Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering
Fondation 2iE

Mémoire de fin d'études

Master en ingénierie de l'eau et de l'environnement
Option: Eau

Etude diagnostique de l'état de fonctionnement des stations compactes de potabolisation d'eau installées à Bamako

Jury d'évaluation du stage :

Président :

Dr Joseph WETHE

Membres et correcteurs :

Denis ZOUNGRANA

Yacouba KONATE

komla JACKATEY

Année académique 2009 - 2010

Sommaire

CHAPITRE.1 : INTRODUCTION GENERALE ***12***

1. BREF APPERCU DE L'ENVIRONNEMENT 12
1.1. L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE 12
1.2. L'ENVIRONNEMENT HUMAIN 13
2. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE 13
2.1. CONTEXTE 13
2.2. PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE 14
3. JUSTIFICATION ET OBJECTIF DE L'ETUDE 16
3.1. JUSTIFICATION DE L'ETUDE 16
3.2. OBJECTIF ET RESULTATS ATTENDUS 17
3.3. METHODOLOGIE 17

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ***20***

1. ORGANISATION DU SECTEUR DE L'EAU AU MALI 20
2. MISSION DE L'ENERGIE DU MALI 21
3. ORGANISATION DE L'ENERGIE DU MALI 21
4. LE SERVICE DE L'EAU A BAMAKO ET SES DIFFICULTES 23
4.1 LA FORTE DEMANDE EN EAU PENDANT LA PERIODE DE CHALEUR 25
4.2 PENURIE D'EAU POTABLE SUITE AU DEPASSEMENT DE LA CAPACITE DE PRODUCTION DES INSTALLATIONS 25

CHAPITRE 3 : LES STATIONS COMPACTES DE POTABILISATION D'EAU DE BAMAKO ***27***

1. HISTORIQUE DE L'INSTALLATION DES STATIONS COMPACTES 27
2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT 27
2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES UNITES OPALIUM 27
2.2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES UNITES SWP 28
3. DESCRIPTION DES PROCESS 28
3.1. DESCRIPTION DES PROCESS OPALIUM 24
3.2. DESCRIPTION DES PROCESS SWP 26
3.3. DES DIFFERENCES ENTRE LES UNITES OPALIUM ET LES UNITES SWP . 31
4. QUALITE DE L'EAU 32

CHAPITRE. 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS ***33***

1. LE CAPTAGE 33
2. LE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE 35
3. LA QUALITE DE L'EAU TRAITEE 42

CHAPITRE 5 : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS ***47***

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Températures moyennes précipitations pluriannuelles de bamako 12
Tableau 2 : Turbidité en ntu et ph entre juin et septembre 2009. 14
Tableau 3 : Données d'exploitation de production et de distribution d'eau potable de bamako 24
Tableau 4 : Les longueurs de canalisation en km du réseau de distribution de bamako 24
Tableau 5 : Pertes de charge et hmt sur la conduite d'eau brute de250 PVC 35
Tableau 6 : Pertes de charge et hmt sur la conduite d'eau brute fd DN300 36
Tableau 7 : Pertes de charge et hmt sur la conduite d'eau brute de250 PVC 37
Tableau 8 : Pertes de charge et hmt sur la conduite d'eau brute fd DN300 38
Tableau 9 : Les vitesses de hazen réelles 39
Tableau 10 : Vitesses de filtration 41
Tableau 11 : Production d'eau potable et rendements mensuels en 2009 (opalium-magn) 42
Tableau 12 : Production d'eau potable et rendements mensuels en 2009 (opalium-baco) 42

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte du MALI 12
Figure 2 : Courbe de la variation décadaire de la turbidité entre Juin et Septembre 2009 15
Figure 3 : Courbe de la variation décadaire du ph entre Juin et Septembre 2009 15
Figure 4 : Consommation décadaire de sulfate d'alumine et de chaux éteinte entre Juin et Septembre 2009 15
Figure 5 : Etat de la berge en période hivernale et sa proximité par rapport au ponton flottant 16
Figure 6 : Système d'exhaure avec ponton flottant abritant les pompes et la passerelle 29
Figure 7 : Schéma Synoptique De La Station Compacte Opalium De Bamako 24
Figure 8 : Schéma de principe d'un filtre sous pression 27
Figure 9 : Schéma de principe d'un decanteur lamellaire opalium (100 m^3/h) 26
Figure 10 : Schéma synoptique de la station compacte SWP 550 m^3/h 28
Figure 11 : Ouvrage de prise avec pompe de surface aspirant dans le puits (Coupe H) . 33
Figure 12 : Ouvrage de prise avec pompe de surface aspirant dans le puits (Coupe V) . 33
Figure 13 : Ouvrage de prise avec pompe de surface aspirant dans le puits (Coupe V) . 34
Figure 14 : Ouvrage de prise avec pompe immergée aspirant dans le puits (Coupe…..) 34
Figure 15 : Courbe caractéristique de la conduite d'eau brute DE250 PVC 35
Figure 16 : Courbe caractéristique de la conduite d'eau brute FD DN300 36
Figure 17 : Courbe caractéristique de la conduite d'eau brute DE250 PVC 37
Figure 18 : Courbe caractéristique de la conduite d'eau brute FD DN300 38
Figure 19 : Les vitesses de Hazen réelles 40
Figure 20 : Histogramme de la production Eau brute-Eau traité de Magnambougou ... 43
Figure 21 : Histogramme de la production Eau brute-Eau traité de Baco-Djicoroni 43
Figure 22 : Répartition de l'eau sur une batterie de filtres sous pression 44

DEDICACE

A JEHOVAH LE TOUT PUISSANT CREATEUR qui m'a permis d'être encore en vie !!!

A la mémoire de mon très cher père : Feu Danséni BAYO

A ma mère, mon épouse, mes frères et sœurs, mes enfants, qui ont toujours été à mes cotés, et qui m'ont supporté malgré mes multiples absences, qu'ils trouvent en ce travail l'expression de toute ma reconnaissance et tout mon amour fraternel.

A toute la famille BAYO;

A Mr Boubacar KANE;

A Mr Abdramane DEMBELE;

A Mr Cyriaque DAKOUO et toute sa famille;

A tous mes amis du Burkina Faso;

Je dédie ce mémoire !

REMERCIEMENTS

A la fin de cette œuvre, je tiens à signifier toute ma gratitude à toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de cette formation.

Je tiens à remercier particulièrement mes encadreurs : Mr Mamadou CISSE, Mr Saliya KONE, Mr Komla JACKATEY, Mr Denis ZOUNGRANA, d'avoir si complaisamment accepté de me suivre dans ce travail; leurs disponibilités et leurs conseils avisés nous ont été d'un apport très précieux; qu'ils soient honorablement gratifiés.

Mes remerciements à tout le corps professoral du 2iE pour la qualité de la formation.

Je remercie toute la promotion Master Eau, Environnement, Infrastructures et Energie du 2iE pour l'esprit de solidarité, de responsabilité, de courage et de sympathie dont elle a fait preuve durant ces années de vie scolaire commune.

A mon épouse Lydie, à mes amis du Burkina Faso et ceux du Mali, pour leur soutien, leur implication pour la réussite de ce travail, qu'ils reçoivent ici mes vifs remerciements.

AUTEUR : Paul BAYO

Maître de stage de mémoire : Mamadou CISSE.
Encadreur du cabinet CINTECH : Komla JACKATEY.
Professeur Encadreur : Denis ZOUNGRANA.

THEME

Evaluation de l'état de fonctionnement des stations compactes de potabilisation d'eau installées à Bamako pour une amélioration des futures stations.

RESUME

Au cœur de cette mesure figurait, en bonne place, l'installation de deux stations compactes de **type SCP 100** le long du fleuve Niger, à Baco-Djicoroni et à Magnambougou sur la rive droite. Puis une extension de ces dernières est survenue plus tard avec des unités SWP de 550m^3/h, suite à une forte sollicitation des populations au près des autorités. Ces dispositifs sont dotés chacun d'une capacité de production de 3 X 100m^3/h X 2, donc un débit de 600m^3/h et 2X550m^3/h, soit au total 1700 m^3/h. Les stations compactes sont en marche à Magnambougou et à Baco-Djicoroni respectivement depuis Mars et Avril 2008. Globalement, les stations compactes ont donné des résultats très satisfaisants : 3.825.943 m^3 d'eau potable ont été produite en 2009 uniquement par les unités Opalium.
Une dizaine de quartiers est aujourd'hui soulagée grâce à ce projet, même si par ailleurs, après deux années de fonctionnement, il demeure encore quelques petits problèmes à l'exploitation.
Ces quelques difficultés existantes dont la recherche et l'analyse des causes et des solutions et/ou des mesures d'atténuation ont fait l'objet de ce mémoire demeurent toujours une préoccupation, et pour l'exploitant qu'est la société EDM-sa, et pour le Maître d'ouvrage qu'est l'état malien à travers la DNH. En production d'eau potable, on cherche toujours à optimiser pour minimiser toujours les charges d'exploitation (coût de l'énergie, coût de réactifs, main d'œuvre etc.). La présente étude s'est donné cela comme ambitions, avec un objectif général et des objectifs spécifiques consignés dans le cadre logique se trouvant dans les annexes. Il faut donc nécessairement améliorer l'exploitation pour optimiser la production. Or pour améliorer l'exploitation et optimiser la production, il faudrait bien cerner les différents dysfonctionnements à travers une étude ***d'évaluation de l'état de fonctionnement*** général des installations. Dans cette étude, l'accent a été mis essentiellement sur les installations de captage et les installations de traitement proprement dites, à savoir le pompage (prélèvement et refoulement de l'eau brute du fleuve), décantation après coagulation/floculation, la filtration sous pression. Cela passe, non seulement par un diagnostic général du fonctionnement des ouvrages et équipements, mais aussi l'estimation de certains paramètres physiques (hydrauliques). Il s'agit notamment des ***caractéristiques de la conduite de refoulement***, la vitesse de décantation réelle aussi appelée ***vitesse de Hazen*** réelle ou charge hydraulique et la ***vitesse de filtration***. Quelques solutions ont été données ou ébauchées et la liste reste non exhaustive. Un accent particulier été mis sur la proposition d'un ouvrage de captage en puits d'exhaure. ***Une étude financière*** (un devis quantitatif et estimatif) a été établie pour dégager un ordre de grandeur du coût de réalisation des ***options techniques proposées***. Le coût de réalisation d'un ouvrage de captage du genre de ce qui a été recommandé, que ce soit avec pompes immergées ou pompes de surface avoisinerait **140 000 000 francs CFA**

Mots clés : eau potable, station compacte, population, Magnambougou, Baco-Djicoroni, fleuve, exhaure, EDM, filtre, décanteur, pompe, débit, vitesse.

Abstract

In the heart of this measure represented, at the right place, the installation of two compact stations of type SCP 100 along the river Niger, to Baco-Djicoroni and to Magnambougou on the right bank. Then an extension of these last ones arose later with units SWP of 550m3 / hour, further to a strong request of the populations in near the authorities. These devices are endowed each of a production capacity of 3 X a 100m3 / hour X 2, thus a flow of 600m3 / hour and 2X550m3 / hour, that is all in all 1700 m3 / hour. The compact stations belong on the march to Magnambougou and to Baco-Djicoroni respectively since Mars and in April, 2008. Globally, the compact stations gave very satisfactory results: 3.825.943 m3 of the drinking water were only produced in 2009 by the units Opalium. About ten districts are relieved thanks to this project today, even if besides, after two years of functioning, it is still left some small problems to the exploitation. These some existing difficulties among which the search and the analysis of the causes and the solutions and\or the measures of enfeeblement were the object of this report always remain a preoccupation, and for the developer that is the EDM-SA company, and for the Project owner that is the Malian state through the DNH. In production of drinking water, we always try to optimize, to minimize always operating expenses (energy cost, cost of reagent, hand of work etc.). The present study gave it itself as ambitions, with a general objective and specific objectives recorded in the logical executive being in appendices. It is necessary to improve thus inevitably the exploitation to optimize the production. Now, to improve the exploitation and optimize the production, it would be necessary to encircle the various dysfunctions through a study of evaluation of the state of general functioning of the installations. In this study, the accent was essentially put on the installations of harnessing and processing plants itself, namely the pumping (taking and expulsion of the raw water of the river), settling after coagulation/floculation, the filtration under pressure. It passes, not only by a general diagnosis of the functioning of the works and the equipments, but also the estimation of certain (hydraulic) physical parameters. It is in particular about characteristics of the driving of expulsion, the speed of real settling was so called speed of real Hazen or hydraulic load and the speed of filtration. Some solutions were given or sketched and the list remains not exhaustive. A particular accent put at the suggestion of a work of harnessing in well of exhaure. A financial study (a quantitative and estimated estimate) was established to kick away an order of height of the cost of realization of the proposed options.

LISTE DES ABREVIATIONS

DNH Direction nationale de l'Hydraulique

EDM-SA Energie du Mali-Société Anonyme

HMT Hauteur manométrique totale

MES Matière en suspension

NTU **Unité standard de mesure de turbidité ; découle de l'anglais ''***Nephelometric Turbidity Unit***''**

OPASCEP : Opalium station d'eau potable pour désigner une unité de traitement Opalium

SCP : Station compacte de potabilisation d'eau.

SWP : SWISSWATERPOWER-SA, dénomination du fabricant Entreprise et industriel Suisse, Rue du Cendrier 15, 1201 Genève.

pH : le potentiel hydrogène est une des caractéristiques fondamentales de l'eau

CINTECH : Cabinet d'Investigation Technique d'Expertise et de Contrôle sis à Ouagadougou

PVC : Polychlorure de vinyle, matériau plastique de base de fabrication des conduites d'eau potable

mCE : mètre de colonne d'eau, unité de pression équivalent à 0.1 bar et 10kPa

SKID : Container en acier abritant ou constituant un ouvrage de traitement

DNE : Direction nationale de l'énergie

PNIR : Programme National d'Infrastructures rurales

CHAPITRE.1 : INTRODUCTION GENERALE

1. BREF APPERCU DE L'ENVIRONNEMENT

1.1. L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

Fig.2 : Carte hydrographique du Mali

Source : FAO 2005

Figure 1 : Carte du MALI

La République du Mali, comprise entre 10° et 25° de latitude Nord, se trouve au cœur de l'Afrique moyenne, entre le désert proprement dit, c'est-à-dire le Sahara, et la savane de type soudanien. Cette situation lui vaut l'appellation de pays sahélien. Lequel groupe actuellement plus de 15millions d'habitants en 2009 sur une superficie totale de 1 240 000 km2.

Le climat est du type soudano sahélien très marqué, caractérisé par des températures moyennes très élevées et par l'alternance d'une saison humide et d'une saison sèche d'une durée de 5 mois (juin à octobre), avec une précipitation moyenne annuelle de 1100mm.

En effet les précipitations décroissent du sud vers le nord. Ainsi, le pays est divisé en quatre grandes zones climatiques : *la zone soudano guinéenne ou subhumide,* la *zone soudanienne, la zone sahélienne, la zone saharienne.* (*cf. : Stratégie nationale de développement de l'alimentation en eau au Mali 2007).* Bamako la capitale est situé dans la partie sud du pays, entre 7°59' de la longitude Ouest et le 12°40' de la latitude Nord.

Le Mali est à cheval sur le fleuve Niger qui le traverse d'ouest en Est sur plus de 1000km de long et sur une largeur moyenne de 1,50km. Bamako est également traversé par le fleuve Niger sur plus de 30km. Le relief y est assez accidenté, avec quelques collines et plateaux dont le plus important est la colline de Koulouba (environ 100m d'altitude par rapport à la mère située sur la rive gauche et la colline de Badalabougou (environ 50m de haut) située sur l'autre rive droite du fleuve. Situé dans la zone soudanienne, il bénéficie de ce fait d'un climat tropical assez humide avec des précipitations annuelles allant de 800 à 1000 millimètres. On distingue alors une saison sèche et une saison des pluies bien marquées. Le mois le plus sec ne reçoit en effet pas la moindre goutte de pluie tandis que le mois le plus pluvieux est bien arrosée (250mm en moyenne en Août). Les pluies estivales irrégulières ne permettent pas le développement d'une savane arborée ainsi que la culture des céréales telles que le sorgho, le maïs, le mil, les légumes et les légumineuses. L'hydrologie de la région est dominée par le fleuve Niger (Djoliba) qui reçoit quelques affluents pérennes comme le Sankarani. Son bassin versant couvre une superficie de 117 000Km². Le périmètre du district de Bamako occupe une superficie de 267 km² (cf. : Projet urbain du Mali, 1996).

Le tableau ci-après indique les moyennes climatologiques pluriannuelles enregistrées à Bamako, tout au long de l'année.

Tableau 1 : Températures Moyennes Précipitations Pluriannuelles De Bamako

Temp & pluies	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_{max}	33	36	39	39	39	35	31	30	32	34	35	33
T_{min}	17	20	24	26	26	27	23	23	22	22	19	18
Précipitation (mm)	-	-	-	-	+	+	++	++	++	+	-	-

Tmax et **Tmin** sont respectivement moyennes mensuelles des températures (maximale et minimale quotidienne)
Précipitation :

- **(-)** : de 0 à 50mm par mois
- **(+)** : de 50 à 200mm par mois
- **(++)** : plus de 200mm par mois

1.2. L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

La langue la plus parlée à Bamako est le Bambara (aussi assimilé d'autres qui ne sont que des variantes appelées Malinké et Dioula). Les *Bambaras*, jadis implantés dans les régions de Bamako et de Ségou ont leur langue qui tend à devenir la langue véhiculaire du Mali.
Bamako s'étend sur les deux rives du fleuve Niger. Sa population est passée de 100 000 habitants (Bamakois) en 1958 à 800 000 en 1992, à 1 100 000 en 2002, environ 1,3 million d'habitants en 2003, 1 690 471 en 2006 et plus de 1700000 habitants en 2009. 2 millions d'habitants y sont attendus en 2010. Son rythme de croissance urbaine était le plus élevé de l'Afrique (et le sixième au monde) avec un taux d'accroissement annuel qui s'estimait à 7% entre 1980 et 1995 (d'après une étude sur la ville de Pablo DIAZ et Jean-Louis PERRAULT-2005)
Aujourd'hui avec cette croissance démographique sans précédent, en rive gauche les limites de la ville sont adossées à la colline de Koulouba, la ville s'est d'abord développée progressivement le long des deux rives du fleuve, puis, de façon excentrique sur la rive droite. Les moyens limités des services municipaux et étatiques ne pouvaient prévoir des équipements qui puissent supportés le rythme galopant d'une telle démographique.
Bamako est un important centre commercial pour toute la région. Il est érigé en district et subdivisé en six communes, avec une mairie centrale dirigée par des maires élus.
Bamako se situe au sud-ouest du pays à une centaine de kilomètres de la frontière guinéenne (Conakry). Les liaisons avec l'étranger sont diverses :

- liaisons aériennes régulières avec l'Europe, l'Afrique du Nord et de l'Ouest
- liaisons ferroviaires avec Dakar (Sénégal)
- liaisons routières avec les villes de Conakry (Guinée) et Abidjan (République de Cote d'Ivoire)

2. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

2.1. CONTEXTE

L'approvisionnement en eau potable des populations du district de Bamako et environs se fait principalement à partir du réseau de distribution de la société Energie du Mali (EDM-SA).
La station de traitement de Djicoroni-Para était la seule installation de production d'eau potable pour l'ensemble de la ville de Bamako jusqu'en Mars 2008. Sa capacité nominale actuelle était **de 120 000m3/j.** De **2000** à **2004**, on assistait à une augmentation de la consommation d'eau caractérisée par un accroissement du nombre d'abonnés en eau (**48 600** en fin **2004** contre **28 000** en **2000**, soit une augmentation de près de **70%**). Cependant, de

nombreux quartiers sur les 66 que compte le district étaient insuffisamment ou pas du tout alimentés. Parmi ces quartiers on pourrait citer : Banconi, Sotuba, Dioumanzana, Sikoroni, Bougouba, Point-G, Samé, Taliko, Lafiabougou/Bougoudani, Sébénikoro, Kalabambougou, Sabalibougou, Baco-Djicoroni, Kalaban-Coura, Niamakoro, Magnambougou, Yirimadio et Missabougou. A ces quartier du District, il faudrait rajouter les dépendances da Kati : Kalabankoro, Sirakoro, Sangarébougou, Titibougou et Dialakorodji. Les installations assurant l'alimentation en eau de Bamako étaient saturées et ne permettaient pas de satisfaire les consommations des populations desservies pendant les périodes de pointe. Dans les faits, la capacité nominale de la station de Djikoroni avait été dépassée et fonctionne en surcapacité. La résolution définitive du problème du déficit d'eau de Bamako passe par la mise en œuvre du Plan Directeur d'Alimentation en Eau Potable de Bamako qui prévoit la réalisation de la nouvelle station de production d'eau potable de Kabala en rive droite du Niger. La première phase de ce projet devra apporter une capacité additionnelle de 48 000 m3/j. Mais face au délai d'exécution et la mobilisation des fonds nécessaires pour financer ce projet, il a été mises en place des solutions pour la période transitoire. Afin d'améliorer les conditions d'approvisionnement en eau de la ville de Bamako pour cette période transitoire, il est prévu entre autre solution installation de deux batteries de trois stations compactes de potabilisation type SCP 100 chacune sur la rive droite du Niger afin de soulager la 1ère station de traitement située en rive gauche en diminuant le nombre de secteurs hydrauliques qu'elle alimente.

2.2. PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

Environ 20 mois d'exploitation des nouvelles stations, on dénombre un certain nombre de problèmes et/ou de dysfonctionnements :

- La mauvaise qualité de l'eau brute en période hivernale, avec des turbidités très élevées dépassant 200 NTU ainsi que la brusque variation de celle-ci pendant ou peu après une averse, affectant considérablement le rendement des ouvrages de traitement, entrainant ainsi une consommation élevée de réactifs.

Caractéristiques moyennes décadaires de l'eau brute prélevée à la station de Magnambougou

Tableau 2 : Turbidité En NTU Et Ph Entre Juin Et Septembre 2009.

