majeurs comprenant d'amont en aval (*Annexe 3*) :

- le Banifing ;
- le Mouhoun supérieur amont ;
- le Mouhoun supérieur aval ;
- le Sourou ;
- le Mouhoun inférieur amont dont fait partie notre zone d'étude;
- la Bougouriba ;
- le Mouhoun inférieur aval.

En 2011, un partenariat entre le Gouvernement burkinabè et le MCA-BF permet d'initier une étude dans le but de dresser l'état des lieux des ressources en eau de l'EC-Mouhoun. Elle permettra aussi de porter appui à la GIRE dans les bassins du Mouhoun et de la Comoé.

Le bilan des ressources en eau fut reconstitué tout en se basant sur des séries de mesures très longues et relativement complètes à plusieurs stations hydrométriques, et couvrira la période de référence allant de 1961 à 2010.

Selon cette étude, on estimerait à 79 milliards de m³ le volume annuel moyen de pluie sur l'EC-Mouhoun pour la période de référence 1961-2010 (*Annexe 4*).

Le volume total d'eau de surface produite sur l'ensemble des sous-bassins de l'EC-Mouhoun, y compris le ruissellement (3,8 milliards de m³) et le débit de base des cours d'eau provenant des sources et de la restitution d'eau souterraine dans le lit des cours d'eau (0,9 milliard de m³) s'élève à environ 4,7 milliards de m³ par an en moyenne au cours de la période 1961-2010, dont 4,46 milliards de m³ pour le bassin national du Mouhoun (partie située au Burkina Faso).

Dépendant des conditions géologiques et de la quantité d'eau infiltrée dans le sol, la recharge annuelle des aquifères est estimée à 2 milliards de m³ par an, dont 0,8 milliard de m³ alimente les cours d'eau sous forme d'écoulement de base (*Annexe 4*). Le schéma de la **Figure 14** illustre le bilan hydrologique global du bassin national du Mouhoun et du sous-bassin de Banifing.

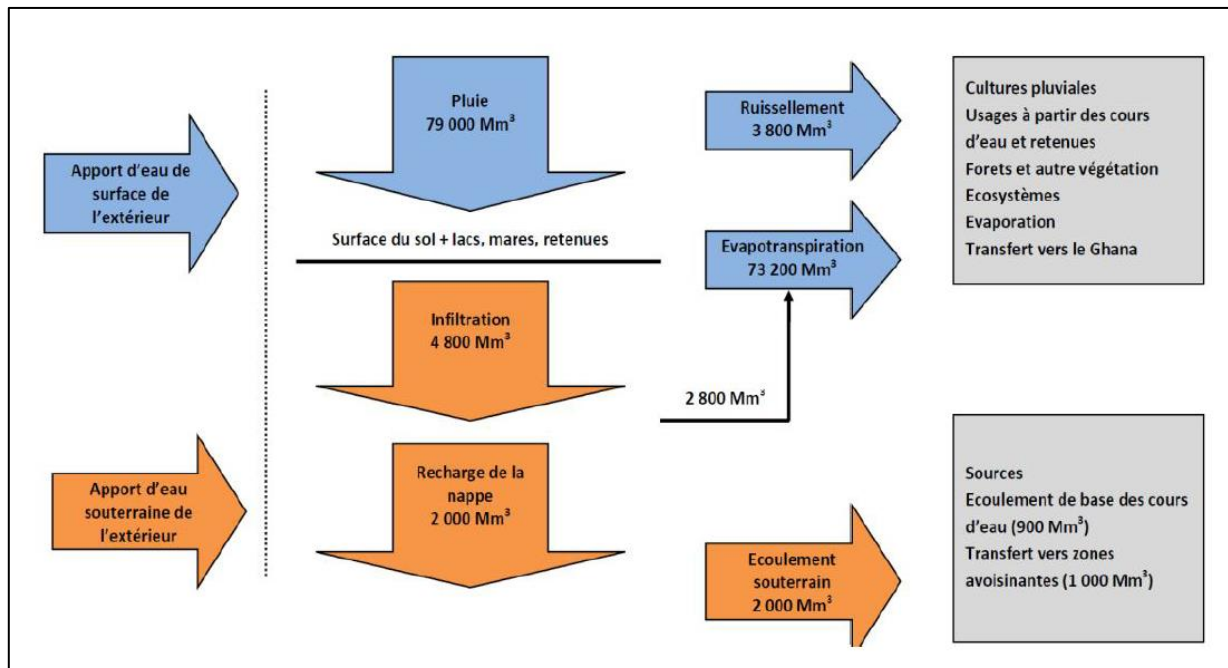


Figure 14: Bilan hydrologique global du bassin national du Mouhoun et du sous-bassin de Banifing

Source : Rapport d'Etat des lieux des ressources en eau de l'espace de compétence de l'Agence de l'eau du Mouhoun, Version Définitive Décembre 2012

IV. DISCUSSION ET ANALYSES

IV.1. Difficultés rencontrées quant à la collecte et la compilation des données

Les travaux d'exploitation à la mine de Mana ont débuté le 15 Février 2008. De ce fait notre étude devrait se baser sur des données allant de cette date jusqu'à nos jours. Ce qui n'est pas le cas car elle couvre la période de juin 2009 à nos jours.

En effet, au démarrage de la mine, le système de comptage était peu développé pour un suivi adéquat des ressources en eau. La principale source d'eau était la nappe souterraine et l'excédent d'eau était pompé vers le bassin Wona. L'augmentation de la production journalière à 4000 T de minerai, à partir de juillet 2008 entraîne un accroissement des besoins hydriques de l'usine. Le minerai traité provenant exclusivement des trois (3) fosses Nyafè, Filon 67 et Wona où l'exploitation concernait uniquement les niveaux supérieurs des gisements, donc la partie altérée et par conséquent saprolitique : la quantité d'eau requise était de plus en plus élevée pour satisfaire les besoins de l'usine. De plus le pompage accru de la nappe ayant entraîné une baisse des niveaux piézométriques, la productivité des forages ne permettait plus de combler les besoins hydriques. En outre, le bassin Wona, construit pour contribuer à l'approvisionnement en eau de l'usine s'est révélé en deçà des attentes escomptées. La SEMAFO s'est vu obligée de s'approvisionner en eau à partir du Mouhoun (Boromo) au moyen de camions citerne afin de remédier provisoirement à ce déficit d'eau.

Face à cette situation, la nécessité de mettre en place un système permettant de dresser un bilan fiable des ressources en eau à la mine s'imposait. La direction de SEMAFO prit alors des mesures palliatives et le réseau de compteurs d'eau fut amélioré et suivi par le service électrique et l'usine.

L'installation de la station météorologique en 2009 permit au service environnement de la mine de suivre la pluviométrie. Le levé régulier des niveaux d'eau par le service de la topographie fut également institué. Toutes les données sont centralisées au département usine où elles sont traitées et ensuite restituées aux différents services concernés.

IV.2. Analyses sur les volumes d'eau consommés à la mine de Mana

Parmi toutes les catégories d'usage de l'eau, l'usine de traitement est celle qui mobilise la plus grande part d'eau.

En 2009, l'usine de Mana absorbait 90% du volume total de toutes les consommations hydriques de la mine. Le minerai traité étant constitué de 90% environ de saprolite. Il s'agissait de minerai venant des fosses Nyafè, Filon 67 et Wona, pour une production journalière estimée à 4 000 T de minerai

mixte pour la période considérée, soit 1,43 m³ d'eau par tonne de minerai traité. En 2010 et 2011, la consommation en eau de l'usine passe respectivement à 73% et 76% du total de toutes les consommations à la mine. Ce qui correspond à une capacité de traitement d'environ 6 000 T/jour pour 1,12 m³/T d'eau en 2010 et 1,18 m³/T en 2011 soit 7 000 T/jour de minerai. Durant cette période le minerai traité était constitué d'environ 25% de saprolite contre 75% de roche plus ou moins dure provenant en partie de la fosse Nyafè et majoritairement de Wona, Wona NE et Kona.

L'année 2012 marque la fin de l'exploitation des gisements Nyafè et Filon 67. La production est intégralement assurée par les gisements Wona et Kona. La part de roche saprolitique traitée par l'usine baisse progressivement, mais la capacité de traitement de l'usine se maintient entre 7 500 et 8 000 T/jour de minerai pour 1,19 m³/T en eau pour l'année 2012 et 1,18 m³/T pour 2013. La part d'eau consommée par l'usine quant à elle représente 81% en 2012 et 79% en 2013.

Avec le démarrage des gisements Siou, puis Fofina en 2014, la production journalière de la mine variant entre 7 500 et 8 000 T de minerai traité et la part d'eau consommée par l'usine augmente légèrement pour passer à 90%, soit 1,21 m³/T : le tonnage de roche saprolitique traité durant cette période contribue une fois de plus à élever légèrement la consommation en eau de l'usine.

A la mine de Mana, l'évaporation calculée montre des valeurs annuelles qui semblent diminuer de 2010 à 2014. Ce qui paraît contradictoire, car les réserves en eau de surface croissent pour cette même période. Par conséquent, les quantités d'eau évaporées devraient évoluer de pair avec cette variation : ce qui n'est pas le cas. Il y aurait donc des difficultés quant-à la façon de déterminer cette grandeur qui représente en réalité l'ensemble de toutes les pertes en eau à savoir l'infiltration, l'évaporation et l'évapotranspiration, ainsi que les pertes liées au fonctionnement du système (fuites dans le circuit d'alimentation, bris et remplacement d'équipement de comptage, ...).

En 2009, l'exploitation à la mine de Mana concernait les gisements Nyafè et Filon 67, situés à environ 12 km du périmètre de l'usine. Ce qui occasionnait un arrosage fréquent des routes de production conduisant à ces 2 fosses. Ainsi, on enregistrait une valeur légèrement élevée de 5% du volume total consommé pour toute la mine. Ce volume baisse en 2010 et en 2011 pour passer respectivement à 1% et 2% du volume total consommé suite au ralentissement de la production dans ces 2 fosses. La faible recharge de la nappe souterraine, la forte sollicitation de celle-ci et la faible pluviométrie enregistrée durant les années précédentes ont conduit à une pénurie d'eau à la mine qui expliquerait également la baisse de quantités d'eau allouées à l'arrosage durant ces années. L'année 2012 marque la fin de l'exploitation des fosses Nyafè et Filon 67, et la production était entièrement focalisée sur Wona, Wona NE et Kona, à proximité de l'usine dans un rayon de 5 km environ. Pour cette période, l'arrosage des routes mobilise alors des quantités d'eau très faibles qui avoisinent 0%

du volume total consommé par la mine. De 2013 à 2014, le volume d'eau consommé pour l'arrosage des routes passe respectivement à 5% puis 3%. La construction des routes et le début de la production dans les fosses Siou et Fofina expliquent cette subite augmentation puis une baisse : plus de 50% du tonnage de minerai traité à l'usine provenait de ces 2 fosses pour la période considérée.

En début d'exploitation, la consommation en eau domestique avoisinait 0% du volume total consommé pour l'année 2009 et 2010. Elle augmente légèrement à 1% en 2011, 2012 et 2013 soit respectivement 28 568, 45 841 et 60 153 m³ pour finalement atteindre 63 137 m³ soit 2% du volume total consommé par la mine. L'accroissement en effectif du personnel de la mine expliquerait en partie cette hausse. En outre, la SEMAFO a aménagé des fontaines d'eau potable sur le site de la mine afin d'améliorer les conditions de vie de ses employés et faciliter l'approvisionnement en eau potable des villages environnants (Wona, Dangouna, Somona, ...) : construction d'une fontaine à l'entrée principale du périmètre de l'usine.

En termes de bilan hydrique à l'usine de traitement, on remarque que jusqu'en 2010, l'eau souterraine était la principale source d'approvisionnement en eau de procédé. En 2009, elle représentait environ 30% du volume total d'eau consommé par l'usine, contre 6-11% d'eau de surface et environ 60% d'eau recyclée.