MOIS	JUIN		JUILLET		AOUT		SEPT	
Décades	pH	Turbidité	pH	Turbidité	pH	Turbidité	pH	Turbidité
1ère décade	7,45	7,26	7,34	19,87	7,20	70,43	6,60	91,74
2ème décade	7,36	11,02	7,35	32,96	7,12	115,30	6,70	47,28
3ème décade	7,30	11,00	7,32	52,53	6,59	69,29	6,83	26,31

Source: Fiches d'analyses des stations compactes de Magnambougou

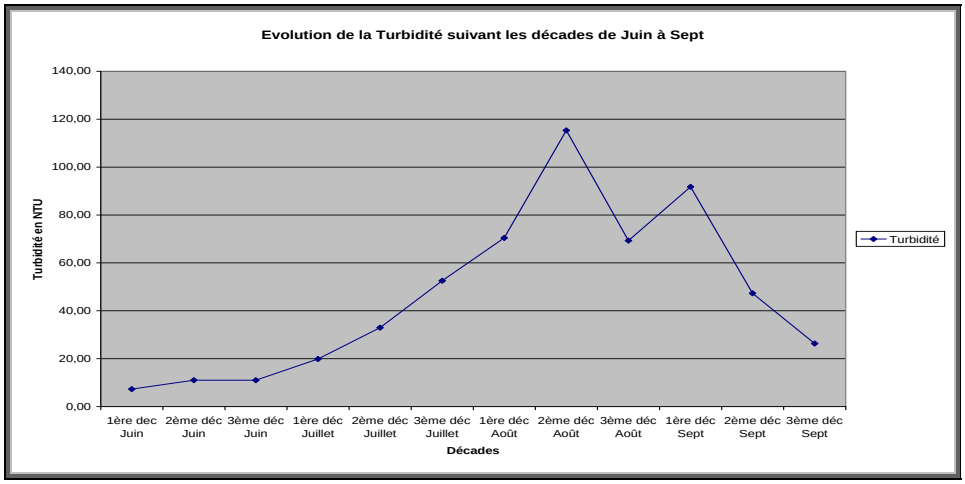


Figure 2 : Courbe de la variation décadaire de la turbidité entre Juin et Septembre 2009

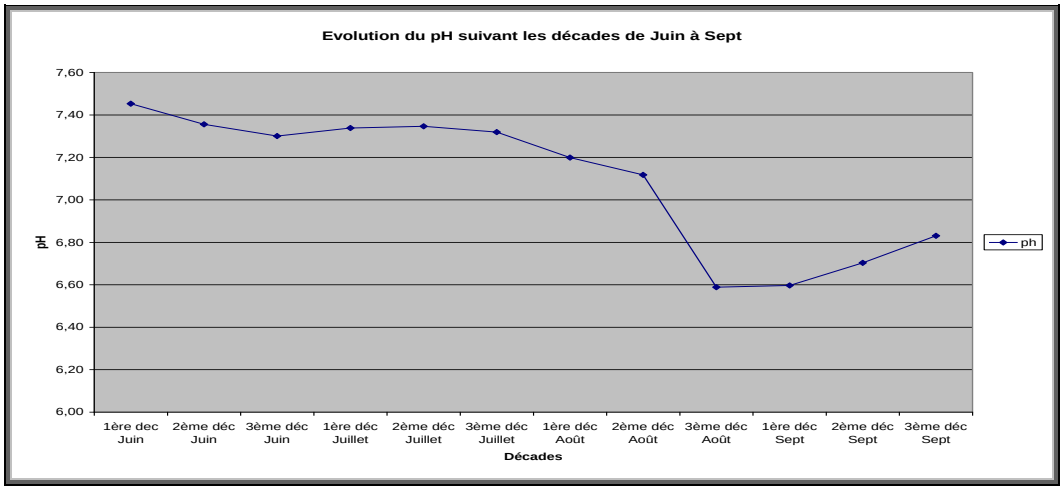


Figure 3 : Courbe de la variation décadaire du ph entre Juin et Septembre 2009

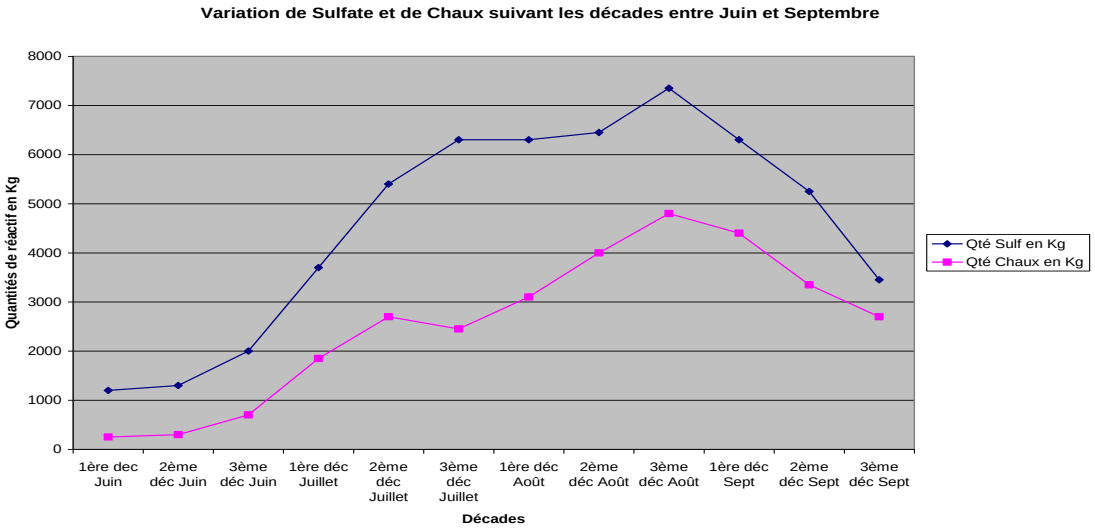


Figure 4 : Consommation décadaire de sulfate d'alumine et de chaux éteinte entre Juin et Septembre 2009

- L'emplacement de l'exhaure par rapport à la berge et par rapport à exutoire du collecteur d'évacuation des eaux usées issues du lavage des filtres et d'autres activités domestiques et industrielles a une forte influence sur les caractéristiques de l'eau brute. Ce collecteur est totalement noyé pendant les hautes eaux de l'hivernage.
- On peut observer également entre autres : une chute progressive du débit d'exhaure entraînant des manques d'eau dans les bâches, suite à un colmatage des crépines des pompes d'exhaure ; une dégradation de la qualité de l'eau filtrée suite au pompage discontinu de l'eau décantée.

Collecteur d'évacuation d'eaux pluviales et usées (les boues de décanteur, le lavage des filtres, le nettoyage etc.), ici noyé par la crue du fleuve Niger et déverse ses eaux au droit immédiat de l'exhaure

Le ponton flottant et la passerelle constituent un obstacle aux corps flottants entrainés sur la berge. Les crépines des pompes d'exhaure se colmatent vite

Figure 5 : Etat de la berge en période hivernale et sa proximité par rapport au ponton flottant

3. JUSTIFICATION ET OBJECTIF DE L'ETUDE

3.1. JUSTIFICATION DE L'ETUDE

Au cours de 20 mois d'exploitation, on a dénombré quelques insuffisances notoires, des faiblesses et également quelques résultats satisfaisants.
Qu'est ce qui n'a pas été pris en compte au préalable (études préliminaires) et qui serait la cause des quelques problèmes observés liés à l'exploitation ?
Que peut-on faire ou envisager comme solutions techniques pour améliorer l'exploitation et optimiser la production de façon générale, non seulement pour les stations compactes en exploitation, mais également pour les stations futures, compactes ou non.
Ce stage bien que professionnel est effectué dans un cadre scolaire, car il s'agit d'un stage de mémoire de fin d'études. Il va s'assigner quelques objectifs allant dans le souci de pouvoir répondre aux questions précédemment posées.
Les résultats issus de ces études ne sauront être exhaustifs.
D'autres études allant dans le même sens pourront être effectuées ultérieurement pour mieux appréhender les différents problèmes observés et y apporter des solutions ou atténuer

simplement les impacts aujourd'hui sur les existants et améliorer par conséquent les futures stations compactes ou non.

3.2. OBJECTIF ET RESULTATS ATTENDUS

Objectifs de l'étude

- Etudier et diagnostiquer tous les équipements d'exhaure et de traitement (conditions d'installation ou de pose, conditions normales de fonctionnement, capacités et performances, etc.)
- Vérifier les capacités des ouvrages à travers un redimensionnement des ouvrages de toute la chaîne de traitement : floculateur, décanteur, filtre sous pression, ouvrages de stockage, pompes de refoulement, etc.
- Proposer des solutions (ou des options) techniques pour un meilleur rendement hydraulique du traitement (schémas d'installation, schémas et dessin d'ouvrage, mode d'exploitation, etc.)
- Proposer des options techniques pour les stations compactes existantes en vue d'atteindre de meilleurs rendements.
- Faire des recommandations pour les futures stations compactes que l'EDM compte installer (notamment Kalaban-Coro) en vue d'une amélioration : propositions des dessins d'ouvrages (captage), des plans d'installation, des schémas de raccordements hydrauliques et électriques, des procédures d'exploitation, etc.
- Estimer le coût de réalisation des différentes solutions et/ou options techniques proposées.

Résultats attendus

1- Un mémoire explicatif du fonctionnement actuel des stations compactes : faiblesses et performances

2- Eléments indicateurs de performance et de rendement des ouvrages et équipements de traitement.

3- Des solutions techniques appropriées pour améliorer le rendement hydraulique - Plans et schémas techniques des options recommandées

4- Coût de réalisation des différentes solutions et/ou options techniques proposées Coût de réalisation des différentes solutions et/ou options techniques proposées.

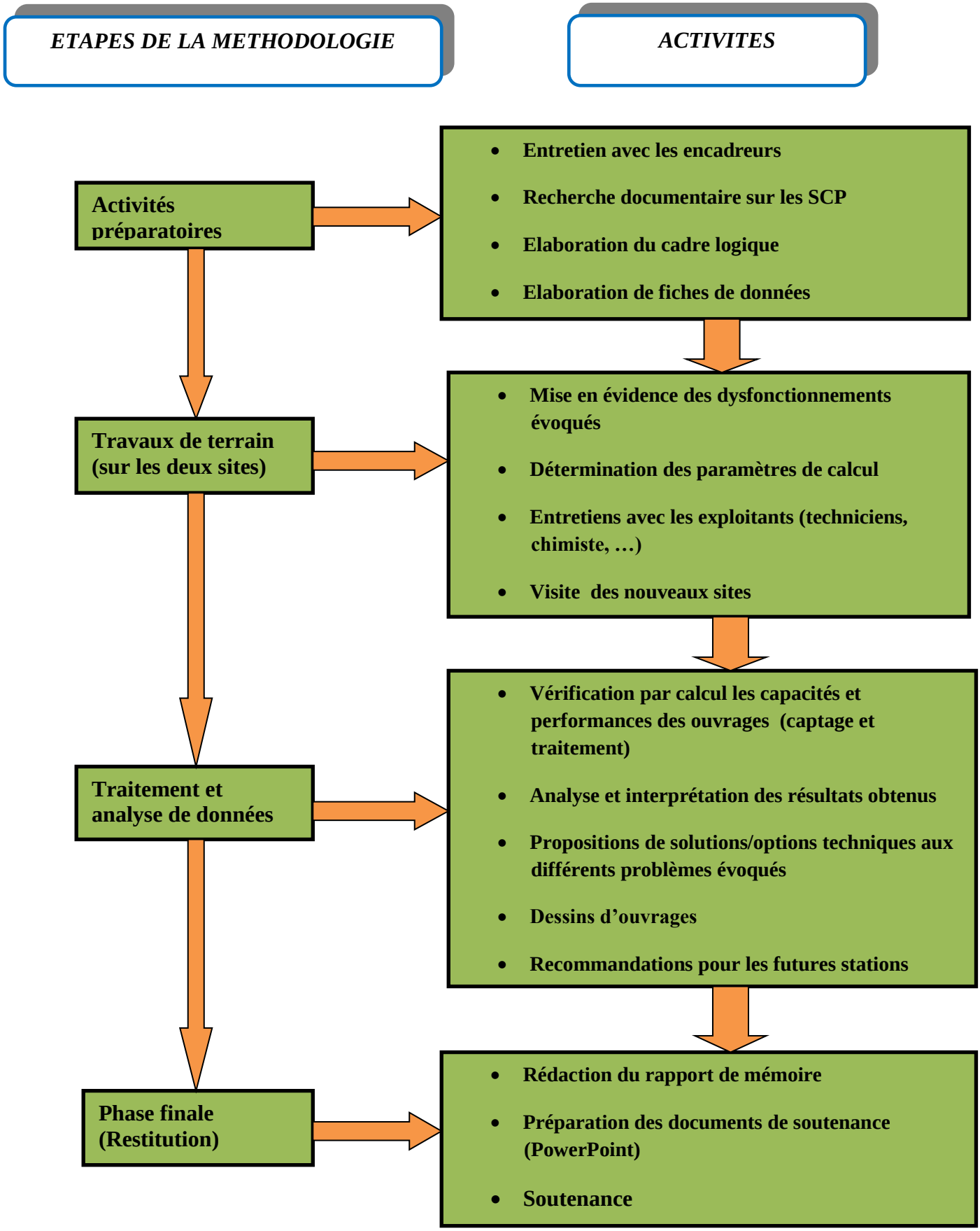
3.3. METHODOLOGIE

Approche méthodologique

- Revue documentaire sur la thématique de l'étude (ouvrages et documents de référence)

- ❖ Evaluation quantitative et qualitative des paramètres de calculs et dimensionnements
- ❖ Calculs, analyse et interprétation des résultats
- ❖ Rédaction du mémoire final
- ❖ La collecte des données sera faite par :
  - ✓ La méthode quantitative (mesures et observations sur les sites)
  - ✓ La méthode qualitative (recherche documentaire dans les registres d'exploitation des stations, fiches d'analyses de labo, entretien semi-dirigé avec les agents d'exploitation)
- ✓ Identification des sites des futures stations, études des fonds topographiques

Les étapes de la démarche méthodologique



CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

1. ORGANISATION DU SECTEUR DE L'EAU AU MALI

Au Mali, l'accès à l'eau potable constitue toujours un défi majeur pour les autorités du pays. Les infrastructures sont peu nombreuses et relativement vétustes. Ce contexte constitue un obstacle à la mise en œuvre des plans d'action de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), élaborés lors du sommet sur le développement durable de Johannesburg. Néanmoins, l'intervention annoncée des organismes multilatéraux dans le cadre des Objectifs du millénaire devrait permettre de relancer un secteur qui fait l'objet d'un retard important.

Le cadre institutionnel du service public de l'eau potable est fortement marqué par une politique de décentralisation et de privatisation de l'exploitation des infrastructures. L'ensemble du secteur eau est placé sous la responsabilité du Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau, dont la structure opérationnelle est la Direction Nationale de l'Hydraulique (DNH). L'assainissement de son côté est une compétence partagée entre la DNH et les Ministères de l'environnement et de la santé. En milieu rural et dans les petites villes, l'acteur de référence est la DNH, à travers ses antennes régionales (DRHE) et sous régionales (les SSRHE). Toutes ces entités sont contrôlées par un organisme de régulation formel, la CREE (Commission de Régulation de l'Eau et de l'Electricité). Dans certaines grandes villes (16 seulement), l'acteur de référence est ***Energie du Mali (EDM)***, qui fut privatisée en fin 2000 au titre d'un contrat de concession de 20 ans signé avec l'Etat malien. L'actionnaire principal était alors le groupe français Bouygues, mais le contrat de concession rompu en 2005 par l'Etat. L'***Energie du Mali (EDM)*** est en charge du traitement et de l'adduction d'eau potable dans tous les centres urbains, sur l'ensemble du territoire. Elle dispose également de son propre laboratoire d'analyse de l'eau, basé à Bamako. Néanmoins, EDM est confrontée à l'importance de l'investissement à mobiliser face à une importante croissance démographique. Au niveau local, le nouvel acteur de référence est la commune, compétente sur les services publics de l'eau et de l'assainissement, tout en devant déléguer sa gestion à un tiers. En ce qui concerne la régulation dans les petites villes, le Mali se distingue par une initiative innovante en Afrique de l'Ouest : l'intervention d'une cellule de suivi des adductions d'eau potable (AEP) rémunérée sur les ventes d'eau a permis d'améliorer de manière spectaculaire la qualité du service de l'eau dans une soixantaine de centres. Enfin, plusieurs associations d'usagers de l'eau (AUE), particulièrement l'ASCOMA, sont assez actives sur le terrain de l'hydraulique urbaine, notamment sur les questions tarifaires (qui constituent une préoccupation majeure).

Dans le cadre des objectifs du millénaire, de nombreux projets laissent présager d'importantes commandes de pompes et de matériel d'adduction. La participation des bailleurs de fonds est donc attendue pour les prochaines années. Les Fonds arabes et islamiques, la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD), l'UNICEF, les coopérations allemande, danoise, belge, suisse, française et japonaise sont autant d'intervenants sur le marché de l'eau au Mali. Sur le plan des entreprises, on peut noter la présence d'un joint-venture belgo-malien (DIAFCO), de Canadiens, de Sénégalais (CDE) aux côtés de rares entreprises maliennes (BARA) dont les moyens techniques ne leur permettent pas de réaliser des ouvrages de qualité. Quant aux entreprises françaises, déjà connues des entreprises locales, elles semblent très bien positionnées.

On peut estimer le taux de couverture effectif à environ 60% en dehors du périmètre d'Energie du Mali (milieu rural et petites villes). Dans les villes desservies par EDM, ce taux est estimé à 65%. Il devrait stagner dans les années à venir, car la croissance urbaine est très

forte et EDM est déjà dans l'incapacité de répondre à la demande dans plusieurs villes. C'est pourquoi de nouvelles stations de traitement doivent être construites dans les environs de Bamako entre 2008-2012. Mais faute d'investissement suffisant, le service public de l'eau sera chroniquement déficitaire à Bamako dans les années à venir.

2. MISSION DE L'ENERGIE DU MALI

La société Énergie du Mali SA (l'EDM-SA) est la Société d'Etat Concessionnaire des Services Publics de l'eau potable et de l'électricité au Mali.
Ce service s'étend sur 16 centres plus la capitale en Eau et 38 centres plus la capitale en Electricité. La principale mission qui est l'Energie du Mali est la desserte en eau potable (et l'électricité également) de façon continue, dans le strict respect de normes OMS et les exigences de ses clients. Pour l'atteinte de ces objectifs, EDM s'est engagée dans une démarche qualité où elle a été certifiée ***ISO 9001, version2000*** en 2006.
Cette mission est entendue dans le sens même de la raison d'être de l'entreprise avec la déclinaison suivante :

- Assurer la continuité de service eau et électricité
- Améliorer la qualité des prestations à la clientèle
- Améliorer les conditions d'accueil de la clientèle
- Etendre la desserte

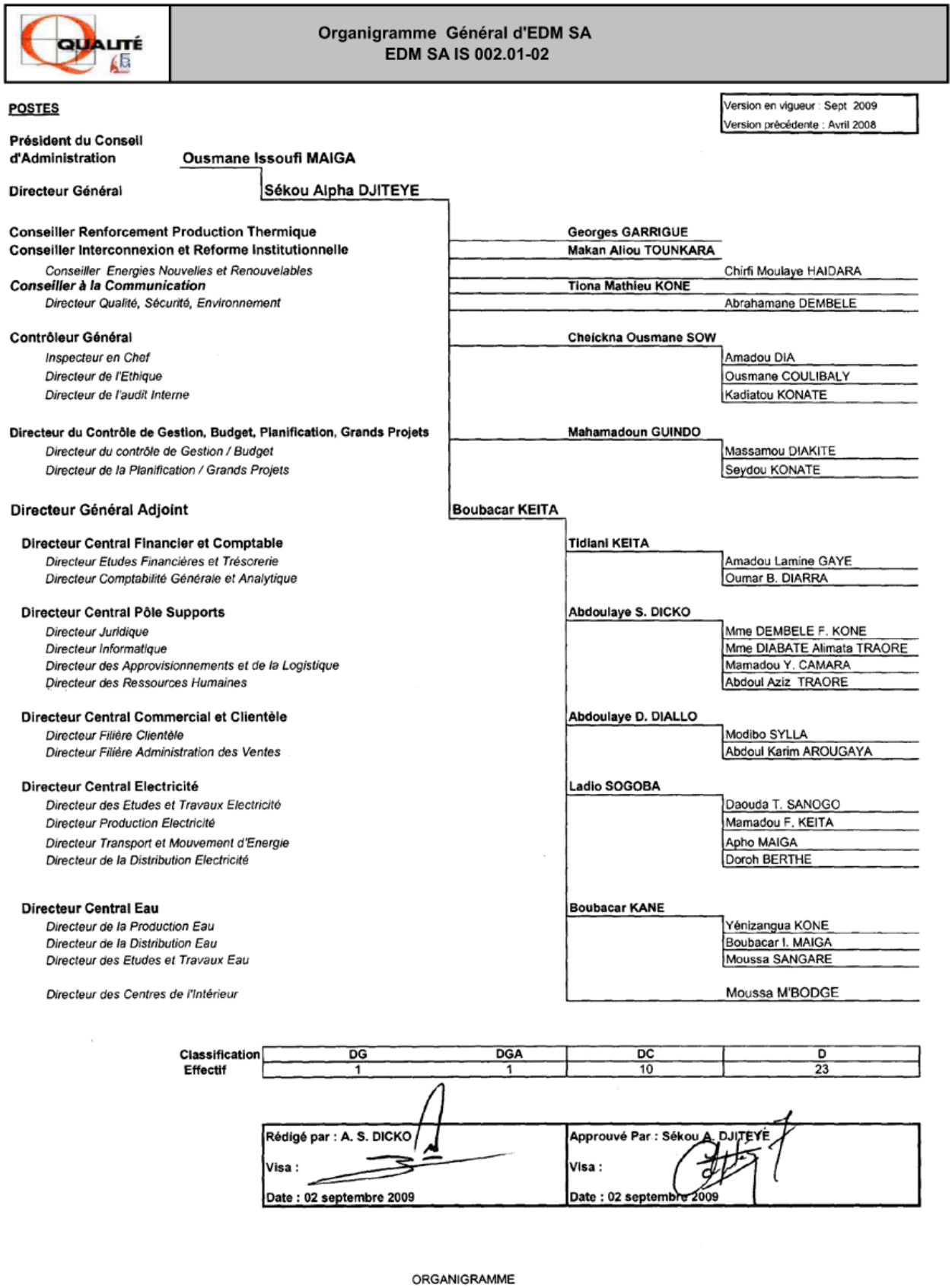
3. ORGANISATION DE L'ENERGIE DU MALI

L'Energie du Mali est une société d'Etat, dirigé par un ***Directeur général***, lequel siège au sein d'un ***Conseil d'administration*** présidé par une personne (**le PCA**) nommée par le gouvernement. L'Etat malien étant l'actionnaire principale, avec 66% des actions, qui il nomme de Directeur général, soit un cadre de la société EDM-SA, soit un cadre de l'administration, au niveau de ses organes comme la DNH, la DNE.
Au sein de la Direction générale siège :
Trois conseillers pour respectivement le ***renforcement Production thermique***, l'***interconnexion et la reforme institutionnelle***, ***les énergies nouvelles et renouvelables***.
Un ***Conseiller à la communication*** assiste également le DG pour les questions d'actualité et la gestion des affaires médiatiques ;
Un contrôle général accompagne l'ensemble de la direction générale dans la gestion globale de la société. Il est constitué d'un inspecteur en chef, un Directeur Ethique et un Directeur Audit interne ; et enfin,
Une Direction Contrôle de Gestion, Budget, Planification, Grand Projet
Il y a ensuite la **Direction général Adjointe** qui constitue en réalité le véritable maillon de la société elle couvre verticalement dans la hiérarchie toutes les Directions techniques. Il s'agit notamment de :

- La Direction centrale financier et comptable
- La Direction centrale pôle Supports
- La Direction centrale Commerciale et clientèle
- La Direction centrale Electricité
- La Direction centrale Eau.