Suite aux différentes phases d'extension de l'usine de Mana, les quantités d'eau mobilisées deviennent de plus en plus importantes. La part d'eau recyclée subit une légère régression et passe à 47% en 2011, puis se maintient progressivement à 43% en 2014. L'eau de surface est de plus en plus mobilisée par les différents bassins aménagés par le dragage des eaux de ruissèlement en hivernage. De ce fait, la conduite construite sur le Mouhoun assure également une partie de la mobilisation des eaux de surface depuis janvier 2013 et n'intervient seulement qu'en cas d'extrême besoin. Le déficit en eau souterraine est alors comblé progressivement par l'eau de surface qui couvrait 32% de l'eau de procédé en 2011, puis 37% en 2013 et enfin 43% en 2014. Ce taux s'égalise avec la part d'eau recyclée en 2014, qui est de 43%. La part d'eau souterraine consommée par l'usine de Mana était d'environ 30% en 2009 et 2010. Face à la faible recharge de la nappe souterraine, accompagnée d'une forte sollicitation de celle-ci, le volume d'eau chute à 20% en 2011 et 2012 puis à 16% en 2013 et enfin à 14% en 2014, malgré la légère baisse de la production minière en termes de tonnage traité à l'usine (maximum de 2 834 244.T en 2013 et 2 754 386 T en 2014).

Au regard des différents graphiques illustrant l'évolution du rabattement de la nappe phréatique, on se rend compte que le pompage accru d'eau dans les forages implantés autour des fosses en exploitation induit une forte baisse du niveau piézométrique (**Figure 9**), l'objectif de la mine étant

d'assurer l'exhaure dans les carrières : Ce qui était prévu par l'EIES. Notons qu'une procédure de contrôle régulier du niveau et de la qualité des eaux souterraines est déjà en place.

IV.3. Comparaison des volumes d'eau mobilisés par la mine à l'échelle du bassin versant

A la mine de Mana, l'eau souterraine représente 37% du volume total des ressources en eau mobilisées soit pour la période de 2009 à 2010, contre 63% pour les eaux de surface. En comparant ces chiffres avec les valeurs obtenues à l'échelle du sous-bassin majeur puis à l'échelle de l'EC-Mouhoun pour le même intervalle de temps, il ressort que le volume total en eau souterraine mobilisée à la mine de Mana représente respectivement 1,70% et 0,39% contre 0,84% et 0,28% pour les eaux de surface (*Tableau 9*).

Les consommations en eau, tous usages confondus s'élevaient à environ 8% en 2010, dont 87% étaient réalisés à partir des eaux de surface. L'agriculture irriguée est le plus important utilisateur de l'eau sur l'ensemble l'EC-Mouhoun, mobilisait à elle-seule 70% des prélèvements (source : rapport MCA-BF). Les prélèvements totaux, y compris les pertes par évaporation au niveau des ouvrages de captage (barrages), représentent 19% des ressources renouvelables (22% pour les eaux de surface et de 5,4% pour les eaux souterraines).

Catégorie d'eau mobilisée	Volume total en eau mobilisée à la mine Mana de 2009 - 2014	Volume total en eau mobilisée à la mine Mana extrapolé à une décennie	Volume d'eau mobilisable Mouhoun Inférieur amont	Taux à l'échelle du sous-bassin majeur	Volume d'eau mobilisable EC-Mouhoun	Taux à l'échelle de l'EC-Mouhoun
Eau souterraine (m ³)	4 596 709	7 661 182	450 600 000	1.70%	1 989 580 000	0.39%
Eau de surface (m ³)	7 838 358	13 063 930	1 546 900 000	0.84%	4 715 180 000	0.28%
Total	12 435 067	20 725 112	1 997 500 000	1.04%	6 704 760 000	0.31%

Tableau 9: Volumes d'eau mobilisés à la mine et mobilisables à l'échelle du bassin versant

Source : Extrait du rapport MCA-BF et réadapté

IV.4. Impacts possibles ou probables de l'activité minière sur la quantité des ressources en eau

Les faibles taux obtenus à l'issue de la comparaison entre les quantités d'eau mobilisées à la mine de Mana de 2009 à 2010, extrapolées à une décennie et celles mobilisables à l'échelle du sous-bassin majeur du Mouhoun inférieur amont et l'ensemble de l'EC-Mouhoun pour une décennie, révèlent contrairement à l'hypothèse de départ que l'impact de l'activité minière sur les ressources en eau du bassin versant est très négligeable.

Cependant, l'exhaure dans les fosses, exerce à l'échelle locale une forte pression sur les ressources en eau souterraine (phréatique). Notons également que l'existence de haldes à stérile pourraient entraîner la pollution des eaux souterraines due aux infiltrations.

En outre, le dragage des ruisseaux en saison hivernale aurait un impact sur le régime des eaux de surface tel que la modification de tracé des cours d'eau de la zone d'étude et la perturbation des débits en aval. Par conséquent, la nappe souterraine pourrait être à son tour affectée : moins il y a d'écoulement de surface et d'infiltration, plus sera accentué le déficit de recharge de la nappe phréatique.

Certains témoignages auprès des habitants des villages environnants de la mine (sur rayon d'environ 5 km autour des carrières en exploitation) concordent avec des observations faites dans les puits artisanaux où les niveaux d'eau subissent une forte baisse, ou tarissent complètement en dehors de la période pluvieuse. Même en période hivernale, les niveaux semblent plus bas comparativement aux années précédentes.

Notons également que le rapport d'EIES faisait ressortir la possibilité de pollution des eaux de surface par le déversement accidentel d'hydrocarbures ou par les rejets des eaux d'exhaure ou encore par le drainage acide et la lixiviation des stériles (haldes) ; des modifications possibles au niveau de la topographie et l'augmentation du coefficient du ruissellement.

Concernant les eaux souterraines, des possibilités de pollution de la nappe phréatique due aux infiltrations au niveau des haldes à stérile ont été mentionné.