Tous les centres extérieurs, aussi bien Electricité qu'en Eau y sont rattachés ; chaque entité est liée à une Direction donnée qui correspondrait à son domaine d'intervention.
L'organigramme de la société EDM-SA est donné à la page suivante.

ORGANIGRAMME DE L'ENERGIE DU MALI



Organigramme Général d'EDM SA
EDM SA IS 002.01-02

Version en vigueur : Sept 2009
Version précédente : Avril 2008

POSTES

Président du Conseil d'Administration — **Ousmane Issoufi MAIGA**

Directeur Général — **Sékou Alpha DJITEYE**

Conseiller Renforcement Production Thermique — **Georges GARRIGUE**
Conseiller Interconnexion et Reforme Institutionnelle — **Makan Aliou TOUNKARA**
Conseiller Energies Nouvelles et Renouvelables — Chirfi Moulaye HAIDARA
Conseiller à la Communication — **Tiona Mathieu KONE**
Directeur Qualité, Sécurité, Environnement — Abrahamane DEMBELE

Contrôleur Général — **Cheickna Ousmane SOW**
Inspecteur en Chef — Amadou DIA
Directeur de l'Ethique — Ousmane COULIBALY
Directeur de l'audit Interne — Kadiatou KONATE

Directeur du Contrôle de Gestion, Budget, Planification, Grands Projets — **Mahamadoun GUINDO**
Directeur du contrôle de Gestion / Budget — Massamou DIAKITE
Directeur de la Planification / Grands Projets — Seydou KONATE

Directeur Général Adjoint — **Boubacar KEITA**

Directeur Central Financier et Comptable — **Tidiani KEITA**
Directeur Etudes Financières et Trésorerie — Amadou Lamine GAYE
Directeur Comptabilité Générale et Analytique — Oumar B. DIARRA

Directeur Central Pôle Supports — **Abdoulaye S. DICKO**
Directeur Juridique — Mme DEMBELE F. KONE
Directeur Informatique — Mme DIABATE Alimata TRAORE
Directeur des Approvisionnements et de la Logistique — Mamadou Y. CAMARA
Directeur des Ressources Humaines — Abdoul Aziz TRAORE

Directeur Central Commercial et Clientèle — **Abdoulaye D. DIALLO**
Directeur Filière Clientèle — Modibo SYLLA
Directeur Filière Administration des Ventes — Abdoul Karim AROUGAYA

Directeur Central Electricité — **Ladio SOGOBA**
Directeur des Etudes et Travaux Electricité — Daouda T. SANOGO
Directeur Production Electricité — Mamadou F. KEITA
Directeur Transport et Mouvement d'Energie — Apho MAIGA
Directeur de la Distribution Electricité — Doroh BERTHE

Directeur Central Eau — **Boubacar KANE**
Directeur de la Production Eau — Yénizangua KONE
Directeur de la Distribution Eau — Boubacar I. MAIGA
Directeur des Etudes et Travaux Eau — Moussa SANGARE

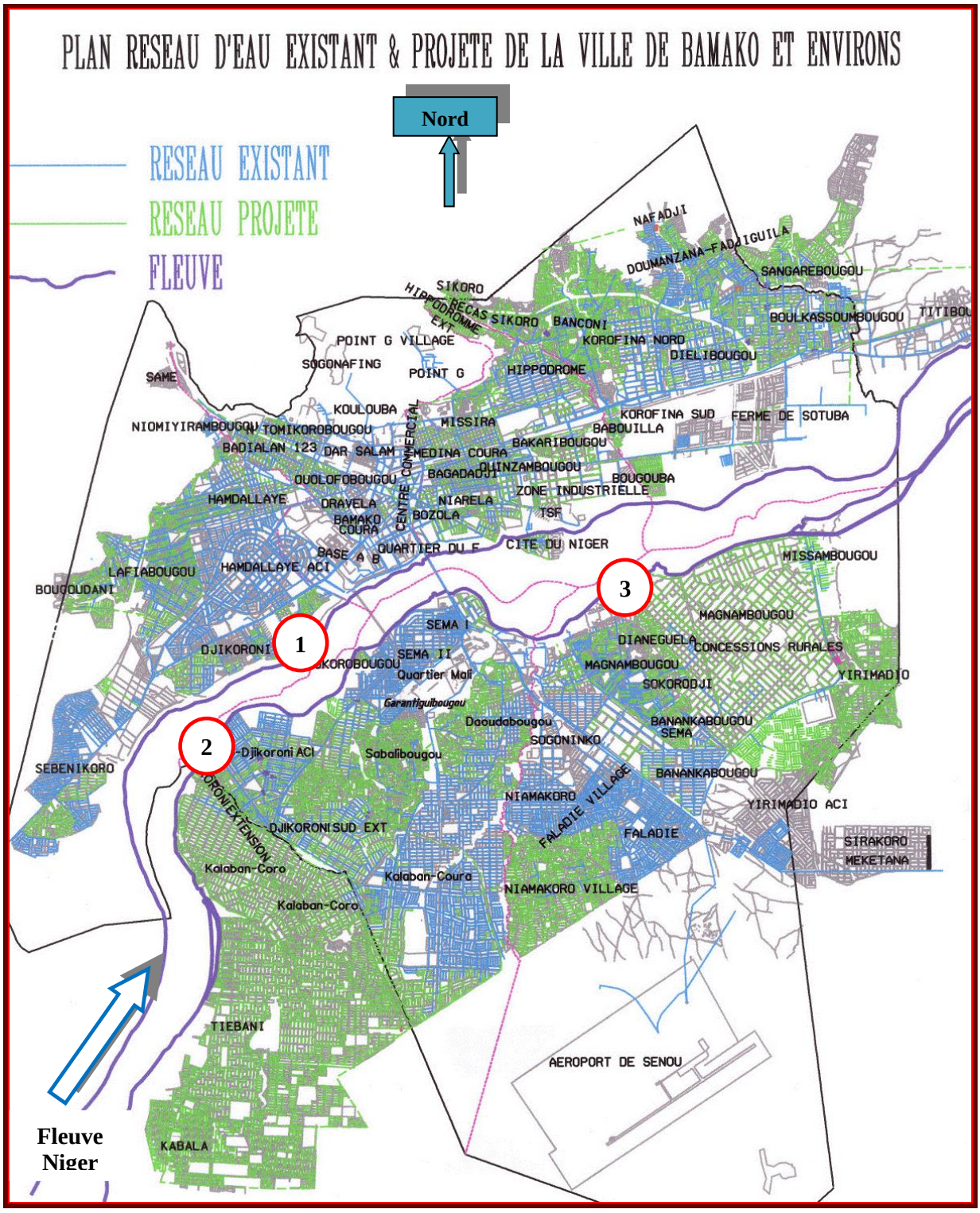
Directeur des Centres de l'Intérieur — Moussa M'BODGE

Classification	DG	DGA	DC	D
Effectif	1	1	10	23

Rédigé par : A. S. DICKO Visa : Date : 02 septembre 2009	Approuvé Par : Sékou A. DJITEYE Visa : Date : 02 septembre 2009

ORGANIGRAMME

4. LE SERVICE DE L'EAU A BAMAKO ET SES DIFFICULTES



Carte du district de Bamako et les quartiers environnant de la commune de Kati

1 = La Station de Djicoroni-Para

2 = La Station de Baco-Djicoroni

3 = La Station de Magnambougou

Tableau 3 : Données D'exploitation De Production Et De Distribution D'eau Potable De Bamako

Rubrique	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Croissance
Capacité de Production (m3/j)	120 000	120 000	120 000	120 000	134 000	146 000	9,0%
Production Totale (m3/an)	39 670 528	43 608 548	44 930 700	46 432 387	49 052 729	53 208 312	8,5%
Consommation Totale (m3)	24 957 429	28 849 037	31 297 969	33 168 989	35 325 757	38 176 845	8,3%
Nombre d'abonnée Total	44 538	48 612	52 064	55 827	60 429	63 230	4,6%
Consommation Annuelle par Abonnée (m3)	560	593	601	594	583	604	3,5%
Capacité de Stockage (m3)	33 580	33 580	33 580	33 580	34 580	34 580	0,0%
Rendement du Réseau (%)	62,9%	66,2%	69,7%	71,4%	71,9%	71,7%	-0,2%
Longueur du Réseau (km)	949,3	1 150,6	1 226,9	1 272,4	1 360,1	1 396,9	2,7%
Nombre de Bornes Fontaines	1 226	1 377	1 629	1 730	1 822	2 032	11,5%
Taux de Desserte (%)	69,3%	71,6%	74,9%	77,6%	79,0%	80,3%	1,7%

Rapport annuel 2008 EDM

Tableau 4 : Les Longueurs De Canalisation En Km Du Réseau De Distribution De Bamako

Centres De Bamako	Longueur Des Canalisation En Km (Distribution)				
	FONTE	PVC	PEHD	TOTAL	CROISSANCE 2008/2007
TOTAL	322,31	1 072,57	2,00	1 396,88	2,7%

Rapport annuel 2008 EDM

4.1 La forte demande en eau pendant la période de chaleur

Bamako étant situé dans la zone soudano-guinéenne et situé également entre deux collines, il est fait extrêmement chaux entre ***mars et juin***. En cette période de ***canicule***. Naturellement, les besoin en eau de boisson et autres besoin domestiques augmentent. Ces besoins en eau ayant doublé voire même triplé, dans les points de vente parsemés çà et là, les bornes fontaines, c'est la guerre au quotidien entre les femmes en quête d'eau pour les besoins de la famille. Le Mali est un pays en voie de développement où la plus des gens, pauvres, se ravitaillent au robinet public. Ils s'appauvrissent davantage car en effet, à titre d'exemple, si EDM nous cède l'eau du robinet à 113 FCFA le m3 pour les premiers 20 m3 et à 301 FCFA le m3 pour la 2è tranche, il n'en est pas de même pour les "revendeurs" d'eau. Ainsi, dans les ***quartiers périphériques*** de Bamako comme Boulkassoumbougou, Kouloubléni, Magnambougou... le seau d'eau de 20 litres est vendu à la borne fontaine publique à 10 Fcfa (soit 500 f le mètre cube.) Dans les zones à forte pénurie d'eau, comme Moribabougou, la barrique de 200 litres est vendue à 500 Fcfa (soit 2500 Fcfa le mètre cube). Dans cette même localité, un privé qui a raccordé plusieurs "abonnés" sur son forage leur prend 300.000 Fcfa pour les frais d'installation et livre le mètre cube (1000 litres) à 3000 Fcfa. A Bankoumana, une localité à moins de 100km de Bamako, qui reçoit plus de 1000mm d'eau annuelle de précipitation, les 25 litres vendus à 100 Fcfa mettent la barre du mètre cube à 4000 Fcfa. Entre les 113 Fcfa d'EDM et les 3000 Fcfa de l'"opérateur" mal canalisé ou les 4000 Fcfa/m3 de Bankoumana, tous les prix sont pratiqués dans une fourchette qui montre bien que les populations sont à la merci de ceux qui ont opté pour le trafic d'eau aux dépens des populations. Comme l'AMADER (pour l'électrification), l'Etat malien ne doit-il pas s'impliquer pour la moralisation de la distribution d'eau ?

4.2 Pénurie d'eau potable suite au dépassement de la capacité de production des installations

Les problèmes ou les difficultés liées au service de l'eau à Bamako sont bien connus des exploitants du service de l'eau. En effet, la crise est en grande partie, la conséquence du ***déséquilibre structurel existant entre la forte demande en eau et la capacité production des installations***. (Voir tableau ….) . Il est à préciser qu'il ne s'agit pas de ruptures volontaires de la fourniture d'eau, ni d'arrêt de la station de traitement. La Station tourne presque 24h/24 et le refoulement est quasi continu vers le réseau de distribution sous pression et vers les réservoirs. Mais la forte demande fait que les zones situées sur les hauteurs reçoivent moins d'eau que celles situées en basses altitudes pour raisons de faibles pressions dans les conduites d'eau. Bamako et Kati sont alimentés par la même station de pompage dont la capacité nominale était de ***120 000 m/l*** en 2003, est passée à ***135 000 m3/j*** en 2007 et à ***146 000m3/j*** en 2008, soit une augmentation de 9% alors que les ***besoins journaliers avoisinaient les 152 000 m3***. Seul le projet de la nouvelle station à Kabala qui coûtera plus 100 milliards de FCFA va combler le déficit de production et permettra d'approvisionner correctement le District de Bamako et Kati. Et cela va durer pour combien de temps lorsqu'on se penche sur l'expansion démographique et urbaine de Bamako ? Il faudrait néanmoins patienter jusqu'à 20012 probablement. En attendant, les mesures d'urgences sont toujours en cours (Missabougou et Kalabancoro) pour renforcer le système afin que la grande majorité de la population puisse être enfin approvisionnée. Quant aux habitants de Kalabancoro en ce moment, ils ont de quoi être soulagés bien que le besoin soit toujours pressant. En effet, dans le cadre la mise en œuvre de la composante Alimentation en eau potable et assainissement du

PNIR , ce quartier a été doté de nouveaux forages équipés de pompes à motricité humaine, au temps du ministre des Mines, de l'Energie et de l'Eau, Hamed Diane Séméga.

(Rapport annuel 2008)

CHAPITRE 3 : LES STATIONS COMPACTES DE POTABILISATION D'EAU DE BAMAKO

1. HISTORIQUE DE L'INSTALLATION DES STATIONS COMPACTES

L'ensemble du secteur eau étant placé sous la responsabilité du Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau, dont la structure opérationnelle est la Direction Nationale de l'Hydraulique (DNH), le gouvernement malien engagea sa responsabilité entière pour apporter la solution provisoire à pénurie d'eau que vit les Bamakois avant Kabala. C'est ainsi qu'il a arrêté en 2005 le projet intitulé ***Renforcement de l'adduction d'eau de la ville de Bamako-mesure d'urgence***. Au cœur de cette mesure figurait en bonne place l'installation de deux stations compactes de type SCP 100 le long du fleuve Niger à **Baco-Djicoroni** et à **Magnambougou** sur la rive droite. Ces dispositifs sont dotés chacun d'une capacité de production de 3x100m3/h, soit 600m3/h. Ils sont été construits par le Groupement d'entreprise Hydrosahel/Opalium. Respectivement en Avril et en Mars, les stations de Baco-Djicoroni et celle de Magnambougou ont été mises en marche. C'est la 1ère phase du projet. Il importe de signaler qu'il y eu par la suite une extension de chacune de ces deux stations C'est la 2ème phase du projet. En effet, les demandes en eau potable s'étaient accrues dans certains quartiers de la rive droite. Il y eu de nombreuse sollicitudes émanant des populations. En ce qui concerne la station de Magnambougou, la 1ère phase visait à desservir surtout les quartiers de Magnambougou-projet, Sogoniko et Dianéguéla. La 2ème phase quant à elle devait desservir Sokorodji, Banankabougou, Zerny, Missabougou, les logements sociaux de Yirimadio et de Tabakoro, la Sopam, Niamana et Sirakoro-méguétanan.
Le coût total des installations s'élève à 15.055.625.020 Fcfa dont 3.545.624.570 Fcfa pour la 1ère phase et 11.510.000.450 Fcfa pour la 2ème phase.

2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES UNITES OPALIUM

L'eau brute alimente les ouvrages de ***coagulation/floculation*** en amont des unités OPASCEP 100 avec un débit constant de 100 m3/h. Cette eau reçoit d'abord une injection de Sulfate alumine (coagulation), puis une injection d'***hypochlorite de calcium*** (***pré-chloration***). Elle se déverse dans l'ouvrage de floculation. Une injection de ***chaux éteinte*** vient compléter le traitement chimique (***réajustement du pH***). Un agitateur à vitesse lente logé dans la chambre de floculation permet la formation et le grossissement de ***flocs*** facilement décantables. L'eau floculée s'écoule dans les ***décanteurs lamellaires***, en traversant de bas en haut les plaques lamellaires PVC (insensibles à la corrosion) sous la forme d'un écoulement laminaire. Les boues s'épaississent et décantent dans la partie basse de l'appareil, alors que l'eau clarifiée est récupérée dans le compartiment eau clarifiée (ou ***bac Eau décantée***) en extrémité du décanteur. Ce compartiment est équipé de poires de niveaux d'eau qui commandent la pompe d'eau clarifiée alimentant la filtration. Les boues décantées sont évacuées périodiquement et automatiquement au moyen de vannes commandées par l'armoire de la station, avec possibilité de réglage des fréquences et des durées d'ouvertures par le biais du **Magelis** installé sur la façade de l'armoire. L'eau clarifiée traverse ensuite les ***3 filtres à sable sous pression*** installés en parallèle, du haut vers le bas. La répartition est assurée sur toute la surface filtrante grâce aux crépines de filtre réparties sur le plancher filtrant à raison de 50 unités par m2. En sortie de filtration, l'eau reçoit une injection d'hypochlorite de calcium

(***désinfection***) puis est comptabilisée par un compteur totalisateur type WOLTEX, avant de s'écouler dans le réservoir d'eau traitée, grâce à sa pression résiduelle qui sera d'environ ***10 mCE***, largement suffisante compte tenue du site et des implantations prévues. La perte de charge au travers des filtres est connue à tout moment par lecture directe des deux manomètres à cadran installés sur l'entrée et sortie des filtres. La différence des deux pressions donne l'indication immédiate de la perte de charge.
Les modes de fonctionnement sont les suivants :

- MODE "AUTOMATIQUE" **:** ***Le mode "Automatique" est en fait le mode de fonctionnement normal de l'installation.***
- MODE "MANUEL" **:** les équipements électromécaniques peuvent être commandés par l'opérateur en "manuel", pour des procédures d'essais par exemple.

Le lavage est manuel **:** Les opérations de lavage des filtres à sable sont décrites au paragraphe dans les annexes.

2.2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES UNITES SWP

Il est presque le même que pour les unités Opalium. L'eau brute alimente les ouvrages de ***coagulation/floculation*** en amont d'une unité de 110m^3/h. Les réactifs sont injectés bien à l'amont des ouvrages de *coagulation/floculation* (voir schéma du décanteur SWP). A ce niveau se fait dans la conduite d'eau brute, la pré-chloration, l'injection de polymère, de sulfate d'alumine et de chaux. ***Deux agitateurs*** à vitesse lente logé dans la chambre de floculation l'un après l'autre, permettent la formation et le grossissement de ***flocs*** facilement décantables. L'eau floculée s'écoule ensuite dans les ***décanteurs lamellaires***, en traversant de bas en haut les plaques lamellaires PVC en écoulement laminaire. Les boues s'épaississent et décantent dans la partie basse de l'appareil, alors que l'eau clarifiée est récupérée dans le compartiment eau clarifiée (ou ***bac Eau décantée***) en extrémité du décanteur, puis reconduite dans un second bac plus grand, appelée bâche intermédiaire qui a assure un rôle de stockage pour les pompes de reprise d'eau décantée. Ces pompes y aspirent et refoulent vers les filtres sous pression qui sont au nombre de 6, disposés comme l'indique le schéma synoptique.
Les boues décantées sont évacuées périodiquement par des électrovannes commandées par un automate similaire au Magelis de Opalium installé dans les armoires, avec possibilité de réglage des fréquences et des durées d'ouvertures.

3. DESCRIPTION DES PROCESS

L'origine de l'eau à traiter est le fleuve Niger, une eau de surface. Le débit nominal est de 300 m^3/h par file pour Opalium et 550 m^3/h pour SWP. L'exhaure est réalisée par trois pompes immergées monocanal pour chaque unité de traitement.

- ***Exhaure Opalium*** : Une pompe immergée SE180.100.75.4.51D – GRUNDFOS, de débit nominal 110 m 3/h et 12 mCE de Hauteur manométrique, avec une puissance de 7.5Kw et tournant à une vitesse de 2900 t/mn, sous 400V – 50Hz
- ***Exhaure SWP*** : Une pompe immergée de type FLYGT CP3152 MT431, de débit nominal 200m^3/h et 20 mCE de Hauteur manométrique, avec une puissance de 13.5kW et tournant à une vitesse de 2900 t/mn, sous 400V – 50Hz

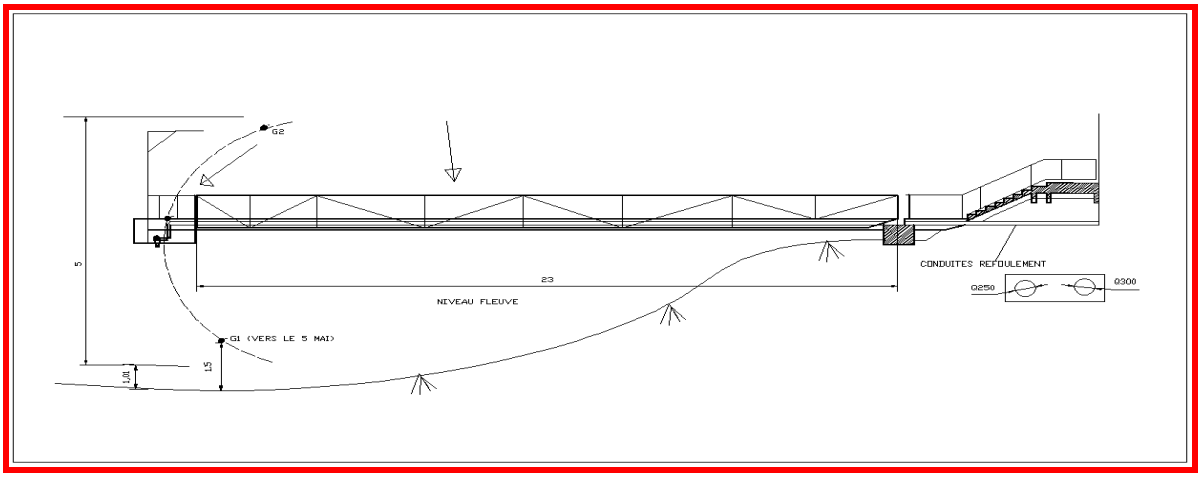


Figure 6 : Système d'exhaure avec ponton flottant abritant les pompes et la passerelle

Les canalisations de refoulement d'eau brute, respectivement FD250 pour Opalium et FD300 pour SWP sont posées sur des plots en béton qui leurs servent de supports ainsi qu'aux chemins de câbles de liaison entre les stations de traitement et le ponton d'exhaure.

Le traitement effectué est en fait le traitement classique qui se compose de :

- Pré-chloration à l'hypochlorite de calcium.
- Coagulation-floculation avec addition d'une solution de sulfate d'alumine.
- Ajustement du pH de floculation par injection de chaux éteinte (hydroxyde de calcium)
- Décantation.
- Filtration sur sable.
- Désinfection à l'hypochlorite de calcium.

Le poste d'exhaure comprendra principalement :

- Un ponton flottant recevant les pompes d'exhaure
- Une passerelle d'accès entre la berge et le ponton
- 6 pompes d'eau brute au total en parallèle pour alimenter les deux unités de traitement : 3 pour l'unité Opalium et 3 pour l'unité Swisswaterpower.
- Deux conduites de refoulement d'eau brute
- Un coffret de commande local pour chaque unité de traitement.

Le ponton, réalisé en construction métallique, est constitué d'une charpente métallique sous laquelle sont disposés deux flotteurs. La charpente reçoit les supports des pompes immergées. Un garde-corps est disposé en périphérie du ponton. Les mouvements du ponton sont limités à des déplacements verticaux par la mise en place de poteaux ancrés dans le lit du fleuve, de part et d'autre du ponton. La passerelle d'accès, réalisée en aluminium, comporte un platelage de circulation et des garde-corps sur toute la longueur. Les canalisations de refoulement et le chemin de câbles (alimentation des pompes et asservissement) sont disposés sous le platelage. L'ancrage de la passerelle est réalisé sur un massif de béton implanté sur la berge. A chaque extrémité de la passerelle, les canalisations de refoulement comportent des manchons souples pour permettre les mouvements relatifs de la passerelle et du ponton en fonction du niveau du fleuve.

3.1. DESCRIPTION DES PROCESS OPALIUM

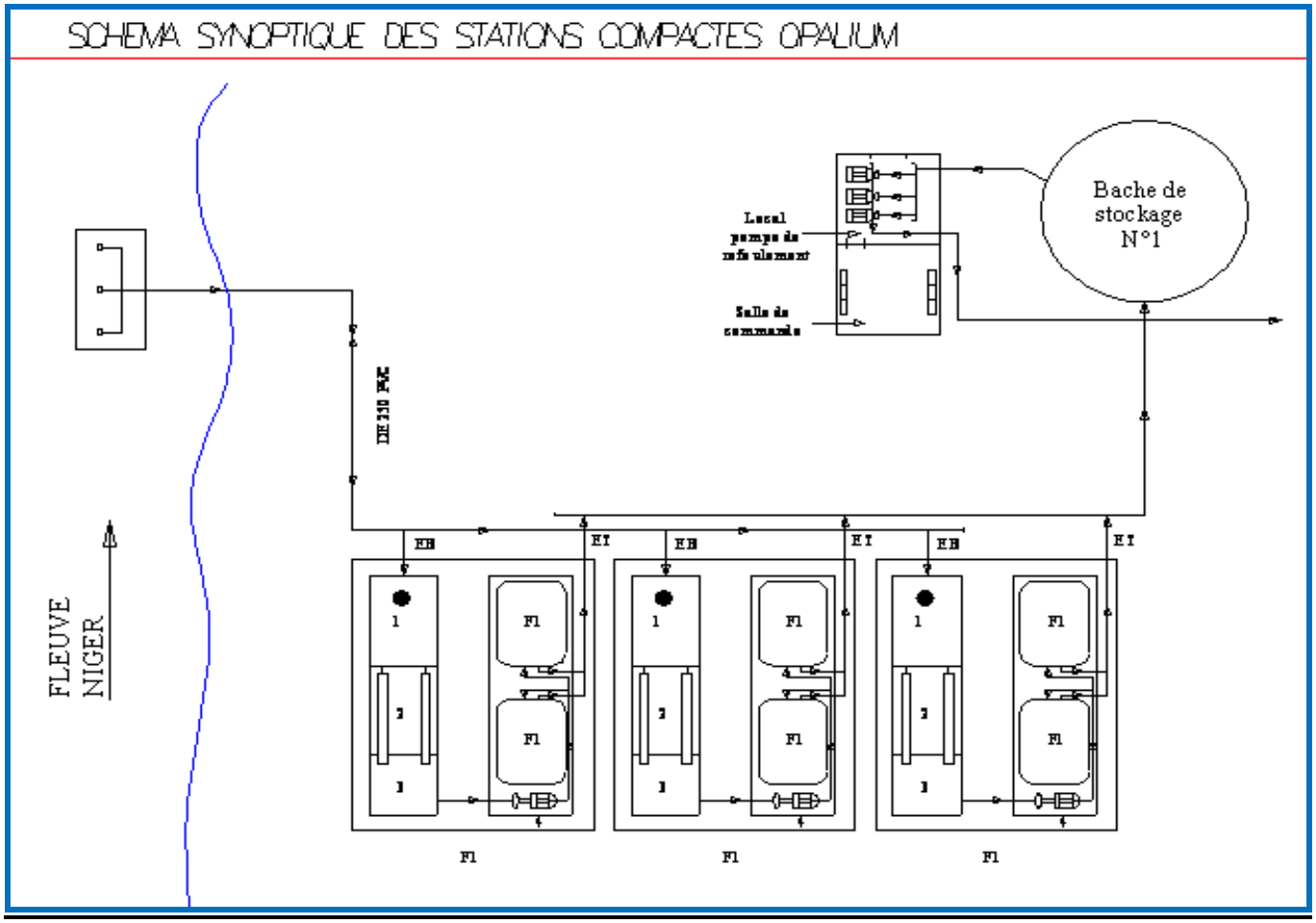


Figure 7 : Schéma Synoptique de La station compacte Opalium se Bamako

En vue d'un déplacement futur vers d'autres site, chaque station de traitement de 300m^3/h est composée de trois files complètes et autonomes de 100m^3/h chacune, pilotée une armoire générale de couplage qui assurera également :

- la commande des pompes d'exhaure d'eau brute
- la commande des surpresseurs d'eau traitée
- les transferts d'information

La décantation

L'eau brute arrive dans les ouvrages de ***coagulation/floculation*** en amont des unités OPASCEP avec un débit total (nominal) de 300m2/h. Ce débit est ensuite réparti presque équitablement entre les trois files. Le skid 'Décanteur ' qui regroupe le floculateur où a lieu le processus physico-chimique de coagulation/floculation, les lamellaires et la cuve de reprise d'eau clarifiée ou bac d'eau décantée.

Elle est composée alors de :

- 1 châssis support en acier revêtu.
- 1 ensemble de décantation constitué par un compartiment de bloc lamellaire, un stockage de boue décantée à la partie basse, six extractions de boue DN80 équipées d'électrovannes.

La vitesse de Hazen au débit nominal est de l'ordre de ***0.8m/h***, pour effective de décantation de 125m^2. C'est une vitesse apparente qui ne tient pas compte de la surface projetée des lamelles. L'eau décanté est récupérée par les goulottes et déverse dans la bâche eau décantée.

Reprise de l'eau décantée

La pompe de reprise eau décantée est de type centrifuge monobloc de 100m^3/h et 17mCE. Elle récupère l'eau décantée et l'envoie vers les filtres sous pression. Elle a une puissance de 7.5 kW fonctionne avec une vitesse de 2900 t/mn, sous 400V et 50Hz.

La filtration

Elle a lieu sur deux filtres parallèles ayant au total une surface effective de filtration de 12.96m2. Cela leur vaudra une vitesse de 7.7m/h au débit nominal. L'eau décantée passe sur le **média filtrant**, constitué de quartzite, sec et propre et calibré **(0.8 à 1.2mm),** d'une charge de sable de 4,7 tonnes.

Le skid est composée de :

- 1 châssis support en acier revêtu.
- 1 ensemble de filtration constitué par : une pompe de reprise eau décantée, type centrifuge monobloc, un surpresseur d'air à canal latéral pour le lavage des filtres, une pompe de lavage (hors skid), type centrifuge monobloc, une pompe de lavage (hors skid), type centrifuge monobloc.

Le surpresseur d'air a un débit nominal est de 160 m^3/h avec une pression de refoulement de 0.3 bar.

La pompe de lavage a un débit nominal est de 65 m^3/h avec une hauteur manométrique de 15 mCE.

Injection des produits chimiques

Les bacs de réactifs (du sulfate d'alumine, la chaux éteinte et l'hypochlorite de calcium) sont intégré en un bloc sur châssis (ou une plate-forme) en acier. Les réactifs y sont préparés et stockés. Chaque bac est équipé d'un électro-agitateur et d'une pompe doseuse. On a les caractéristiques suivantes :

1 bac de préparation et stockage pour sulfate d'alumine en PE :

Volume : 2000 l

Une pompe doseuse DOSAPRO à membrane de 50 l/h

1 bac de préparation et stockage pour hypochlorite en PE :

Volume : 500 l

Deux pompes doseuses à membrane pour pré-chloration et désinfection de 6 l/h

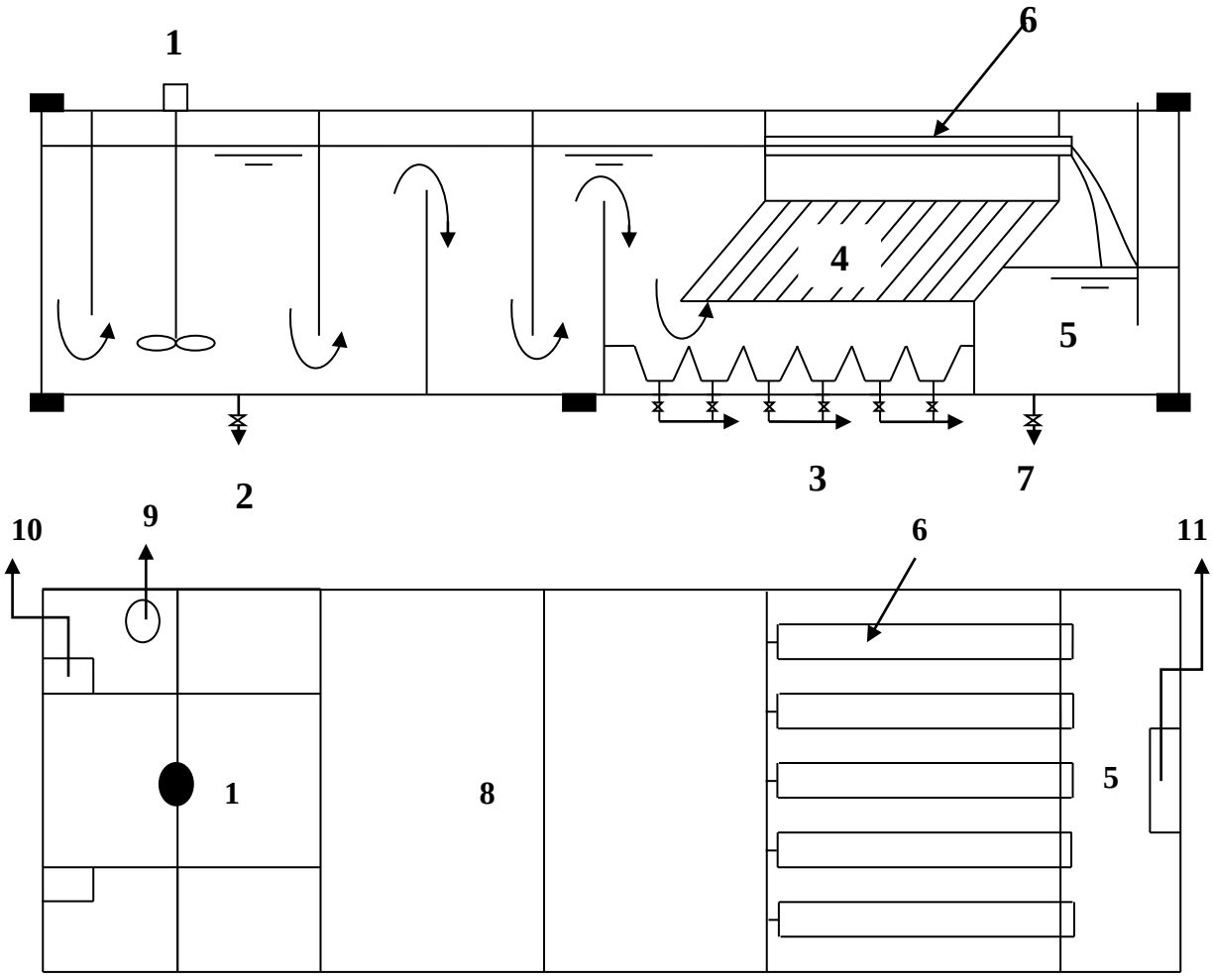
1 bac de préparation et stockage de chaux éteinte en PE

Volume : 2000 l

Une pompe doseuse à membrane de 50 l/h

La pré-chloration, l'injection de sulfate d'alumine et de chaux est directement faite à l'entrée du floculateur.

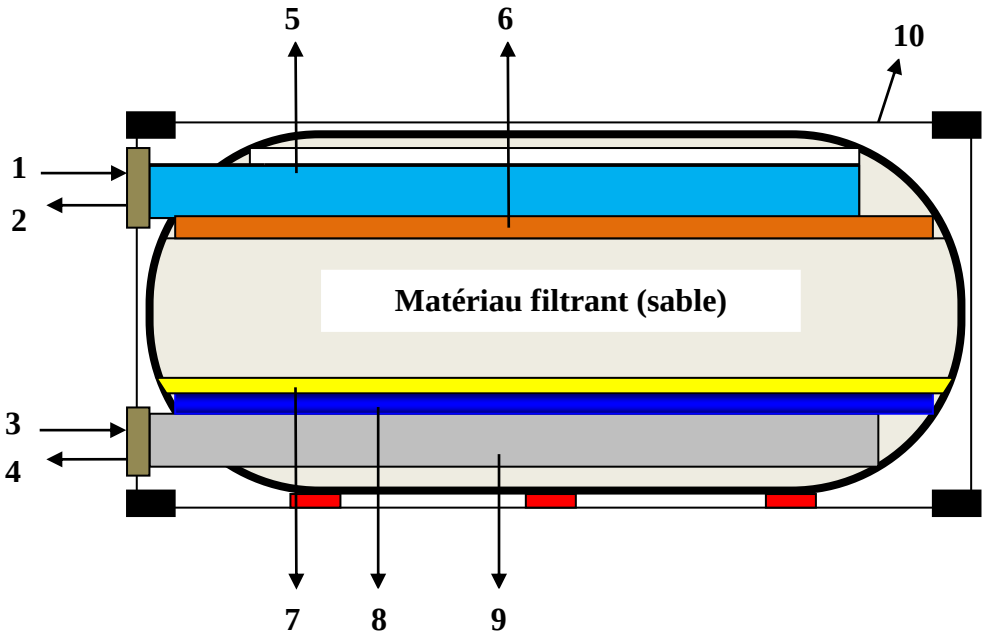
La désinfection quant à elle est faite à la sortie de chaque fille.



Légende :

1 = Agitateur
2 = Vidange
3 = Extraction de boue
4 = Bloc lamellaire
5 = Bac eau décantée
6 = Goulottes
7 = Vidange
8 = Floculateur
9 = Trop-plein
10 = Injection réactifs
11 = Enceinte sondes de niveaux

Figure 8 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN DECANTEUR LAMELLAIRE OPALIUM (100 m^3/h)



LEGENDE		
	1 = Entrée à filtrer 2 = Sortie eau rinçage 3 = Entrée air + Entrée eau de lavage 4 = Sortie eau filtrée 5 = Collecteur eau à filtrer	6 = Rampe de répartition eau à filtrer 7 = Plancher à suselures 8 = Canalisation air pulsé 9 = Réception eau filtrée 10 = Support acier

Figure 9 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN FILTRE SOUS PRESSION

3.2. DESCRIPTION DES PROCESS SWP

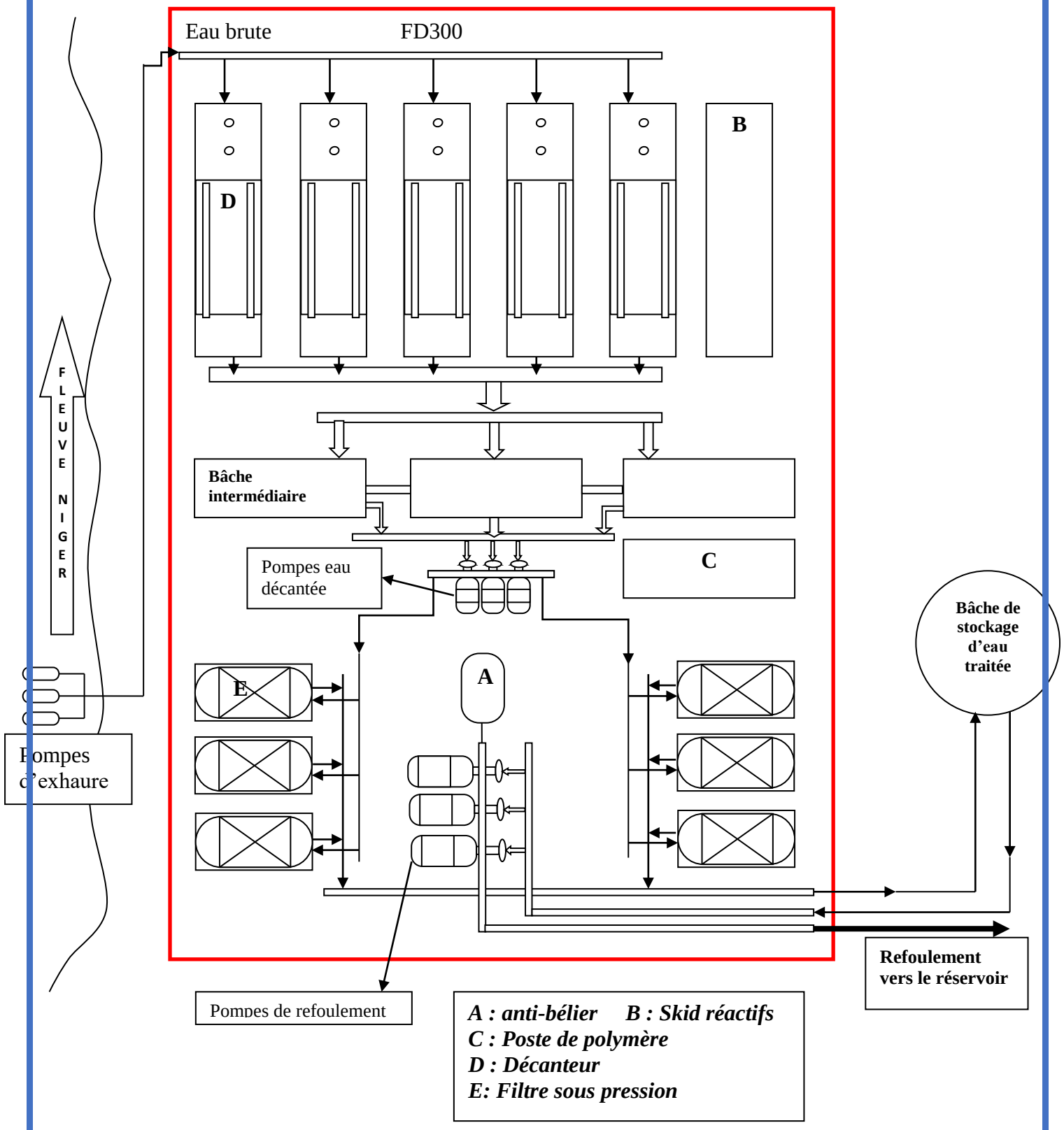


Figure 10 : SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA STATION COMPACTE SWP 550 m^3/h

La décantation

Le mélange eau/sulfate d'alumine/chlore est aspiré dans le poste de pompage, l'eau brute à traiter est amenée dans une cellule appelée « bâche de coagulation ». Dans cette chambre est installé un mélangeur rapide. Cet agitateur sert à coaliser le fluide composé de l'eau brute afin de former des flocs. Le volume de cette chambre est de 3m3. Elle est alimentée par une canalisation acier DN200 et sa partie basse présente deux ouvertures de diamètre 250mm pour le passage du fluide mélangé vers la chambre d'homogénéisation. Les eaux brutes, additionnées de sulfate d'alumine, de lait de chaux et de chlore, sont transférées dan la chambre d'homogénéisation par deux ouvertures de diamètre 250mm (en partie inférieure de la bâche de coagulation. Cette bâche est une cellule de 15m3 équipé d'un agitateur lent. L'agitateur permet, durant le séjour du fluide dans cette chambre, de bien homogénéiser le mélange eau/sulfate d'alumine et chlore avant leur passage en chambre de floculation/décantation. C'est durant cette phase que le grossissement et l'alourdissement des flocs s'opèrent. Les eaux en provenance de la chambre de décantation, transite en bas du bloc lamellaire et remontent au travers de celui-ci par le principe des vases communicants. C'est lors du passage dans le bloc lamellaire qui freine la vitesse du fluide, que les flocs et les particules lourdes se précipitent vers le bas, et sont retenus dans les canaux de soutirage. Débarrassée de la plus grande majorité des boue et particules ; l'eau décantée se déverse par la gravité dans la chambre de transfert située dans le prolongement de la chambre de décantation, la chambre de transfert présente une surface de 2.25m sur 1.35m et une hauteur d'eau de 1.700m, soit un volume de 5m3. Une sortie en DN200, située en partie basse de la chambre permet l'alimentation de la bâche de stockage des eaux décantées. Les boues décantées au fond du décanteur sont extraites grâce à trois vannes électriques par décanteur. Ces vannes fonctionnent alternativement, s'ouvrant l'une après l'autre, suivant un cycle automatique d'extraction des boues géré par l'automate.

Unité de réactifs et Injection des réactifs

L'unité est composée des bacs de préparation et de stockage de chacun des réactifs. Chaque bac est équipé de son agitateur et de sa pompe doseuse. Un opérateur introduit les quantités nécessaires selon les réactifs ainsi que la quantité d'eau nécessaire, prélevée en sortie de station. L'encombrement de chaque bac est le suivant : 1085x1085mm, hauteur 1380mm. Les solutions de chacun des réactifs sont reprises en partie basse de chacun des bacs à l'aide de pompes doseuses de capacité de refoulement appropriée au besoin de l'installation. Chaque bac est équipé d'un détecteur de niveau bas qui stoppe la pompe si le niveau est trop bas. Toutes les canalisations sont en tube souple qui sont installées en caniveaux couverts depuis ce local jusqu'aux différents points d'injection.

Unité de stockage intermédiaire (bâche intermédiaire)

Les eaux décantées sont envoyées de façon gravitaire dans un groupe de 3 réservoirs, appelé « stockage intermédiaire ». D'une capacité de 35m3 chacun, ces réservoirs de stockage sont destinés à servir de réservoirs tampon avant la reprise des eaux décantées à l'aide de pompes pour leur transfert vers la station de filtration. L'unité compacte étant basée sur le concept « container », le réservoir de stockage intermédiaire, se présente sous forme d'un container ouvert de dimensions :

- Longueur : 6.058mm
- Largeur : 2.438mm
- Hauteur : 2.591mm

Des accès sont disposés pour des interventions internes sous forme d'une plate-forme de 1m2 et deux échelles formées par des barreaux soudés, de part et d'autre de la paroi verticale.

Deux détecteurs de niveau, type contacteur sont prévus.