Vu tous ces impacts, le PGES prévoyait déjà des mesures d'atténuation ou de compensation des effets directs ou indirects liés au projet et son environnement immédiat et/ou lointain :

Le site des haldes a été convenablement choisi. Des travaux d'aménagement visant à imperméabiliser la plateforme de stockage des stériles y sont réalisés au préalable ; un réseau de fossés de dérivation, de canaux d'écoulement, de bassins de sédimentation et des travaux de terrassement autour des zones de stockage des stériles ont été aménagés à cet effet afin d'assurer un drainage effectif; les haldes à stériles sont construites selon la technique des gradins montants avec des pentes faibles et des hauteurs de gradins ne dépassant pas 10 m; les pentes des haldes (*Annexe 5*) sont régulièrement réhabilitées et reboisées ; des tests de potentiel de génération d'acide des roches sont régulièrement réalisés ; de même que le contrôle du niveau et de la qualité des eaux souterraines ; il est prévu de fournir des sources alternatives d'approvisionnement en eau aux populations des villages environnants, en quantité et qualité équivalentes à celles qui auraient été affectées : pour cela, la SEMAFO à travers sa fondation œuvre à la réalisation de ce projet qui se poursuit actuellement. De 2010 à nos jours, d'anciens forages ont été réhabilités et plus d'une

dizaine de nouveaux ont été construits dans les villages environnants (Wona, Kona, Fofina, Bana, Bissa et Yona) et équipés de pompes volonta.

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

A l'issue de cette étude, nous pouvons dire que l'objectif général de départ est atteint. Il a été possible de faire la synthèse sur les aspects quantitatifs de la gestion des ressources en eau de la mine de Mana depuis 2009 jusqu'à nos jours. L'an 2008 qui marque le début de l'exploitation n'a pu être couvert à cause de l'insuffisance de données pour la période.

La compilation de toutes les données accessibles ont permis de regrouper les différents usages de l'eau à la mine, en trois (3) catégories qui sont : l'eau de procédé pour le traitement du minerai à l'usine, l'eau de consommation utilisée pour les besoins des employés de la mine ainsi que les habitants des villages environnants, et enfin le groupe des usages divers parmi lesquels on peut citer l'arrosage des routes et l'eau pour la construction des infrastructures et le lavage des véhicules. L'usine de traitement utilise annuellement 70 à 96% des volumes d'eau consommés par l'ensemble des activités de la mine, soit entre 1,12 et 1,43 m³/T pour une production journalière variant de 3 000 à 8 000 tonnes de minerai traité. Le reste de la consommation est réparti entre les autres usages de l'eau et les pertes par évaporation, infiltration et fonctionnement du système en entier.

Au début de la phase d'exploitation minière, les sources d'approvisionnement en eau de la mine de Mana étaient principalement la nappe souterraine et par la suite les eaux de surface. De 2009 à 2014, le cumul des volumes d'eau souterraine mobilisés par la mine s'élève à 37% du volume total mobilisé, toutes catégories d'eau confondues tandis que les eaux de surface issues du dragage des eaux de ruissellement en saison hivernale et, au besoin le pompage d'eau du Mouhoun représentent 63% et contribuent à maintenir les réserves d'eau nécessaires dans le bassin Wona afin d'assurer les besoins en eau de la mine.

Du début des travaux d'exploitation à nos jours, le recyclage continu de l'eau à partir des rejets de minerai cyanurés assure une économie d'eau avoisinant 50 à 60% des besoins hydriques de l'usine de traitement. Ce chiffre tend à la décroissance et ne vaut que 43% en 2014. La STEP de SEMAFO assure également le traitement des eaux usées domestiques avec un débit moyen de pointe horaire en aval de 2,8 m³/h d'eau traitée et réutilisable.

La comparaison faite pour une décennie entre les quantités d'eau mobilisées par la mine et celles mobilisables d'une part sur le sous bassin majeur du Mouhoun inférieur amont et d'autre part sur l'ensemble de l'EC-Mouhoun prouve d'un point de vue quantitatif, que l'impact des prélèvements d'eau de la mine de Mana est négligeable à grande échelle. Cependant, à l'échelle locale, l'activité minière de SEMAFO exerce une forte pression sur les eaux souterraines avec un rabattement annuel moyen de la nappe phréatique variant entre 0,37 à 2,8 m/an de 2009 à 2014 : tarissement des puits

artisanaux dans les villages environnants. Les eaux de surface sont également affectées par l'activité minière à cette échelle, au sens que le dragage des ruisseaux en période hivernale entraîne des modifications de tracé des cours d'eau et par conséquent une perturbation du régime hydrographique de la localité de la mine et ses environs.

Afin d'améliorer le fonctionnement du système de gestion de l'eau à la mine de Mana et assurer une coexistence de l'ensemble des activités liées à l'eau tout en évitant les conflits d'usage qui pourraient en surgir, nous proposons les perspectives suivantes :

- La mise en place d'un SGBD plus robuste et plus complet dans le but non seulement de reconstituer les bases de données relatives à l'eau en prenant en compte les informations manquantes pour l'année 2008. Cela faciliterait l'organisation, l'archivage, le suivi et la manipulation des données en temps réel afin de produire des rapports fiables selon les besoins de la société. Cette BD prendra en compte aussi bien les aspects quantitatifs que qualitatifs de la gestion des ressources en eau de la mine et de ses environs ;
- L'intensification et l'amélioration en qualité du réseau de comptage des volumes d'eau prélevés et consommés pour assurer une alimentation plus complète, continue et fiable de la BD par le choix d'équipements de comptage appropriés. La planification d'un programme d'entretien et de maintenance des différents équipements accroîtraient un meilleur contrôle de la qualité des informations recueillies ;
- Comme prévu dans le rapport technique de faisabilité de la STEP, la valorisation des eaux usées, traitées et libérées dans la nature, contribuerait d'une part à une économie d'eau d'environ 24 000 m³/an, mais aussi à développer pour les habitants des villages environnants, des activités génératrices de revenu telles que l'élevage, le maraîchage et le commerce ;
- Pour les prélèvements d'eau au Mouhoun, le pipeline est une solution de dépannage de la mine en situation d'extrême besoin : nous suggérons alors de privilégier le pompage d'eau en période de crue. Au besoin, la SEMAFO pourrait prévoir une extension du bassin Wona afin d'accroître sa capacité de stockage pour des réserves d'eau plus importantes ;
- Le bitumage des routes principales de production de la mine : Il s'agit de l'axe mine-virage de Fofina (8 km) et de celle mine-Sio (15 km). Cela permettrait d'économiser en moyenne 151 427 m³ d'eau par an et réduirait également les besoins de pompage en saison sèche, les frais d'entretien des routes, des engins (citerne d'eau, niveleuse, pompe, ...) et l'usure des engins serait préservée.
- La création d'un service GIRE qui aura pour mission de gérer toutes les questions relatives à la gestion des ressources en eau de la mine, en collaboration avec le service Environnement et tous les

autres services concernés. Il développera également des stratégies nécessaires pour optimiser et rentabiliser le système de gestion de l'eau déjà en place. Ce service assurera un lien permanent avec les autorités compétentes en matière de gestion des ressources en eau.