Unité de filtration

Dans le cas présent, le poste de filtration est composé de six filtres à sable de capacité de filtration de 110m3/h pour chaque filtre. Le filtre à sable se présente sous forme d'un cylindre horizontal de diamètre 2.200mm et de longueur 6.058mm, positionné de façon horizontale et mis en place dans une structure rigide et parallélépipédique de type container. Les six filtres fonctionnent par cycle, soit en filtration, soit en lavage (5 en filtration, le sixième en lavage, en attente ou en filtration). Ce sixième filtre permet à l'unité compacte de fonctionner sans interruption pendant les lavages. La station est donc en production 24h/j, soit une production minimum de 12 000m3/j. L'eau à filtrer utilise une rampe de répartition DN200. Cette canalisation est percée d'une multitude d'orifices en sa partie supérieure afin de répartir l'eau sur toute la surface de filtration. Diverses couches de sable, de granulométrie différente, à savoir de haut en bas **0.8/2, 1.7/3.15 et 5/10mm** sont disposées sur un plancher équipé de crépines filtrantes. L'eau traverse ces diverses couches qui en assurent la filtration et, est recueilli en partie basse avant son départ vers le réseau de distribution par une canalisation DN200. Entre le plancher et le bac de réception, est disposée une canalisation d'air pulsé sur toute la longueur avec des sorties en « T », afin de répartir les débits d'air et leur action de nettoyage des couches de sable sans créer de phénomènes susceptibles de mélanger les diverses couches. En phase de lavage, la circulation de l'eau s'effectue du bas vers le haut. La distribution d'air s'effectue par un groupe de deux soufflantes. Le collecteur est en DN200 et les ramifications de répartition sont en diamètre 60mm avec trois orifices de diamètre 22mm répartis sur leur longueur. Chaque filtre est équipé d'une soupape qui évite une augmentation de la pression anormale.

Chloration finale

Avant son départ dans le réseau de distribution et pour éviter toute pollution dans les canalisations, l'eau décantée et filtrée, doit répondre aux exigences bactériologiques, ce qui nécessite un éventuel apport de chlore. Le système de chloration fonctionne selon les conditions suivantes : l'injection de chlore dans le circuit de départ vers le réseau de distribution est pilotée par les résultats du contrôle/analyseur de taux de concentration de chlore.

Mesure du débit de sortie

Un débitmètre électromagnétique est installé au niveau de la sortie de l'unité compacte afin de mesurer et de totaliser les débits

Poste de surpression

Le poste de surpression est composé de 3 pompes de type centrifuge horizontales et de capacité de 300m3 à 95mCE pour le site de Magnambougou et à 115mCE pour le site de Baco-Djicoroni, avec l'ensemble de la robinetterie nécessaire

3.3. DES DIFFERENCES ENTRE LES UNITES OPALIUM ET LES UNITES SWP

1) CAPACITE DE PRODUCTION : 100 m^3/h X 3 POUR OPALIUM ET 110 m^3/h X5 POUR SWP

2) CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES (GEOMETRIE), SWP EST GRANDES

3) ZONE D'INJECTION DE PRODUITS CHIMIQUES. SWP DANS LA CONDUITE DE REFOULEMENT D'EAU BRUTE.

4) OPALIUM : DES FILES DE TRAITEMENT INDEPENDANTES; SWP : FILES CONVERGENTES A LA BACHE INTERMEDIAIRE ET L'EAU EST ENSUITE DISPERSEE SUR SIX FILTRES A PRESSION.

5) LE LAVAGE DES FILTRES EST GERE PAR L'AUTOMATE DE L'ARMOIRE DE COMMANDE POUR SWP; IL EST MANUEL A OPALIUM

6) SWP DISPOSE POUR LE TRAITEMENT UN POSTES POUR L'UTILISATION D'ADJUVANTS DE FLOCULATION (POLYMERE ET CHARBON ACTIF EN POUDRE)

7) SWP DISPOSE D'UN EQUIPEMENT ANTI-BELIER, OPALIUM NON……..

4. QUALITE DE L'EAU

CHAPITRE. 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. LE CAPTAGE

1.1. OPTION TECHNIQUE DE CAPTAGE (A)

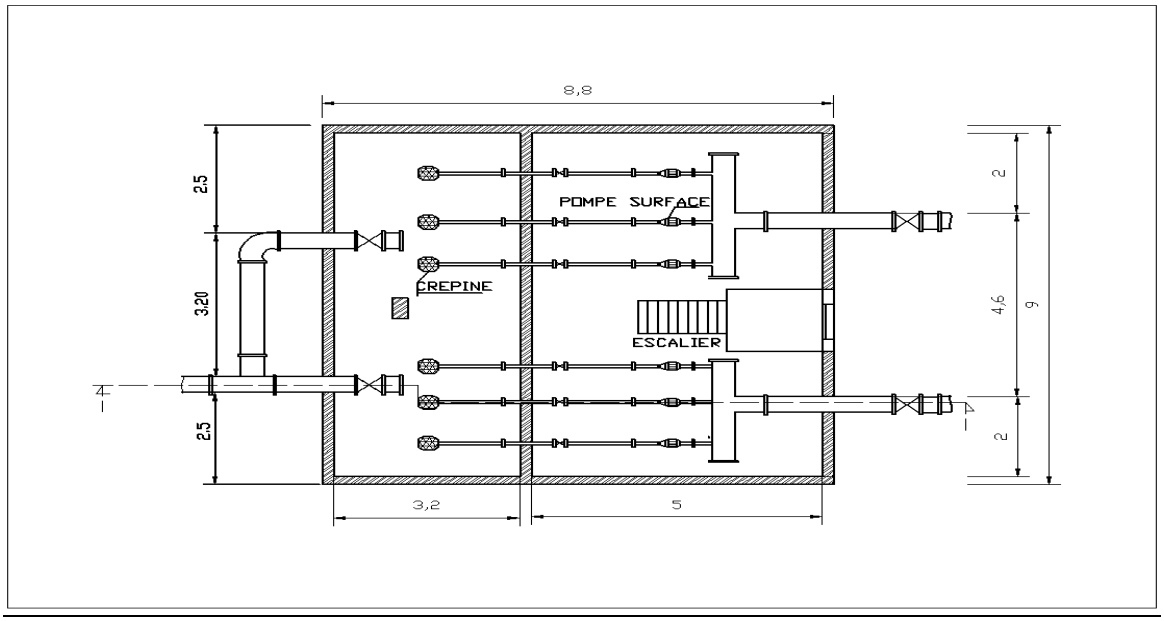


Figure 11 : Ouvrage de prise avec pompe de surface aspirant dans le puits (Coupe H)

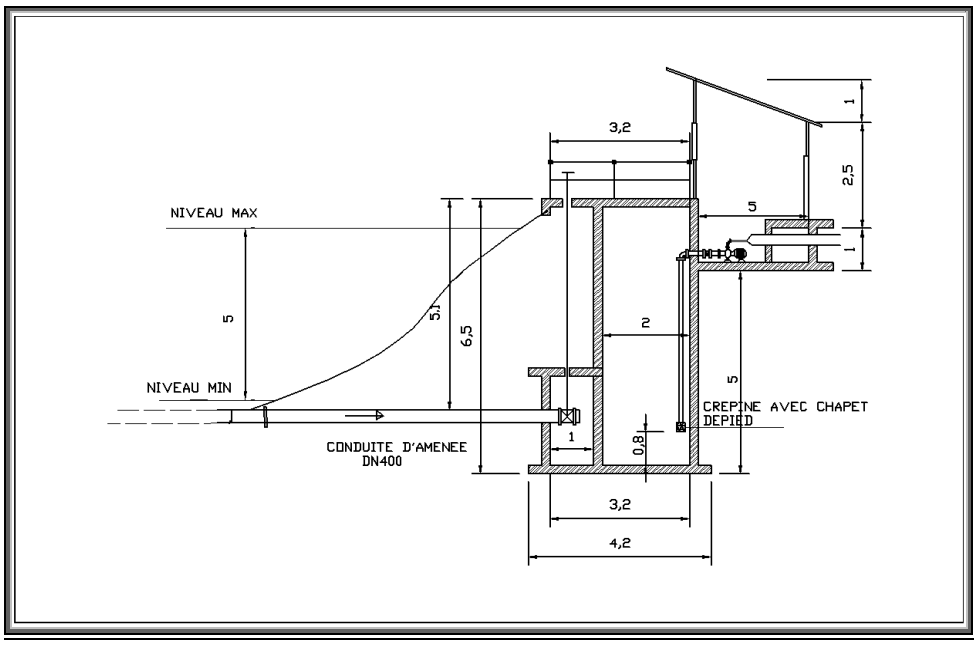


Figure 12 : Ouvrage de prise avec pompe de surface aspirant dans le puits (Coupe V)

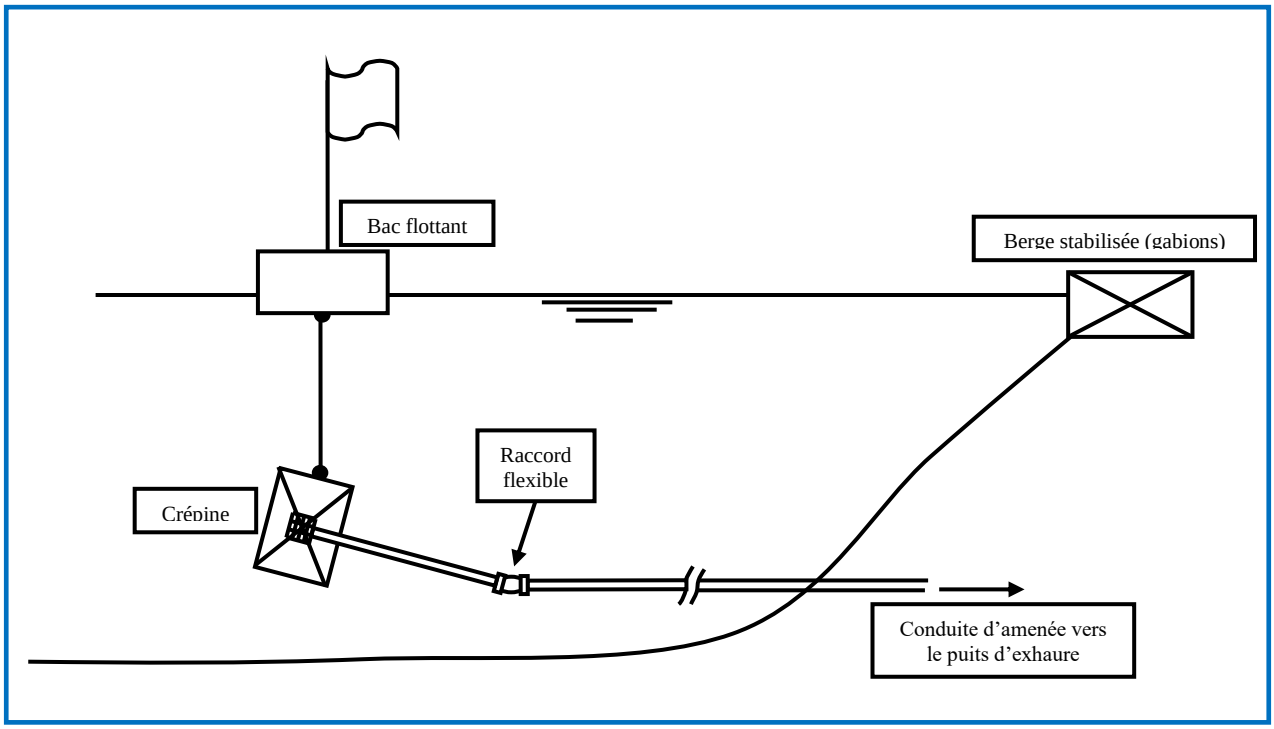


Figure 13 : Ouvrage de prise avec pompe de surface aspirant dans le puits (Coupe V)

1.2. OPTION TECHNIQUE DE CAPTAGE (B)

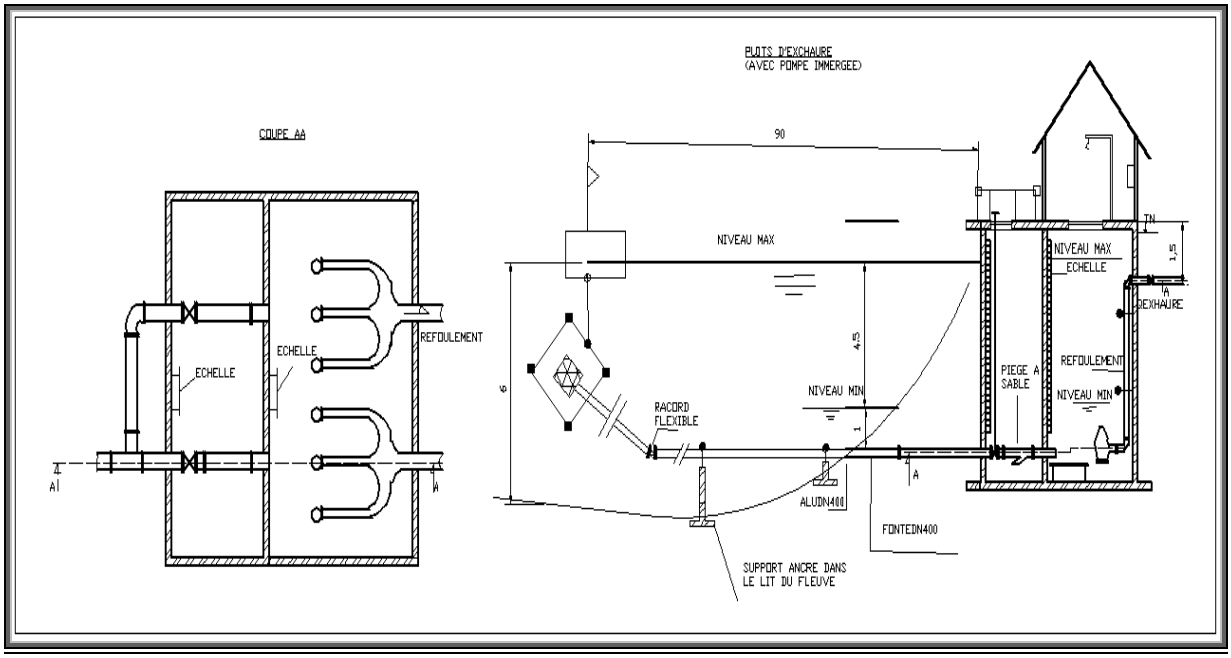


Figure 14 : Ouvrage de prise avec pompe immergée aspirant dans le puits (Coupe…..)

2. LE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

Hauteur manométrique totale – Courbes caractéristiques
Baco-Djicoroni
UNITES OPALIUM (STATION.I)

Tableau 5 : Pertes De Charge Et HMT Sur La Conduite D'eau Brute DE250 PVC

Qexhaure (m3/h)	Vitesse (m/s)	J sur DE250 (m/m)	J sur DE160 (m/m)	j-linéaire sur DE250(m)	j-linéaire sur DE160 (m)	j. singularité				j-totale (m)	HMT (m)
						Js. exhaure	Js.canals. DE250	Js.canals. DE160	Js. dérivations		
60	0,390	0,001	0,007	0,076	0,046	0,060	0,006	0,011	0,029	0,229	6,379
90	0,585	0,001	0,014	0,161	0,097	0,136	0,013	0,025	0,066	0,473	6,623
120	0,780	0,002	0,024	0,275	0,165	0,241	0,023	0,045	0,118	0,822	6,972
150	0,976	0,003	0,036	0,415	0,250	0,377	0,036	0,070	0,184	1,263	7,413
180	1,171	0,005	0,050	0,582	0,350	0,543	0,052	0,101	0,265	1,793	7,943
195	1,268	0,005	0,058	0,675	0,406	0,637	0,061	0,119	0,311	2,091	8,241
210	1,366	0,006	0,067	0,774	0,466	0,739	0,071	0,138	0,361	2,411	8,561
225	1,463	0,007	0,076	0,880	0,530	0,848	0,082	0,158	0,415	2,754	8,904
240	1,561	0,008	0,085	0,991	0,597	0,965	0,093	0,180	0,472	3,118	9,268
255	1,658	0,009	0,095	1,109	0,668	1,089	0,105	0,203	0,533	3,504	9,654
270	1,756	0,010	0,106	1,233	0,742	1,221	0,118	0,228	0,597	3,911	10,061
285	1,853	0,011	0,117	1,363	0,820	1,360	0,131	0,254	0,665	4,340	10,490
300	1,951	0,012	0,129	1,499	0,902	1,507	0,146	0,281	0,737	4,791	10,941

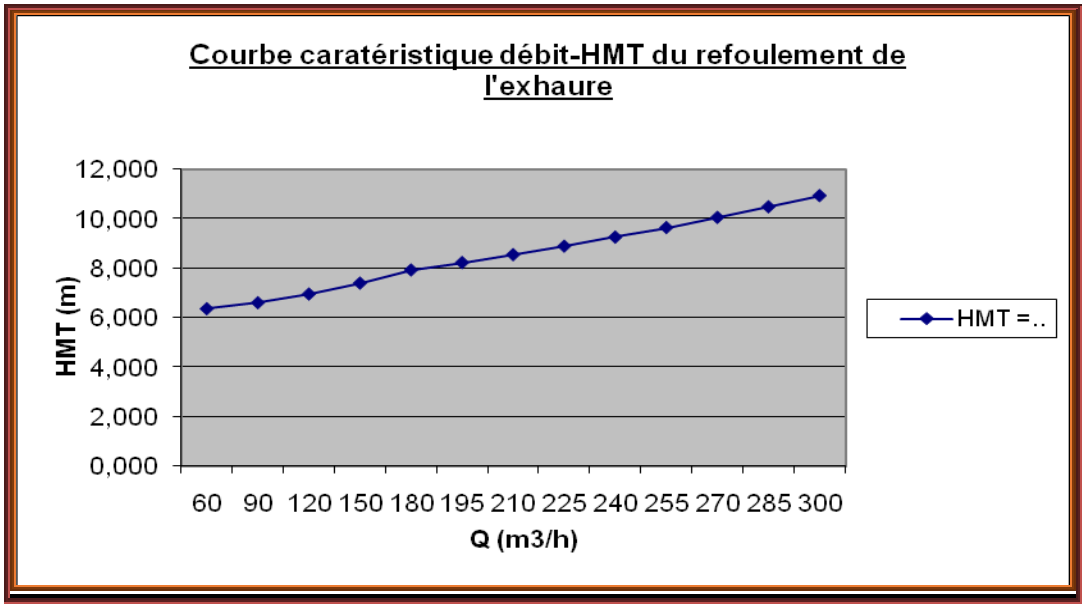


Figure 15 : Courbe caractéristique de la conduite d'eau brute DE250 PVC

Tableau 6 : Pertes De Charge Et HMT Sur La Conduite D'eau Brute FD DN300

Qexhaure (m3/h)	Vitesse (m/s)	J sur DE250 (m/m)	J sur DE160 (m/m)	j-linéaire sur DE250(m)	j-linéaire sur DE160 (m)	j. singularité				j-totale (m)	HMT (m)
						Js. exhaure	Js.canals. DE250	Js.canals. DE160	Js. Dériva tions		
100	0,393	0,001	0,007	0,108	0,013	0,054	0,007	0,011	0,027	0,221	7,121
150	0,589	0,002	0,015	0,229	0,027	0,122	0,016	0,026	0,061	0,455	7,355
200	0,786	0,004	0,025	0,390	0,046	0,216	0,029	0,046	0,109	0,790	7,690
250	0,982	0,005	0,038	0,590	0,069	0,338	0,046	0,071	0,170	1,212	8,112
300	1,179	0,007	0,054	0,827	0,097	0,487	0,066	0,103	0,244	1,720	8,620
325	1,277	0,009	0,062	0,959	0,112	0,571	0,077	0,121	0,287	2,006	8,906
350	1,375	0,010	0,071	1,100	0,129	0,662	0,089	0,140	0,333	2,313	9,213
375	1,474	0,011	0,081	1,250	0,146	0,760	0,102	0,160	0,382	2,641	9,541
400	1,572	0,013	0,091	1,409	0,165	0,865	0,116	0,183	0,434	2,989	9,889
425	1,670	0,014	0,102	1,576	0,184	0,977	0,132	0,206	0,490	3,359	10,259
450	1,768	0,016	0,114	1,752	0,205	1,095	0,147	0,231	0,550	3,749	10,649
475	1,867	0,017	0,126	1,937	0,226	1,220	0,164	0,257	0,613	4,160	11,060
500	1,965	0,019	0,138	2,130	0,249	1,352	0,182	0,285	0,679	4,591	11,491
525	2,063	0,021	0,151	2,331	0,272	1,490	0,201	0,315	0,748	5,043	11,943
550	2,161	0,023	0,165	2,541	0,297	1,636	0,220	0,345	0,821	5,515	12,415

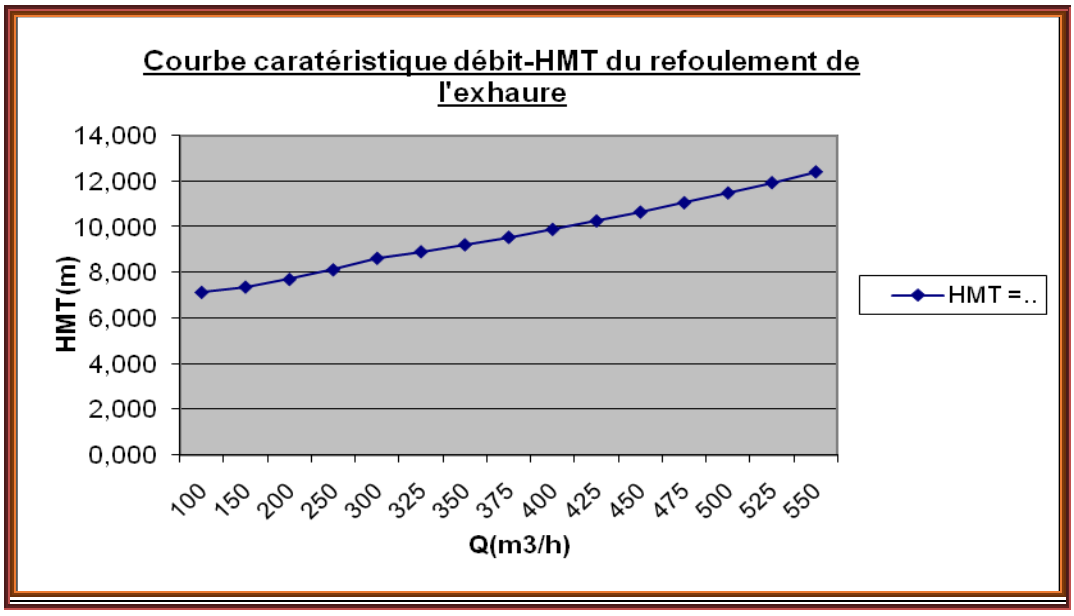


Figure 16 : Courbe caractéristique de la conduite d'eau brute FD DN300

Magnambougou
UNITES OPALIUM (STATION.I)