- La projection des besoins en eau de la mine pour les cinq (5) années à venir, conjointement à la planification minière de la même période afin de mieux planifier la gestion des ressources en eau.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et articles

COWI (2012), Rapport d'Etat des lieux des ressources en eau de l'espace de compétence de l'Agence de l'eau du Mouhoun, Décembre 2012.

Genivar (2006), Étude hydrogéologique préliminaire de la fosse Wona, Burkina Faso.

LOI N°002-2001/AN (JO N°23 2001) Portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau.

Ouedraogo I. (1994), Géologie et hydrogéologie des formations sédimentaires de la boucle du Mouhoun (Burkina Faso), thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques de Dakar, Février 1994.

SNC-Lavalin (2013), Mise à jour du plan de restauration mine, réf. 611185-0000-4EER-0001-PB, rapport préliminaire, Avril 2013.

SOCREGE (2006), Étude d'Impact Environnementale et Sociale de la mine d'or de Mana – Etude initiale, Mai 2006.

SOCREGE (2008), Plan de réhabilitation et de fermeture de la mine Mana, Burkina Faso.

SOCREGE (2011), Evaluation environnementale complémentaire de l'Etude d'Impact sur l'environnement de la mine de Mana - Addendum-Carrière de Wona Nord-est, juin 2011.

SOCREGE (2012), Etude d'Impact Environnementale et Sociale du projet de réalisation de la conduite d'eau du fleuve Mouhoun à la mine de Mana, Juillet 2012.

SOCREGE (2012), Étude d'Impact sur l'Environnement du projet d'extension du permis d'exploitation de Mana, Avril 2012.

Dr. J. Wethe, (2011), Rapport de l'étude technique et financière du système de traitement des eaux usées de la SEMAFO à Mana, Burkina Faso, juin 2011.

Sites internet

<http://faseaunouvelles.wordpress.com/2013/12/12/eau-potable-et-assainissement-de-grandes-realizations-prevues-dans-la-boucle-du-mouhoun/>, Janvier 2013.

http://www.eauburkina.org/index.php?option=com_content&view=article&id=327:presentation-aem&catid=121:agence-du-mouhoun&Itemid=192, Août 2013.

<http://www.ambaburkina.dk/reliefhydrologie.html>, Août 2013.

http://www.wrcu.ecowas.int/fr/stand.php?id=008#_ftn1, Août 2014.

<http://www.fondationsemafo.org/fr/quefaisonsnous/realisations/burkinafaso.html>, Janvier 2015.

ANNEXES

<i>Annexe 1: Extrait de la Loi d'orientation relative à la gestion de l'eau</i>	<i>39</i>
<i>Annexe 2: Quelques éléments de climatologie.....</i>	<i>40</i>
<i>Annexe 3: : Carte des sous-bassin versants majeurs de l'EC-Mouhoun (Extrait du Rapport d'Etat des lieux des ressources en eau de l'EC-Mouhoun, Décembre 2012).....</i>	<i>41</i>
<i>Annexe 4: Tableaux de données hydrologiques à l'échelle de l'EC-Mouhoun (en fond gris, le sous-bassin majeur de la zone d'étude).....</i>	<i>42</i>
<i>Annexe 5 : Quelques infrastructures et aménagements de la mine de Mana</i>	<i>43</i>
<i>Annexe 6: Station d'épuration par lagunage aéré à microalgues et déshuileur au garage au garage d'engins lourds de SEMAFO</i>	<i>44</i>
<i>Annexe 7: Station météorologique de la mine de SEMAFO</i>	<i>45</i>

Annexe 1: Extrait de la Loi d'orientation relative à la gestion de l'eau

Loi n°02/2001/AN du 06 février 2001 relative à la gestion de l'eau vient préciser la place de la ressource eau dans la société. Elle définit le cadre juridique et le mode de gestion de cette ressource. Elle stipule en son *article 2* le droit à chacun de disposer de l'eau correspondant à ses besoins et aux exigences élémentaires de sa vie et de sa dignité.

En son *article 6*, cette loi précise les types de ressources hydriques qui font partie du domaine public et doivent être gérés comme tels. Les lacs naturels ou artificiels, les étangs, les mares et d'une manière générale, les étendues d'eau sont cités dans cette rubrique en son *alinéa 2*.

L'*article 15, alinéa 1^{er}*, stipule que le Ministre chargé de l'eau veille à ce que les populations concernées par un aménagement hydraulique ou une mesure de gestion de l'eau reçoivent une information appropriée.

Elle accorde des prérogatives exceptionnelles à l'autorité en cas de grave pénurie de la ressource due à des aléas climatiques. Dans ce cas les besoins en eau qui correspondent à l'alimentation des populations et aux conditions élémentaires de la vie et de la dignité sont considérés comme prioritaires.

L'*article 24* recommande que les aménagements hydrauliques et, d'une manière générale, les installations, ouvrages, travaux et activités réalisés par toute personne physique ou morale, publique ou privée, et entraînant, selon le cas :