Tableau 7 : Pertes De Charge Et HMT Sur La Conduite D'eau Brute DE250 PVC

Qexhaure (m3/h)	Vitesse (m/s)	J sur DE250 (m/m)	J sur DE160 (m/m)	j-linéaire sur DE250(m)	j-linéaire sur DE160 (m)	j. singularité				j-totale (m)	HMT (m)
						Js. exhaure	Js.canals. DE250	Js.canals. DE160	Js. dérivations		
60	0,390	0,001	0,007	0,037	0,065	0,060	0,000	0,014	0,029	0,206	6,356
90	0,585	0,001	0,014	0,079	0,139	0,136	0,000	0,030	0,066	0,419	6,569
120	0,780	0,002	0,024	0,134	0,236	0,241	0,000	0,054	0,118	0,729	6,879
150	0,976	0,003	0,036	0,203	0,357	0,377	0,000	0,084	0,184	1,121	7,271
180	1,171	0,005	0,050	0,284	0,500	0,543	0,000	0,122	0,265	1,592	7,742
195	1,268	0,005	0,058	0,329	0,580	0,637	0,000	0,143	0,311	1,858	8,008
210	1,366	0,006	0,067	0,378	0,666	0,739	0,000	0,165	0,361	2,143	8,293
225	1,463	0,007	0,076	0,429	0,756	0,848	0,000	0,190	0,415	2,448	8,598
240	1,561	0,008	0,085	0,484	0,852	0,965	0,000	0,216	0,472	2,773	8,923
255	1,658	0,009	0,095	0,541	0,954	1,089	0,000	0,244	0,533	3,117	9,267
270	1,756	0,010	0,106	0,602	1,060	1,221	0,000	0,273	0,597	3,480	9,630
285	1,853	0,011	0,117	0,665	1,172	1,360	0,000	0,305	0,665	3,863	10,013
300	1,951	0,012	0,129	0,731	1,289	1,507	0,000	0,338	0,737	4,265	10,415

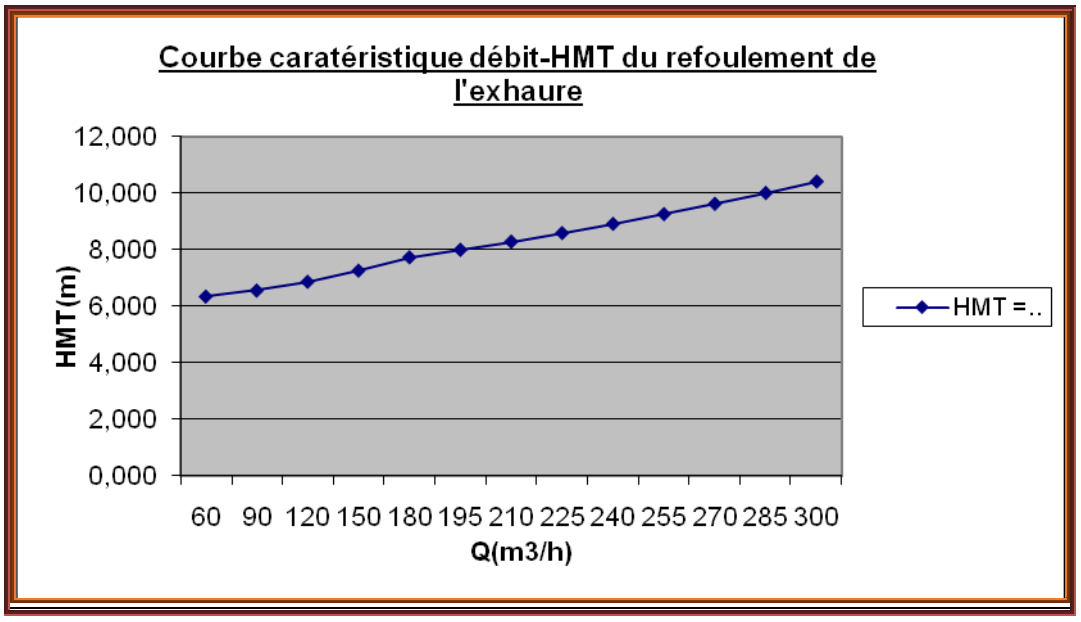


Figure 17 : Courbe caractéristique de la conduite d'eau brute DE250 PVC

Magnambougou
UNITES SWP (STATION.II)

Tableau 8 : Pertes De Charge Et HMT Sur La Conduite D'eau Brute FD DN300

Qexhaure (m3/h)	Vitesse (m/s)	J sur DE250 (m/m)	J sur DE160 (m/m)	j-linéaire sur DE250(m)	j-linéaire sur DE160 (m)	j. singularité				j-totale (m)	HMT (m)
						Js. exhaure	Js.canals. DE250	Js.canals. DE160	Js. dérivations		
100	0,393	0,001	0,007	0,122	0,013	0,054	0,007	0,002	0,027	0,225	7,125
150	0,589	0,002	0,015	0,258	0,027	0,122	0,016	0,005	0,061	0,484	7,384
200	0,786	0,004	0,025	0,439	0,046	0,216	0,029	0,009	0,109	0,839	7,739
250	0,982	0,005	0,038	0,664	0,069	0,338	0,046	0,014	0,170	1,286	8,186
300	1,179	0,007	0,054	0,931	0,097	0,487	0,066	0,021	0,244	1,824	8,724
325	1,277	0,009	0,062	1,080	0,112	0,571	0,077	0,024	0,287	2,127	9,027
350	1,375	0,010	0,071	1,239	0,129	0,662	0,089	0,028	0,333	2,452	9,352
375	1,474	0,011	0,081	1,408	0,146	0,760	0,102	0,032	0,382	2,798	9,698
400	1,572	0,013	0,091	1,586	0,165	0,865	0,116	0,037	0,434	3,167	10,067
425	1,670	0,014	0,102	1,775	0,184	0,977	0,132	0,041	0,490	3,558	10,458
450	1,768	0,016	0,114	1,973	0,205	1,095	0,147	0,046	0,550	3,970	10,870
475	1,867	0,017	0,126	2,181	0,226	1,220	0,164	0,051	0,613	4,404	11,304
500	1,965	0,019	0,138	2,398	0,249	1,352	0,182	0,057	0,679	4,860	11,760
525	2,063	0,021	0,151	2,625	0,272	1,490	0,201	0,063	0,748	5,337	12,237
550	2,161	0,023	0,165	2,861	0,297	1,636	0,220	0,069	0,821	5,835	12,735

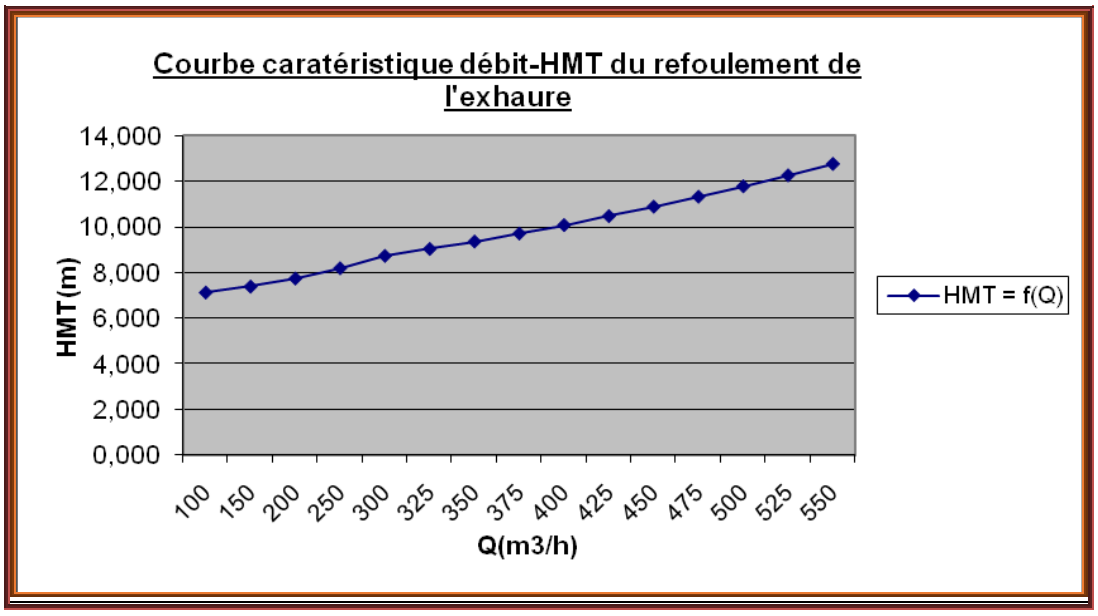


Figure 18 : Courbe caractéristique de la conduite d'eau brute FD DN300

L'importance des courbes caractéristiques tient à ce qu'une fois établies elles sont invariables et permettent de prévoir le fonctionnement de la pompe dans des conditions d'exploitation données.

Vitesses de Hazen

a) Lorsque deux pompes sont en marche, un débit de ((2XQn)/3) m^3/h entre dans le décanteur d'une.

Lorsque deux pompes sont en marche, un débit de ((3XQn)/3) m^3/h entre dans le décanteur d'une.

Les vitesses de Hazen réelles dans les deux cas varient de **0.53 à 1.60$m^3/h/m^2$**

Tableau 9 : Les Vitesses De Hazen Réelles

$Q_{exhaure}$ /pompe [m3/h]	*$Q_{entrée-décanteur}$ [m3/h]*	*V_H (réelle) [m3/h/m2]*	*V_H [m3/h/m2]*
50	*33,33*	***0,53***	*0,27*
55	*36,67*	***0,59***	*0,29*
60	*40,00*	***0,64***	*0,32*
65	*43,33*	***0,69***	*0,35*
70	*46,67*	***0,75***	*0,37*
75	*50,00*	***0,80***	*0,40*
80	*53,33*	***0,85***	*0,43*
85	*56,67*	***0,91***	*0,45*
90	*60,00*	***0,96***	*0,48*
95	*63,33*	***1,01***	*0,51*
100	*66,67*	***1,07***	*0,53*

$Q_{exhaure/pompe}$ [m3/h]	$Q_{entrée-décanteur}$ [m3/h]	V_H (réelle) [m3/h/m2]	V_H [m3/h/m2]
50	50	**0,80**	0,40
55	55	**0,88**	0,44
60	60	**0,96**	0,48
65	65	**1,04**	0,52
70	70	**1,12**	0,56
75	75	**1,20**	0,60
80	80	**1,28**	0,64
85	85	**1,36**	0,68
90	90	**1,44**	0,72
95	95	**1,52**	0,76
100	100	**1,60**	0,80

1°) <u>Deux pompes d'exhaure en arche</u> : ((2xQn/3 passe à travers un décanteur)

2°) <u>Trois pompes d'exhaure en arche</u> : ((3xQn/3) passe à travers un décanteur)

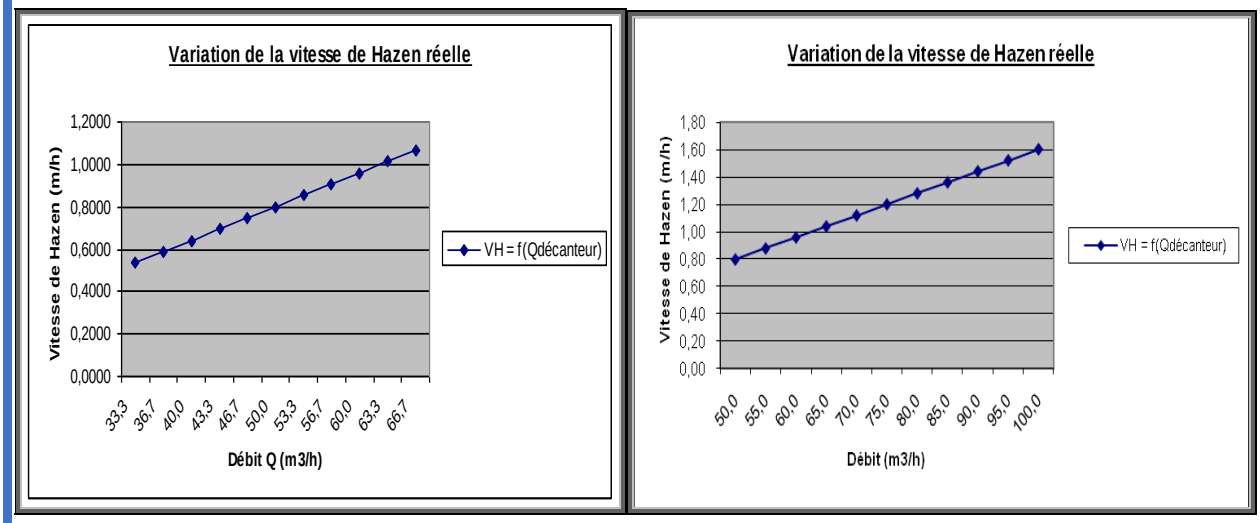
Q étant le débit entrant dans un décanteur, la vitesse de Hazen est calculée comme suit :
Soit S_H sa surface horizontale (projetée),
$n_{lamelles}$ le nombre de lamelles, θ = 60° l'angle d'inclinaison des lamelles par rapport à l'horizontale et S_L la surface élémentaire de chaque lamelle, $n_{lamelles}.S_L$ = 125 m^2 (surface effective de décantation) :

$$Q = V_H.S_H \Leftrightarrow V_H = \frac{Q}{S_H}; \quad \text{or} \quad S_H = S_L.\cos\theta$$

En considérant tout le système lamellaire du décanteur constitué de $n_{lamelles}$:
$S_H = n_{lamelles}.S_L.\cos\theta$,

D'où : $$V_H = \frac{Q}{n_{lamelles}.S_L.\cos\theta}$$

b) Les courbes ci-dessous donnent l'allure de la variation de la vitesse de Hazen réelle. Dans les deux cas de figures, pour des débits variant entre 35 et 100m3/h, avec des courbes presque droites, les variations quasi-linéaires.



1°) <u>Deux pompes d'exhaure en arche</u> : ((2xQn/3 passe à travers le décanteur)

2°) <u>Trois pompes d'exhaure en arche</u> : ((3xQn/3) passe à travers le décanteur)

Figure 19 : Les vitesses de Hazen réelles

La déstabilisation des colloïdes et leur rassemblement en flocs de taille suffisante, permettent qu'ils se déposent : il reste à instaurer un régime hydraulique qui permette à ces flocs très légers, de se déposer dans un ouvrage d'où l'on pourra les ôter commodément. C'est donc le rôle de la clarification, et donc celui des décanteurs. Le principe du décanteur Opalium n'est pas différent de celui d'un décanteur lamellaire classique. C'est aussi un décanteur statique à flux horizontal. Théoriquement, l'efficacité d'un décanteur horizontal ne dépend que de sa vitesse de Hazen et non de sa hauteur ou de son temps de rétention (**soit de 0.5 à 1.5 m/h**). On pourra alors procéder à des calculs de cette vitesse de Hazen pour différents débits entrant dans un décanteur.

En effet, l'efficacité d'un système lamellaire est liée aux paramètres suivants :

1°) Hydraulique

La forme des lamelles favorise le passage du régime d'écoulement de turbulent (à l'entrée des lamelles) à laminaire (au sein des lamelles).

2°) Ecartement des lamelles

Il doit être suffisant pour éviter le colmatage des lamelles par la boue décantée et pour permettre éventuellement leur nettoyage.

3°) Surface de décantation équivalente

Plus elle est importante, meilleure sera la décantation. Il existe un rapport de $125m^2/(4.6mx2.10m) = 13$ la surface totale projetée des lamelles et la surface horizontale du décanteur.

En conclusion

On retient que l'efficacité hydraulique des modules hexagonaux est supérieure à celle des autres faisceaux tubulaires et des plaques parallèles. Ces modules minimisent considérablement les risques de colmatage tout en offrant une surface de décantation équivalente très importante.

LES VITESSE DE HAZEN DANS LES DEUX CAS VARIENT ENTRE 0.53 m /h ET

Tableau 10 : ***Vitesses De Filtration***

$Q_{exhaure/pompe}$ [m3/h]	$Q_{entrée-décanteur}$ [m3/h]	VF [m3/h/m2]
50	33,33	**2,57**
55	36,67	**2,83**
60	40,00	**3,09**
65	43,33	**3,34**
70	46,67	**3,60**
75	50,00	**3,86**
80	53,33	**4,12**
85	56,67	**4,37**
90	60,00	**4,63**
95	63,33	**4,89**
100	66,67	**5,14**

$Q_{exhaure/pompe}$ [m3/h]	$Q_{entrée-décanteur}$ [m3/h]	VF [m3/h/m2]
50	50	**3,86**
55	55	**4,24**
60	60	**4,63**
65	65	**5,02**
70	70	**5,40**
75	75	**5,79**
80	80	**6,17**
85	85	**6,56**
90	90	**6,94**
95	95	**7,33**
100	100	**7,72**

1°) Deux pompes d'exhaure en arche : ((2xQn/3 passe à travers les deux filtres en parallèle.)

2°) Trois pompes d'exhaure en arche : ((3xQn/3) passe à travers les deux filtres en parallèle.)

La vitesse de filtration de filtration est calculée avec le débit entrant dans le décanteur car c'est approximativement ce débit qui entre dans le filtre.

$V_F = \frac{Q}{12.96}$; S= 12.96 m2 la surface de deux filtres

LES VITESSE DE FILTRATION DANS LES DEUX CAS VARIENT ENTRE 2.57 m /h ET 7.72 m /h ; VALEURS BONNE SELON DEGREMONT

3. LA QUALITE DE L'EAU TRAITEE

Site de Magnambougou

Tableau 11 : Production d'eau Potable et rendements mensuels en 2009

(Opalium-Magnambougou)

Mois	Eau brute (m^3)	Eau traitée (m^3)	Rendemt(%)
JAN	148 883	145 081	97,4
FEV	138 167	135 248	97,9
MAR	164 820	159 615	96,8
AVR	163 154	160 317	98,3
MAI	162 472	160 300	98,7
JUI	140 954	139 784	99,2
JUIL	147 898	145 114	98,1
AOU	154 841	150 443	97,2
SEP	140 743	139 911	99,4
OCT	165 438	153 202	92,6
NOV	153 076	152 516	99,6
DEC	157 651	151 995	96,4

Rendement moyen annuel de 97.63 %

Site de Baco-Djicoroni

Tableau 12 : Production D'eau Potable Et Rendements Mensuels En 2009 (Opalium-Baco)

Mois	Eau brute	Eau traitée	Rendemt(%)
JAN	188 585	178 404	94,6
FEV	171 231	166 592	97,3
MAR	195 016	188 755	96,8
AVR	197 706	191 610	96,9
MAI	200 187	189 272	94,5
JUI	191 812	182 195	95,0
JUIL	193 022	182 013	94,3
AOU	133 437	129 629	97,1
SEP	154 110	140 387	91,1
OCT	180 369	163 484	90,6
NOV	172432	166846	96,8
DEC	164 495	153 230	93,2

Rendement moyen annuel de 94.85 %

EAU BRUTE PRELEVE ET EAU TRAITEE REFOULEE 2009 (Opalium)

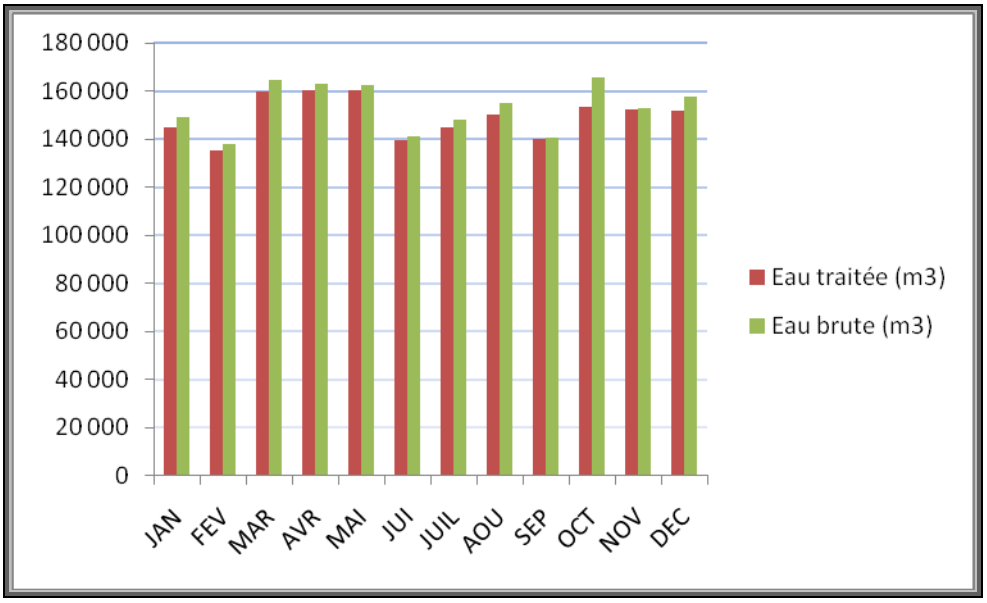


Figure 20 : Histogramme de la production Eau brute-Eau traité de Magnambougou

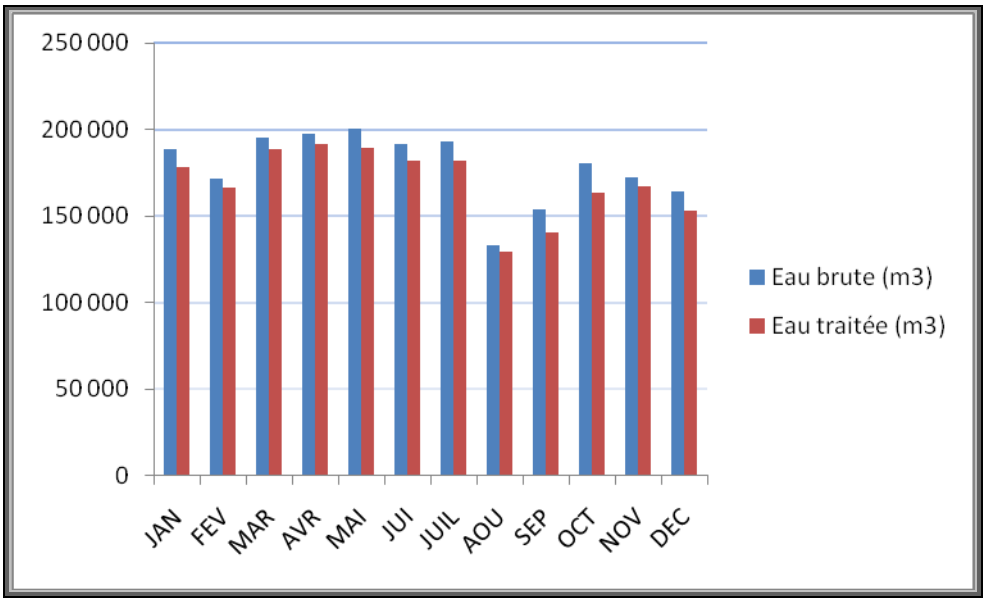


Figure 21 : Histogramme de la production Eau brute-Eau traité de Baco-Djicoroni

Optimisation de la performance des filtres à sable

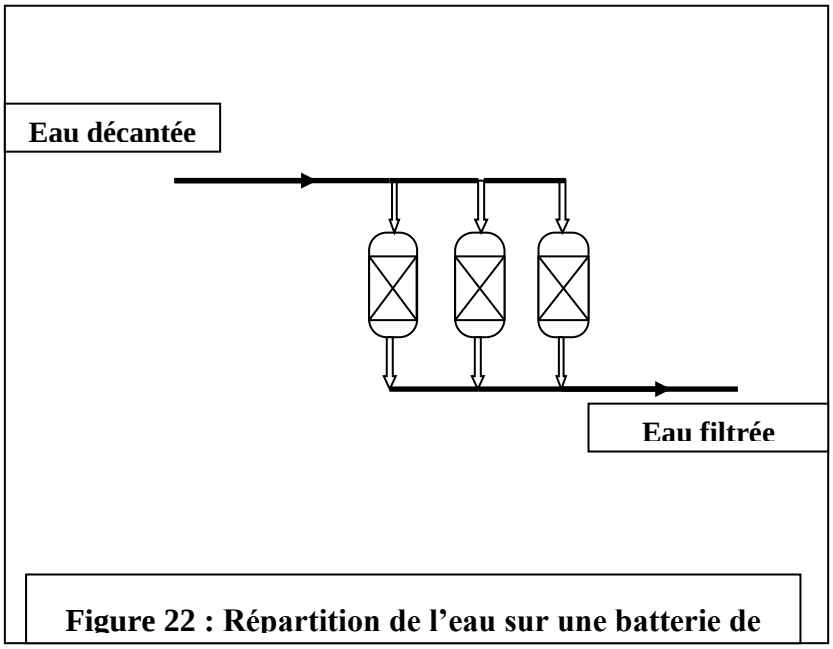
Dans une usine d'eau potable, les filtres à sable jouent souvent un rôle très essentiel. Il est donc important de chercher à optimiser leurs performances, tant au niveau de leur conception que de leur exploitation, pour améliorer la qualité de l'eau filtrée et minimiser les pertes en eau.

a) Optimisation de la qualité de l'eau décantée

Lorsque les filtres sont installés en aval d'un décanteur, il est important d'optimiser au maximum la qualité de l'eau décantée, car plus la turbidité sera élevée, plus élevée sera celle de l'eau filtrée. Une mauvaise décantation conduira également à des pertes en eau excessives, du fait du raccourcissement des cycles entre deux lavages.
Pour améliorer la décantation, on veillera à un bon dimensionnement des décanteurs, fonction de la teneur en MES de l'eau brute, mais aussi de la viscosité de l'eau, et donc sa température. Plus celle-ci sera basse, plus faible sera la vitesse de décantation. On s'attachera aussi à optimiser les doses de coagulants et de floculant, en réalisant régulièrement des **jar-test** sur l'eau brute et tout au moins à chaque variation de la qualité de celle-ci. Il faudrait alors en faire régulièrement pendant l'hivernage, surtout lors d'une averse ou peu après.
La concentration en oxyde dans l'eau décantée doit être la plus faible possible, afin de permettre le développement de la biomasse sur les grains de sable
Enfin, les purges des décanteurs seront optimisées pour éviter les remontées de boues au niveau des goulottes de reprise de l'eau décantée, ce qui aurait pour conséquence d'accélérer le colmatage des filtres.
Les purges des décanteurs Opalium non fonctionnelles sur l'autre façade opposée doivent être équipées de vannes manuelles pour plus d'efficacité à l'évacuation des boues.
En particulier lorsqu'il s'agit de filtres métalliques sous pression comme nous les avons au niveau des SCP, la répartition du débit doit s'effectuer de façon à opposer les entrées d'eau décantée et les sorties d'eau filtrées. Ainsi, le 1er filtre, qui est le plus favorisé à l'alimentation, est le plus défavorisé côté récupération de l'eau filtrée, ce qui équilibre les débits sur l'ensemble des filtres de la batterie.