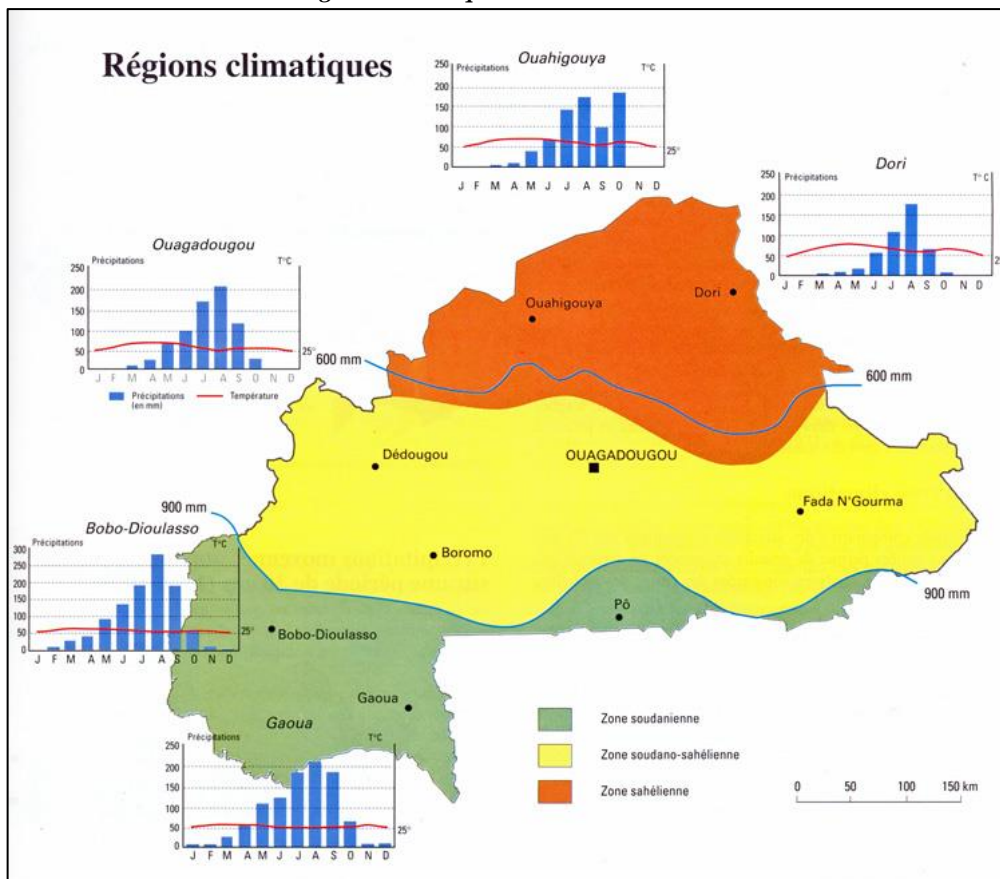
- Des prélèvements d'eau superficielle ou souterraine, restitués ou non ;
- Une modification du niveau ou du mode d'écoulement des eaux ;
- Des déversements, écoulements, rejets ou dépôts directs ou indirects, chroniques ou épisodiques, même non polluant, sont soumis à autorisation ou à déclaration.

Cette autorisation fixe, en tant de besoin, les prescriptions imposées au bénéficiaire en vue de supprimer, réduire ou compenser les dangers ou les incidences sur l'eau et les écosystèmes aquatiques.

L'*article 51* prescrit qu'en cas de pollution accidentelle de l'eau, les personnes publiques intervenues matériellement ou financièrement ont droit au remboursement par la ou les personnes à qui incombe la responsabilité de l'accident, des frais d'enquête et d'expertise exposés par elles ainsi que des dépenses effectuées pour atténuer ou éviter l'aggravation des dommages. Le remboursement des sommes dues s'effectue sans préjudice de l'indemnisation des autres dommages.

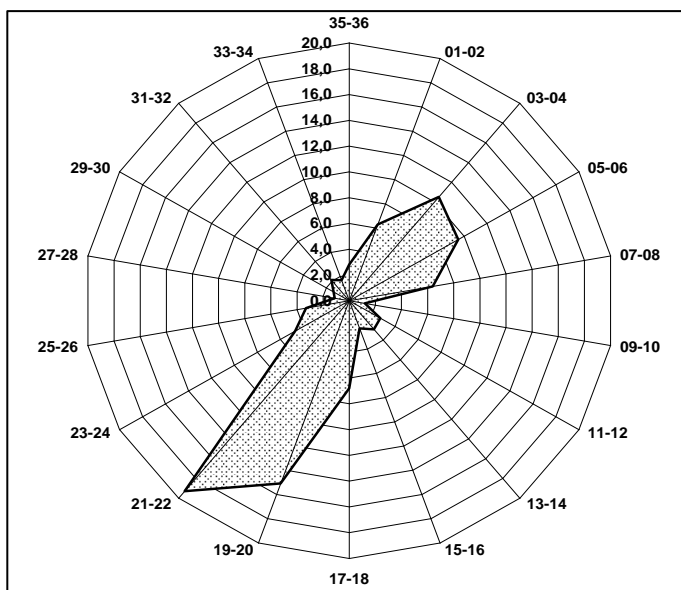
Annexe 2: Quelques éléments de climatologie