On remarque d'ailleurs au lavage, que le 1er filtre dans le sens de l'écoulement semble se salir plus que le second.

La disposition ci-contre est hydrauliquement la plus interessante.



Répartition normale de l'eau sur une batterie de filtres sous pression

Figure 22 : Répartition de l'eau sur une batterie de

On doit tenir compte des aspects suivants :

- ***Hauteur d'eau au dessous du média*** : plus elle sera importante, plus les cycles entre deux lavages seront longs et moins les risques de mise en dépression, et donc de dégazage, seront importants. Tout prolongement de la filtration au-delà de la valeur maximum admise pour le colmatage, entraîne un dégazage qui diminue les performances des filtres.
- ***Conception des partie internes du bassin filtrant*** : tout doit être mis en œuvre pour assurer, d'une manière homogène sur toute la surface du bassin, la reprise de l'eau filtrée ainsi que distribution des fluide de lavage (densité de buselures : 50 au m2 environ – parfaite horizontalité du plancher - présence d'une couche de sable support et de diffusion noyant les buselures – orifices calibrés pour la distribution de fluides de lavage sur toute la longueur du bassin…). Au niveau de l'exploitation des filtres, la qualité de l'eau filtrée va dépendre de plusieurs paramètres :
- ***limitation du nombre de démarrage et d'arrêt*** : il sera recherché un temps de fonctionnement plus long, en diminuant le débit de production, pour une production journalière constante. Cela permet de supprimer ''les à-coups'' à chaque reprise de la filtration, afin d'éviter la dégradation momentané de la qualité de l'eau filtrée. Il peut donc être intéressant de prévoir des variateurs de fréquence sur les pompes d'alimentation, pour adapter la production à la demande, ou bien d'augmenter la capacité de stockage de l'eau traitée pour lisser la production.
- ***Contrôle du massif filtrant*** : le niveau du média doit être contrôlé régulièrement (tous les six mois), et un ajustement doit être fait en cas de perte sable. De plus, la taille effective et le coefficient d'uniformité du sable doivent également être contrôlé (tous les deux ans) et comparés aux caractéristiques initiales du sable. Lorsque les valeurs mesurées ont varié de plus de 10% par rapport aux valeurs initiales, le sable doit être changé.
- ***Qualité de l'eau de lavage*** : le lavage doit s'effectuer à laide d'eau filtrée non chlorée afin de ne pas détruire la biomasse.
- ***Mise à clair du filtre ou maturation*** : à la reprise de la filtration après un lavage, il est momentanément observé un pic de turbidité sur l'eau filtrée, correspondant au temps nécessaire au ré-compactage du lit et à la reconstitution de la biomasse épuratrice. Pour éviter cela, il généralement prévu une mise à l'égout des 1ères eaux filtrées (mise à clair) pendant une durée réglable (15 à 30 mn). Cependant, la mise à clair pet être avantageusement remplacée par une période de maturation du filtre, correspondant à un arrêt prolongé (145mn à 1h) avant la reprise de la filtration, ce qui permet également de diminuer les pertes en eau.

PROPOSITIONS D'OPTIMISATION DE LA FILTRATION

Optimisation de la qualité de l'eau décantée en améliorant la technologie du décanteur :

Un ensemble de particules floculées est un équilibre souvent fragile. Si l'on souhaite réaliser une filtration consécutivement à la décantation, il faudra limiter au maximum le cisaillement dans l'eau de façon à conserver les flocs intacts. On évitera par exemple l'emploi d'une pompe centrifuge dans ce cas. Etant donné que la filtration est faite sous pression, il n'y a pas d'autres alternatives et les ouvrages, conçus comme tels, doivent fonctionner ainsi.

Le pompage de l'eau décantée est fait de façon discontinue. Après chaque séquence, la bâche d'eau décantée est vidée de son contenu jusqu'au niveau le plus bas qui commande le redémarrage du pompe eau décantée. L'eau décantée à la sortie des goulottes subit alors une **chute de plus d'un mètre** qui crée ainsi une grande agitation de celle-ci (tourbillon) au fond du bac. Cela sans doute peut rompre l'équilibre souvent fragile des particules floculées et les déstabiliser.

Il serait possible de réduire ces frottements en introduisant dans le décanteur, en dessous des goulottes des plaques ou des conduites qui puissent immédiatement recueillir l'eau décantée en provenance des goulottes et la conduire jusqu'au fond du bac sans qu'il n'y trop d'agitation.

CHAPITRE 5 : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Conclusions

Bien que sommaire, notre étude a pu mettre en exergue au niveau des SCP (Opalium surtout) un certain nombre d'insuffisances et de dysfonctionnements connus des agents d'exploitation. Les observations et analyses qu'on a faites ne sont pas limitées en nombre ; certes il en existe d'autres. Les conditions de captage, d'évacuation des eaux usées, d'injection de réactifs sont autant de facteurs qu'on pourra bien améliorer. La consommation de réactifs et la consommation d'énergie augmentent toutes deux en période hivernale.
Un ouvrage de prise mieux adapté à notre contexte pourra améliorer les fortes turbidités de l'eau brute en période hivernale et améliorer ainsi le traitement. Les propositions faites antérieurement dans le rapport comme mesures correctives doivent nécessairement faire l'objet d'une étude plus approfondie. Si on tient compte de toutes les propositions faites à tous les niveaux : exploitants (agents de quart, chimistes, …), chargés d'études etc., on pourra bien optimiser la production au niveau des stations compactes de potabilisation.

Recommandations et Perspectives

Les stations sont au aussi efficaces comme les autres, conviennent mieux dans les situations de mesure d'urgence. C'est une technique d'avenir
Des études plus approfondies doivent être menées pour mieux les maitriser.
On peut ainsi finir en retenant que :

- Les stations compactes sont au aussi performantes comme les classique, mais elles conviennent mieux aux situations d'urgence. Il est impératif de mener des préliminaires pour éviter certains, notamment au niveau du captage et de la topographie
- C'est une technique d'avenir qu'on peut envisager pour certaines villes, comme la ville de Kayes à l'extrême nord-ouest du Mali.
- Des études plus approfondies doivent être menées pour encore mieux cerner les autres difficultés liées aux stations compactes déjà en exploitation

BIBLIOGRAPHIE

- Notice d'exploitation des stations compactes de Bamako (Opalium)
- Notice d'entretien des stations compactes de Bamako (Opalium)
- Hydraulique unidimensionnelle. Partie1(ENGEES) ; Pierre Pernes
- Catalogue de pompe. EIER, J. DJOUKAM
- Cours de traitement des eaux de consommation. EIER, GUILLERET. JRF
- Traitement de production d'eau de consommation. EIER-ETSHER, B. OUEDRAOGO
- Cours d'Hydraulique générale. 2iE. M. DEME
- Cours d'Hydraulique générale. 2iE. A.L. MAR
- Cours d'Hydraulique générale. ETSHER. K. KOUAME
- Formulaire d'Hydraulique générale. EIER,
- Mémento technique de l'eau, Degremont
- Cwtu aquabloc r550. Swiss water power-sa
- Cours d'approvisionnement en eau potable. EIER, D. ZOUNGRANA. 2003
- http://www.gls.fr/pdf/Article6.pdf: Le sable de filtration
- http://pravarini.free.fr/Decantation.htm: La décantation, VEOLIA EAU (OTV-VWST)
- http://www.gls.fr/pdf/Article9.pdf: FILTRE A SABLE, OPTIMISATION DE LEUR PERFORMANCE, L'Eau, l'INDUSTRIE, les NUISANCES (Bulletin n° 283)
- http://www.fndae.fr/archive/PDF/fndae11-c.pdf : Filtration
- http://step.ipgp.fr/images/0/0d/COAGULATION_FLOCULATION.pdf
  Traitement de potabilisation des eaux de surface coagulation/floculation séparation

LISTE DE PERSONNES RENCONTREES

N°	Prénoms	Noms	Fonction	Structures
01	Ibrahim	GUINDO	Chef Ser. Etudes	EDM-SA
02	Sékou	DIAKITE	Cartographe	EDM-SA
03	Mamadou	DEMBELE	Chef ser. Labo	EDM-SA
04	Bandia	SISSOKO	Chef. Div. HU	DNH
05	Mahamadou	SATAO	Dir. Travaux	Hydro-sahel
06	Abdoulaye	KOÏTA	Chef de projet	Hydro-sahel

ANNEXES

SOMMAIRE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN DECANTEUR LAMELLAIRE DE SCP 51

ANNEXE 2 : SCHEMA D'UN DECANTEUR OPALIUM BAMAKO 52

ANNEXE 3 : SCHEMA D'UN DECANTEUR SWP BAMAKO 53

ANNEXE 4 : UNE UNITE DE TRAITEMENT OPALIUM DE 100M3/H 54

ANNEXE 5 : LES SKIDS D'UNE UNITE DE TRAITEMENT OPALIUM 55

ANNEXE 6 : UNITE DE TRAITEMENT OPALIUM DE 50m^3/h (EN INSTALLATION) 56

ANNEXE 7 : CADRE LOGIQUE 57

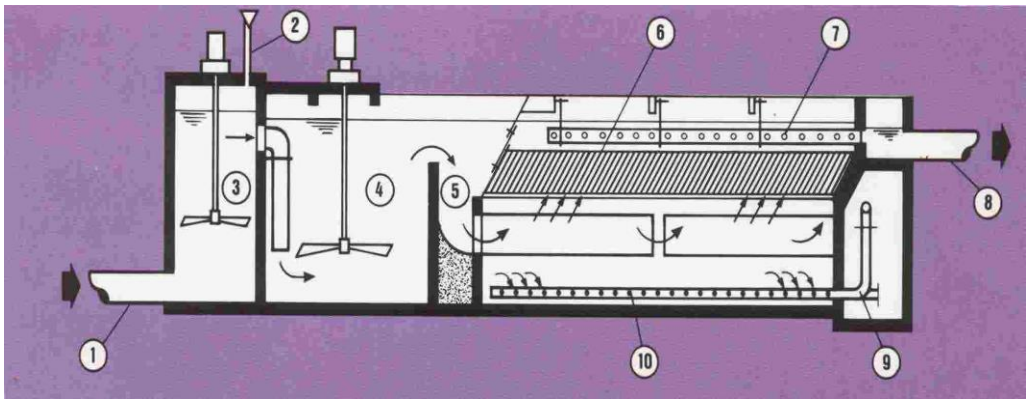
ANNEXE 8 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF- OPTION TECHNIQUE A 58

ANNEXE 9 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF- OPTION TECHNIQUE A 60

ANNEXE 10 : AUTRES TYPES DE CAPTAGE SIMPLES POUR PETITES STATIONS COMPACTES 62

ANNEXE 1 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN DECANTEUR LAMELLAIRE DE SCP

Un skid de décantation

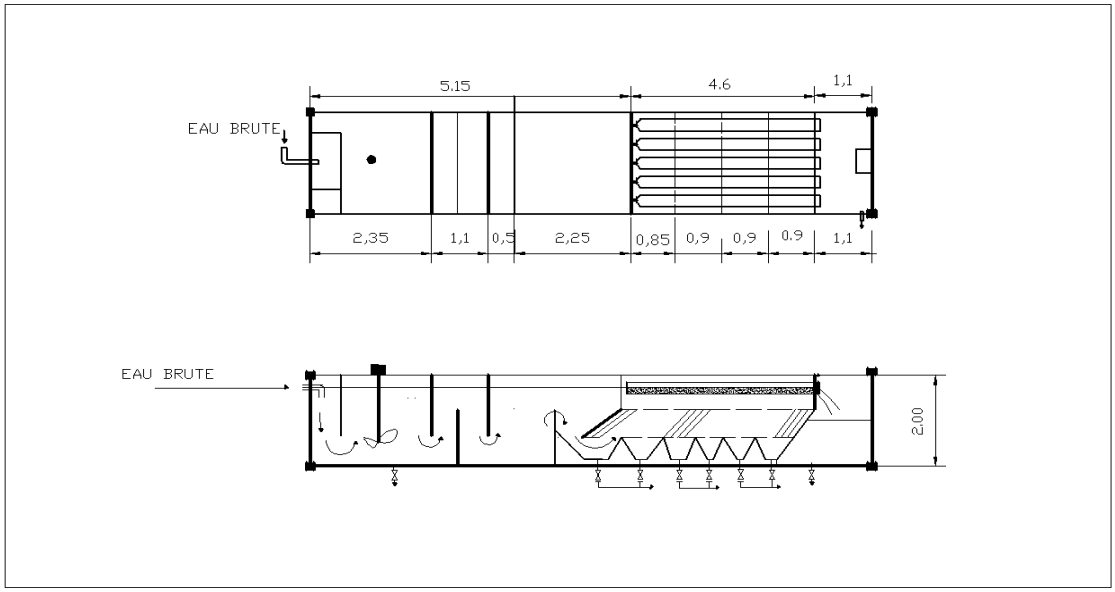


Source : Documentation Degremont.

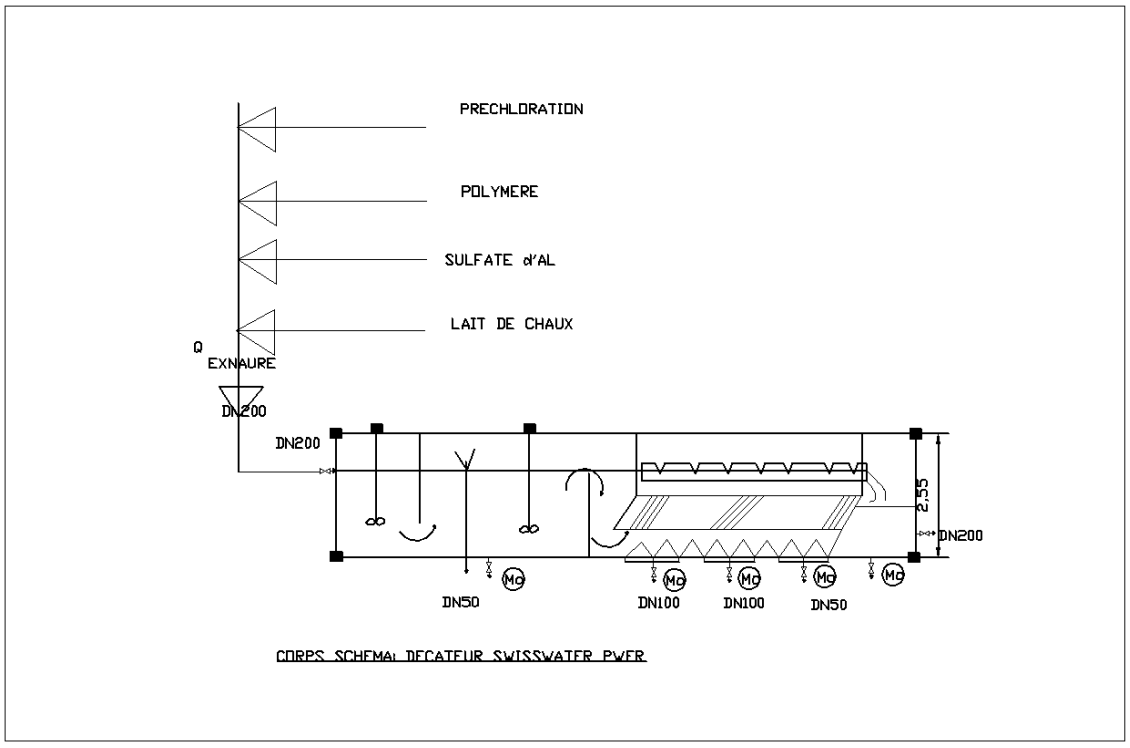
Avec,

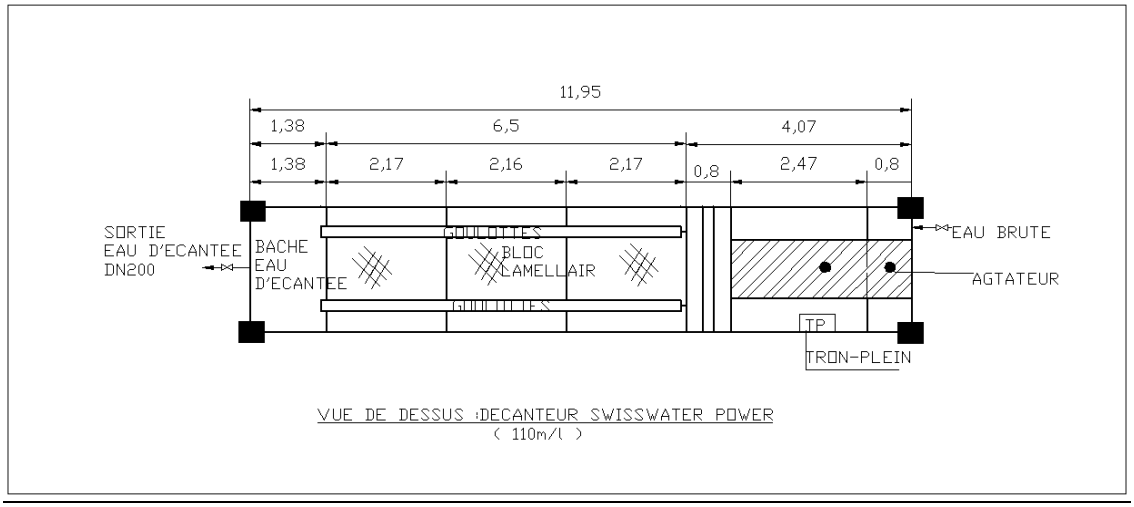
1 - Arrivée d'eau à décanter	**6** - Modules lamellaires
2 - Injection des réactifs	**7** - Tubes de reprise d'eau décantée
3 - Zone de mélange rapide	**8** - Sortie d'eau décantée
4 - Zone de coagulation/floculation	**9** - Système de reprise des boues
5 - Admission en décantation	**10**- Évacuation des boues