a- Régions climatiques du Burkina Faso



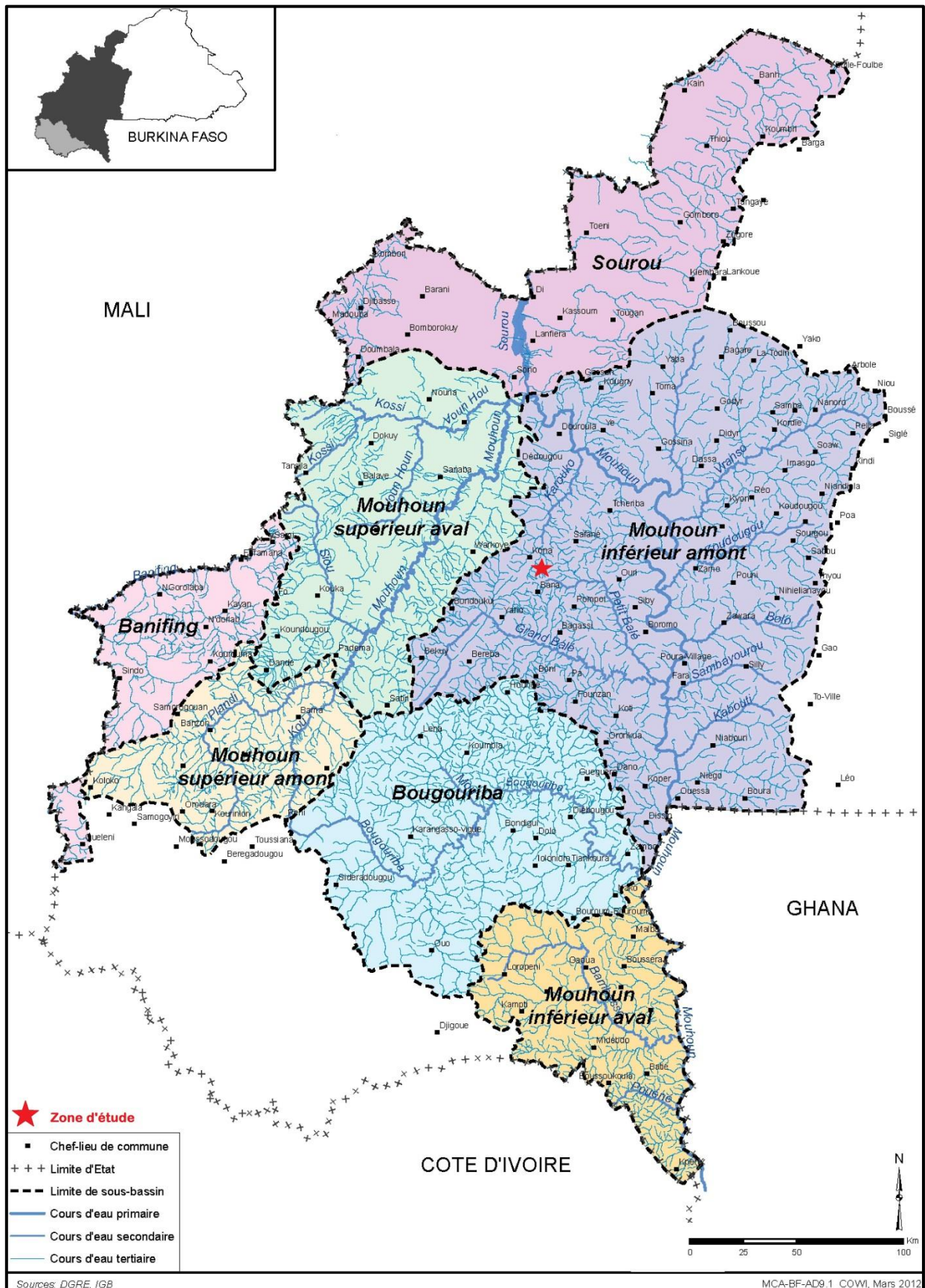
Source : "les Atlas de l'Afrique, Burkina-Faso", les éditions J.A. 2001

b- Rose des vents de Bobo Dioulasso - Période 2005 à 2009 ; Vents calmes : 11%



Source : SOCREGE

Annexe 3 : Carte des sous-bassin versants majeurs de l'EC-Mouhoun (Extrait du Rapport d'Etat des lieux des ressources en eau de l'EC-Mouhoun, Décembre 2012)



Annexe 4: Tableaux de données hydrologiques à l'échelle de l'EC-Mouhoun (en fond gris, le sous-bassin majeur de la zone d'étude)

a- Estimation de la pluie moyenne par sous-bassin, période récente

Sous-bassins de planification	Sous-bassins de modélisation	Superficie		Pluie moyenne (mm/an)	Pluie moyenne (Mm ³ /an)	Pluie moyenne (m ³ /an)
		km ²	%			
Mouhoun supérieur amont	Plandi/Samandéni	4 501	5%	960	4 321	4 321 000 000.0
	Kou	1 830	2%	935	1 711	1 711 000 000.0
Mouhoun supérieur aval	Mouhoun sup	8 800	9%	830	7 304	7 304 000 000.0
	Mouhoun sup 2 (Voun Hou)	5 689	6%	755	4 296	4 296 000 000.0
Sourou	Sourou	14 962	16%	600	8 977	8 977 000 000.0
Mouhoun inférieur amont	Mouhoun inférieur	17 612	18%	720	12 680	12 680 000 000.0
	Mouhoun inf 2	13 726	14%	830	11 393	11 393 000 000.0
Bougouriba	Bougouriba (à Diébougou)	12 565	13%	955	11 999	11 999 000 000.0
	Dapola BF	3 464	4%	940	3 257	3 257 000 000.0
Mouhoun inférieur aval	Noumbiel BF	7 593	8%	1020	7 745	7 745 000 000.0
Banifing	Banigfing	5 463	6%	920	5 026	5 026 000 000.0
Total EC-Mouhoun BF		96 206			78 709	78 709 000 000.0

Source : DGM

b- Volume annuel moyen d'eau de surface produite par sous-bassin par décennie durant la période 1961 à 2010

Volume moyen par décennie (Mm ³ /an)								
Période	Mouhoun supérieur amont	Mouhoun supérieur aval	Sourou	Mouhoun inférieur amont	Bougouriba	Mouhoun inférieur aval	Banifing	Total Mouhoun BF
1961 à 1970	769.6	544.4	74.1	2 292.4	1 409.0	796.3	308.7	6 194.5
1971 à 1980	552.4	387.3	47.8	1 480.2	912.9	483.9	221.6	4 086.1
1981 à 1990	463.6	318.6	30.2	934.5	791.3	503.3	186.0	3 227.5
1991 à 2000	732.8	502.0	45.2	1 399.4	1 045.8	703.4	293.9	4 722.5
2001 à 2010	635.0	443.7	52.6	1 628.0	1 375.7	955.6	254.7	5 345.3
Moyenne	630.7	439.2	50.0	1 546.9	1 106.9	688.5	253.0	4 715.2

Source : DGRE, Programme GIRE, VREO, Traitement COWI

c- Estimation de la recharge moyenne par sous-bassin, période récente

Sous-bassins de planification	Sous-bassins de modélisation	Cours d'eau principaux	Superficie (km ²)	Acquifère	Recharge (mm/an)	Recharge Mm ³ /an	Recharge (m ³ /an)
Mouhoun supérieur amont	Plandi/Samandéni	Plandi, Kou	4 501	Sédimentaire	40	180.0	180 000 000.0
	Kou	Mouhoun, Siou, Vouhoun, Kossi	1 830	Sédim/socle	35	64.0	64 000 000.0
Mouhoun supérieur aval	Mouhoun sup		8 800	Sédimentaire	20	176.0	176 000 000.0
	Mouhoun sup 2 (Voun Hou)		5 689	Sédimentaire	12	68.3	68 300 000.0
Sourou	Sourou	Sourou	14 962	Sédim/socle	0 - 10	74.8	74 800 000.0
Mouhoun inférieur amont	Mouhoun inférieur	Mouhoun, Karouko, Vranso, Bolo, Balé	17 612	Socle	10	176.1	176 100 000.0
	Mouhoun inf 2		13 726	Socle	20	274.5	274 500 000.0
Bougouriba	Bougouriba (à Diébougou)	Bougouriba	12 565	Socle	30	376.9	376 945 000.0
	Dapola BF		3 464	Socle	30	103.9	103 945 000.0
Mouhoun inférieur aval	Noumbiel BF	Mouhoun, Bambasso, Poéné	7 593	Socle	40	303.7	303 745 000.0
Banifing	Banigfing	Banifing	5 463	Sédimentaire	35	191.2	191 245 000.0
Total EC-Mouhoun BF			96 206			1 989.6	1 989 580 000.0

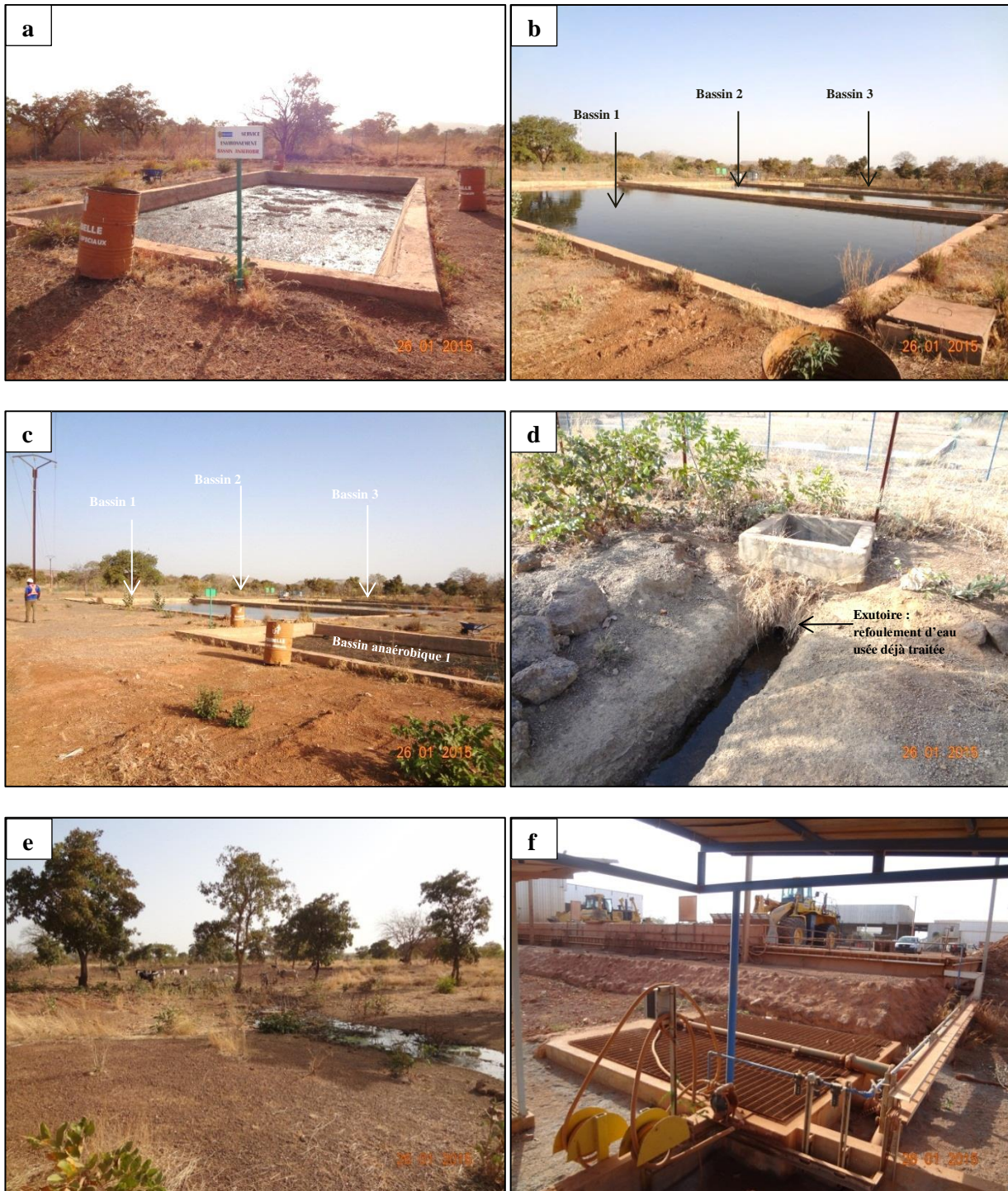
Source : VREO, Traitement AD9.1/COWI

Annexe 5 : Quelques infrastructures et aménagements de la mine de Mana



a : Photographie de l'usine de traitement, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)
b : Photographie du bassin Wona vu de la digue, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)
c : Photographie du parc à résidus : boues séchées, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)
d : Photographie du parc à résidus : barge flottante de pompage, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)
e : Photographie des haldes à stérile au sud-est de la fosse Kona, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)
f : Photographie des haldes à stériles au nord-est de la fosse Wona, vues du haut de l'usine de traitement, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)

Annexe 6: Station d'épuration par lagunage aéré à microalgues et déshuileur au garage d'engins lourds de SEMAFO



a : Bassin anaérobique de la STEP, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)
b : Bassins de maturation de la STEP, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)
c : Bassins de maturation et bassin anaérobique de la STEP, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)
d : Exutoire de la STEP à la sortie du bassin de maturation 3, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)
e : Refoulement des eaux usées et traitées de la STEP dans la nature, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)
f : Déshuileur d'eau de lavage des engins lourds au garage de SEMAFO, Mine Mana (Photo : A. TRAORE)

Annexe 7: Station météorologique de la mine de SEMAFO



a : Evaporomètre à bac A, Mine Mana
(Photo : A. TRAORE)

b : Pluviomètre de type "Association", Mine Mana
(Photo : A. TRAORE)

c : Mini station météo automatique, Mine Mana
(Photo : A. TRAORE)