ANNEXE 2 : SCHEMA D'UN DECANTEUR OPALIUM BAMAKO

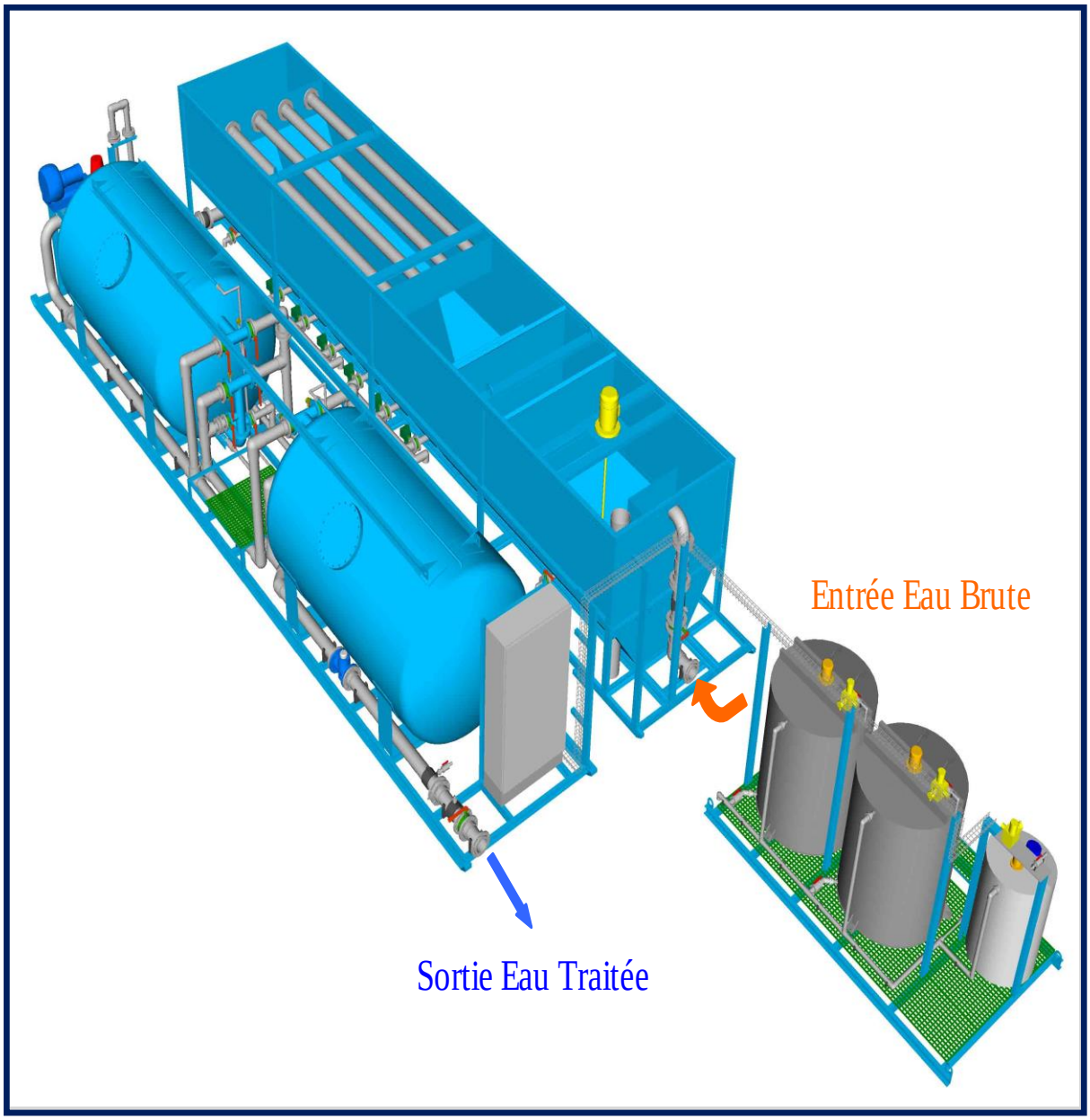


ANNEXE 3 : SCHEMA D'UN DECANTEUR SWP BAMAKO



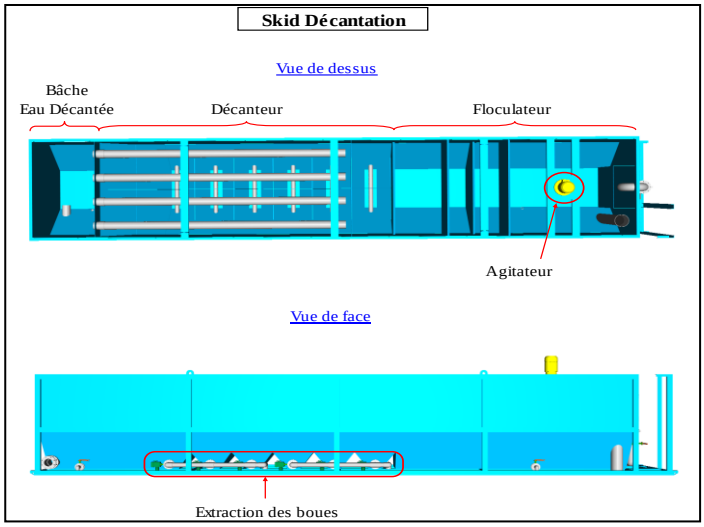


ANNEXE 4 : UNE UNITE DE TRAITEMENT OPALIUM DE 100M3/H

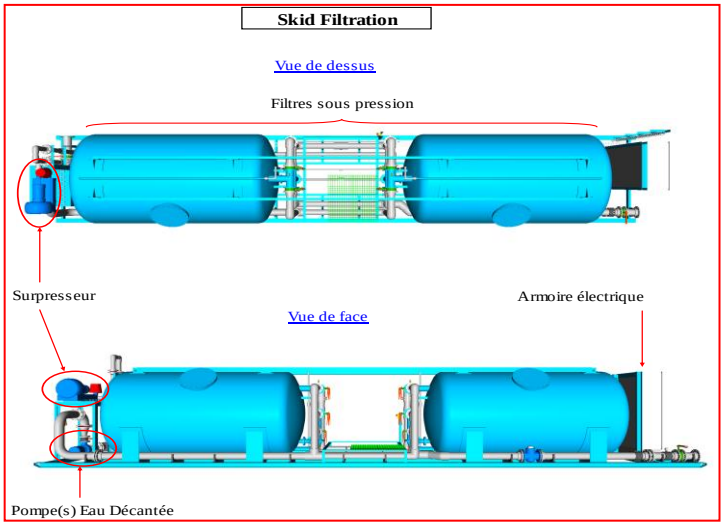


ANNEXE 5 : LES SKIDS D'UNE UNITE DE TRAITEMENT OPALIUM

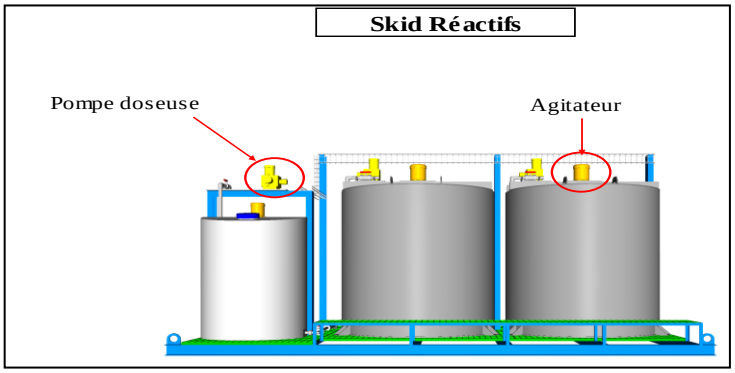
DECANTEUR OPALIUM : (Vues de dessus et de profil)



DEUX FILTRES EN PARALLELE OPALIUM : (Vues de dessus et de profil)



BAC DE REACTIFS : Sulfate d'alumine, Chaux éteinte et Hypochlorite de Calcium



ANNEXE 6 : UNITE DE TRAITEMENT OPALIUM DE 50M^3/H (EN INSTALLATION)

ANNEXE 7 : CADRE LOGIQUE

Objectifs spécifiques	Activités	Méthodes	Outils	Résultats attendus
Objectifs spécifique1 : Etudier et diagnostiquer les installations de captage et de traitement d'eau des SCP	1. Description du milieu physique et des conditions de captage, de traitement et de refoulement. 2. Description des ouvrages et équipements d'exhaure et de traitement 3. Examen et analyse du fonctionnement des SCP dans leur ensemble en mettant en évidence le/ou les dysfonctionnements	# Recherche et analyse des documents d'exploitation disponible sur les SCP (EDM, Internet) # Analyse des dossiers d'études existantes (EDM, DNH) # Consultation de bibliographies spécialisées # Approche par entretien (enquêtes)	* Outil informatique Données d'exploitation disponibles * Données d'analyses physico-chimiques des eaux * Synthèse des notes d'entretien * Notes d'observations * Notices d'entretien des installations	**Un mémoire explicatif du fonctionnement actuel des stations compactes : faiblesses et performances**
Objectifs spécifique2 : Vérifier les capacités et les performances des installations de captage et de traitement d'eau des SCP	1. Justification des caractéristiques des pompes d'exhaure. 2. Justification des caractéristiques des pompes d'eau décantée. 3. Justification des capacités des filtres sous pression. 4. Justification des capacités des bâches de stockage. 5. Justification des caractéristiques des pompes de refoulement. 6. Justification de l'anti- bélier (les stations II)	# Recherche et analyse des documents d'exploitation disponibles sur les SCP (EDM, Internet) # Analyse des dossiers d'études existantes (EDM, DNH) # Consultation de bibliographies spécialisées * Approche par entretien (enquêtes)	* Outil informatique * Données de conceptions (caractéristiques nominales) * Données d'exploitation disponibles * Données d'analyses physico-chimiques des eaux.	**Eléments indicateurs de performance et de rendement des ouvrages et équipements de traitement**
Objectifs spécifique3 : Proposer pour les stations existantes des solutions et/ou des options techniques en vue d'accroître le rendement hydraulique des SCP et faire des recommandations pour les futures stations	1. Etudes d'optimisation du traitement. 2. Calage des pompes de reprise de l'eau décantée 3. Conception d'ouvrage de prise mieux adapté au contexte 4. Elaboration d'un plan d'installation de l'ensemble des ouvrages et équipements. 5. Elaboration d'un plan de raccordement hydraulique et électrique. 6. Elaboration d'une procédure d'exploitation	# Mesures et relèves (longueurs, débits, pressions,…) # Calculs de ratio de rendement des ouvrages de traitement # Exécution de dessins d'ouvrages # Réalisation de plans (plans de masse, plans de situation, schéma synoptique,…) # Calculs/vérifications	* Outil informatique * Données d'exploitation disponibles * Données d'analyses physico-chimiques des eaux * Synthèse des notes d'entretien * Données bathymétriques	**Des solutions techniques appropriées pour améliorer le rendement hydraulique - Plans et schémas techniques des options recommandées**
Objectifs spécifique4 : Evaluer/estimer le coût de réalisation des différentes solutions/options proposées	1. Dégager les volumes de matériaux à mettre en œuvre 2. Estimer les linéaires 3. Estimer la quantité du matériel et des équipements à installer	# Devis quantitatif et estimatif # Simulations de prix sur le marché	* Outils informatiques * Bordereau de prix unitaires * Recueil de prix sur le marché	**Coût de réalisation des différentes solutions et/ou options techniques proposées**

ANNEXE 8 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF - OPTION TECHNIQUE A

Pompe de surface

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire (Fourniture & Pose)	Montant en F CFA
	Terrassement				
	Mise en œuvre du sable	m3	10	6500	65000
	Tranchée exécutée à la main en terrain semi-rocheux pour canalisation d'amenée	m3	18	10380	186840
	Tranchée exécutée à la main en terrain semi-rocheux pour puits d'exhaure	m3	290,7	15960	4639572
	Génie civil				
	Béton de propreté	m2	90,24	4560	411494
	Béton armé pour réalisation du puits de captage	m3	73,562	182622	13434040
	Couche de 20cm pierre pour protection de talus	m2	120	10020	1202400
	Construction d'un local pour la cabine de pompage.	f	1	1200000	1200000
	Garde-corps acier galvanisé H1000mm	ml	15,8	4500	71100
	Pompes et équipements accessoires				
	Fourniture et pose de l'électropompe de surface (y compris équipement)	f	6	8500000	51000000
	Fourniture et pose d'une armoire de commande (y compris les accessoires)	f	2	12000000	24000000
	Crépines	U	6	235000	1410000
	Clapet anti-retour DN150	U	6	79610	477660
	Canalisation				
	Fourniture et pose canalisation en Fonte DN400	ml	20	155000	778800
	Fourniture et pose canalisation en Fonte DN300	ml	80	49000	1440000
	Fourniture et pose PCV DE315 PN16	ml	80	38940	3115200
	Fourniture et pose PVC DE250 PN16	ml	120	18000	2160000
	Accessoires				
	Robinet vannes à bride et volant DN400	U	2	235000	470000
	Vannes à opercule caoutchouc DN300	U	2	390000	780000
	Vannes à opercule caoutchouc DN200	U	2	260000	520000
	Vannes papillon d'isolement manuelle DN100	U	3	125000	375000
	Vannes papillon d'isolement manuelle DN150	U	3	141250	423750
	Té égal avec 3 Brides en fonte DN 300	U	1	250000	250000
	Té réduit avec 3 Brides en fonte DN 250/200	U	1	150000	150000

	Té égal avec 3 Brides en fonte DN 400	U	1	325000	325000
	Adaptateur de Brides en fonte DN300/300	U	5	285000	1425000
	Adaptateur de Brides en fonte250/200	U	5	135000	675000
	Coude à 90° Fonte DN400	U	1	192300	192300
	Coude à 90° Fonte DN300	U	1	161050	161050
	Coude à 90° Fonte pour PVC DE250	U	1	151000	151000
	Débitmètre électromagnétique DN300	U	1	831 474	831474
	Débitmètre électromagnétique DN200	U	1	554 400	554400
	Bac flottant et accessoires	U	1	1 500 000	1500000
	Grillage avertisseur bleu	ml	300	500	150000
	MONTANT TOTAL HT/HD				**114526080**
	MONTANT TVA (18%)				**20614694**
	Total TTC en FCFA				**135 140 774**

Arrêté le présent devis à la somme de : Cent trente cinq million cent quarante mille sept cent soixante quatorze francs CFA

ANNEXE 9 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF - OPTION TECHNIQUE A

Pompe de immergée

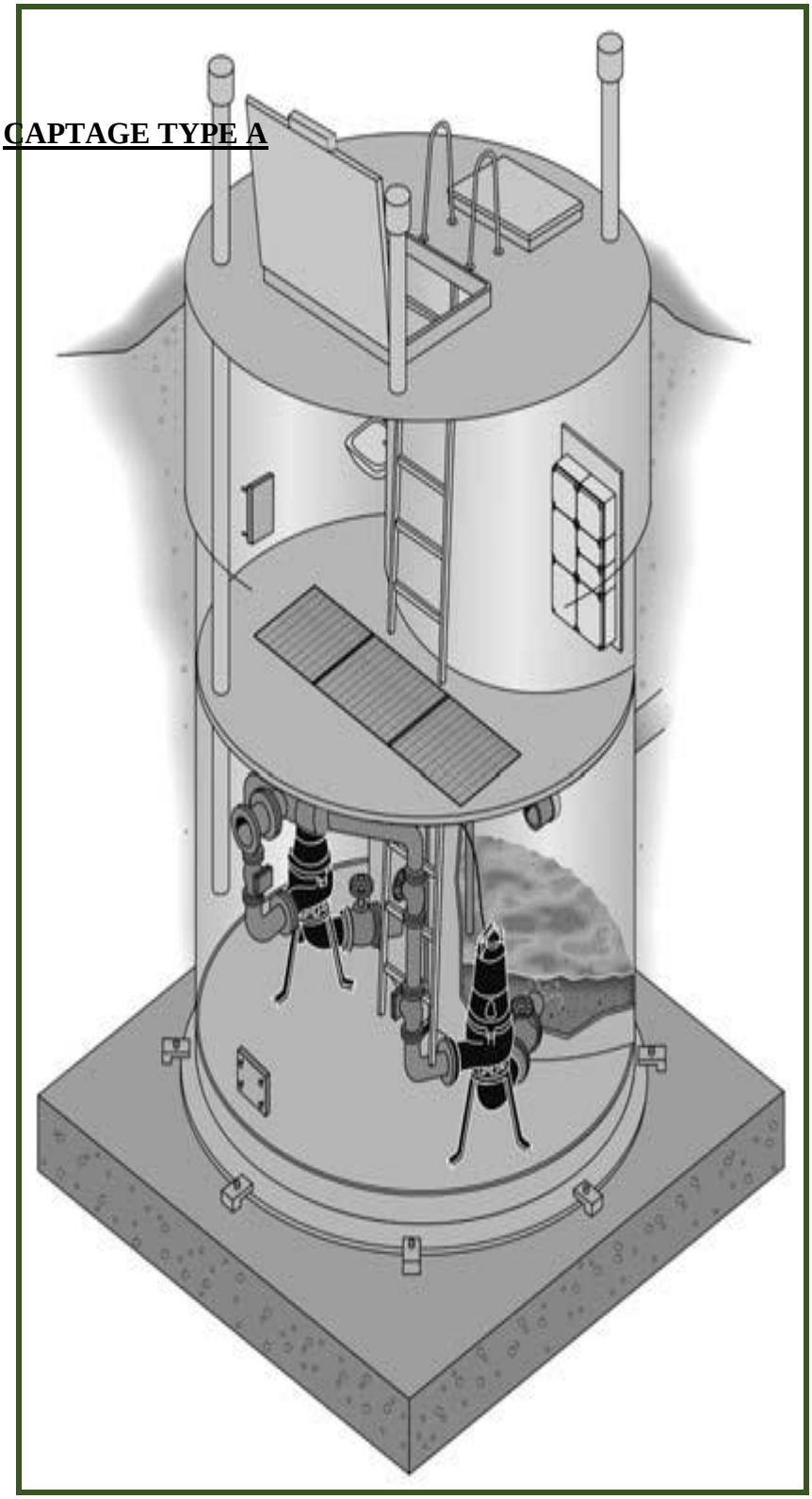
N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire (Fourniture & Pose)	Montant en F CFA
	Terrassement				
	Mise en œuvre du sable	m3	10	6500	65000
	Tranchée exécutée à la main en terrain semi-rocheux pour canalisation d'amenée	m3	20	10380	207600
	Tranchée exécutée à la main en terrain semi-rocheux pour puits d'exhaure	m3	413	15960	6591480
	Génie civil				
	Béton de propreté	m2	82,56	4560	376474
	Béton armé pour réalisation du puits de captage	m3	82,62	182622	15088230
	Couche de 20cm pierre pour protection de talus	m2	120	10020	1202400
	Construction d'un local pour la cabine de pompage.	f	1	1200000	1200000
	Garde-corps acier galvanisé H1000mm	ml	15,8	4500	71100
	Pompes et équipements accessoires				
	Fourniture et pose de l'électropompe immergée (y compris équipement)	f	6	8500000	51000000
	Fourniture et pose d'une armoire de commande (y compris les accessoires)	f	2	12000000	24000000
	Crépines	U	6	235000	1410000
	Clapet anti-retour DN150	U	6	79610	477660
	Canalisation				
	Fourniture et pose canalisation en Fonte DN400	ml	20	56500	510000
	Fourniture et pose canalisation en Fonte DN300	ml	80	49000	844800
	Fourniture et pose PCV DE315 PN16	ml	80	25500	2040000
	Fourniture et pose PVC DE250 PN16	ml	300	10560	3168000
	Accessoires				
	Robinet vannes à bride et volant DN400	U	2	235000	470000
		U	2	195000	390000
		U	1	520000	520000
	Vannes à opercule caoutchouc DN300	U	2	390000	780000
	Vannes à opercule caoutchouc DN200	U	2	260000	520000
		U	1	180000	180000
	Vannes papillon d'isolement manuelle DN100	U	3	125000	375000

	Vannes papillon d'isolement manuelle DN150	U	3	141250	423750
	Té égal avec 3 Brides en fonte DN 300	U	1	250000	250000
	Té réduit avec 3 Brides en fonte DN 250/200	U	1	150000	150000
	Té égal avec 3 Brides en fonte DN 400	U	1	325000	325000
	Adaptateur de Brides en fonte DN300/300	U	5	285000	1425000
	Adaptateur de Brides en fonte250/200	U	5	135000	675000
	Coude à 90° Fonte DN400	U	1	192300	192300
	Coude à 90° Fonte DN300	U	1	161050	161050
	Coude à 90° Fonte pour PVC DE250	U	1	151000	151000
	Débitmètre électromagnétique DN300	U	1	831 474	831474
	Débitmètre électromagnétique DN200	U	1	554 400	554400
	Bac flottant et accessoires	U	1	1 500 000	1500000
	Grillage avertisseur bleu	ml	300	500	150000
	MONTANT TOTAL HT/HD				**118276717**
	MONTANT TVA (18%)				**21289809**
	Total TTC en FCFA				**139 566 526**

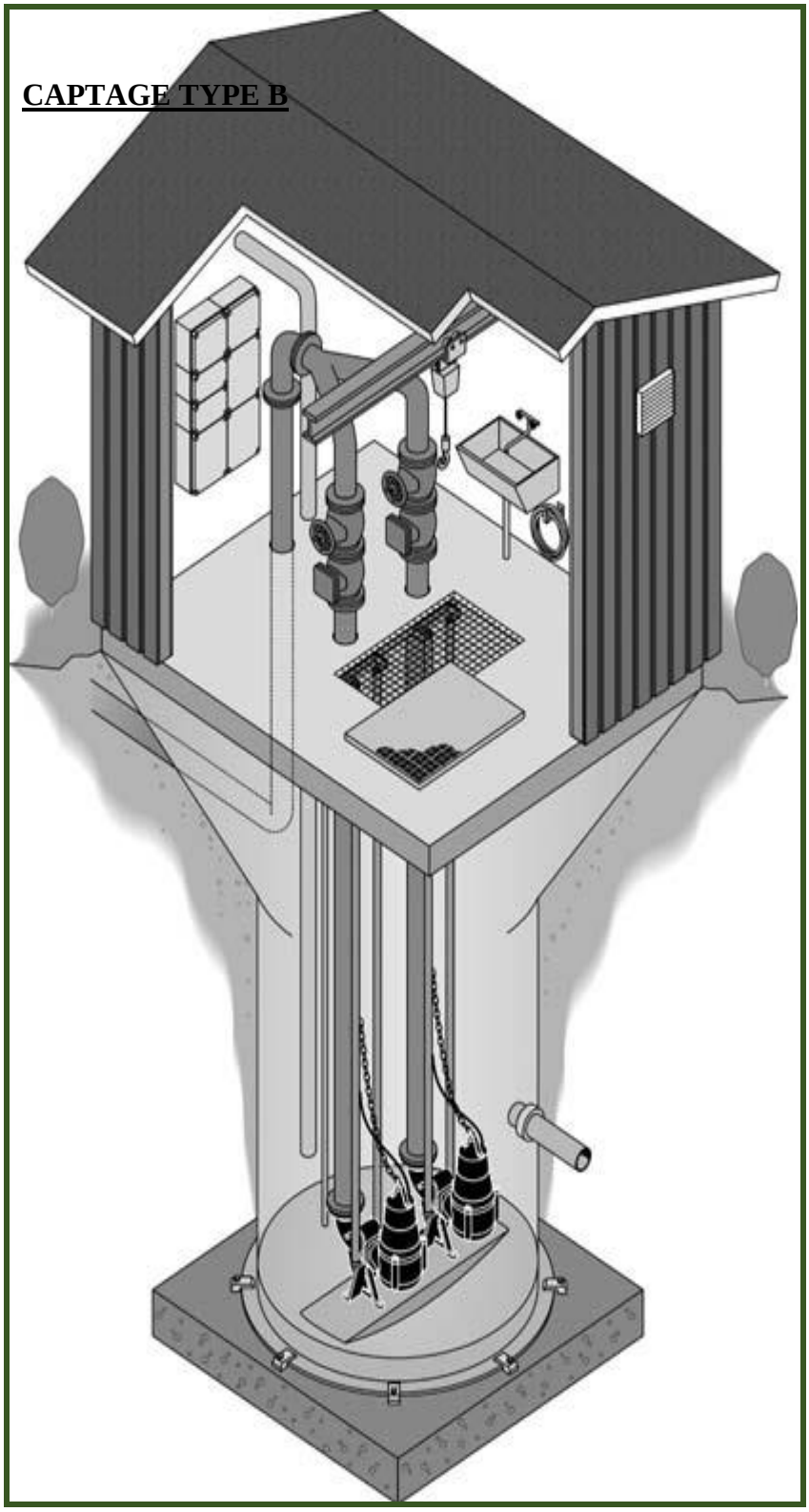
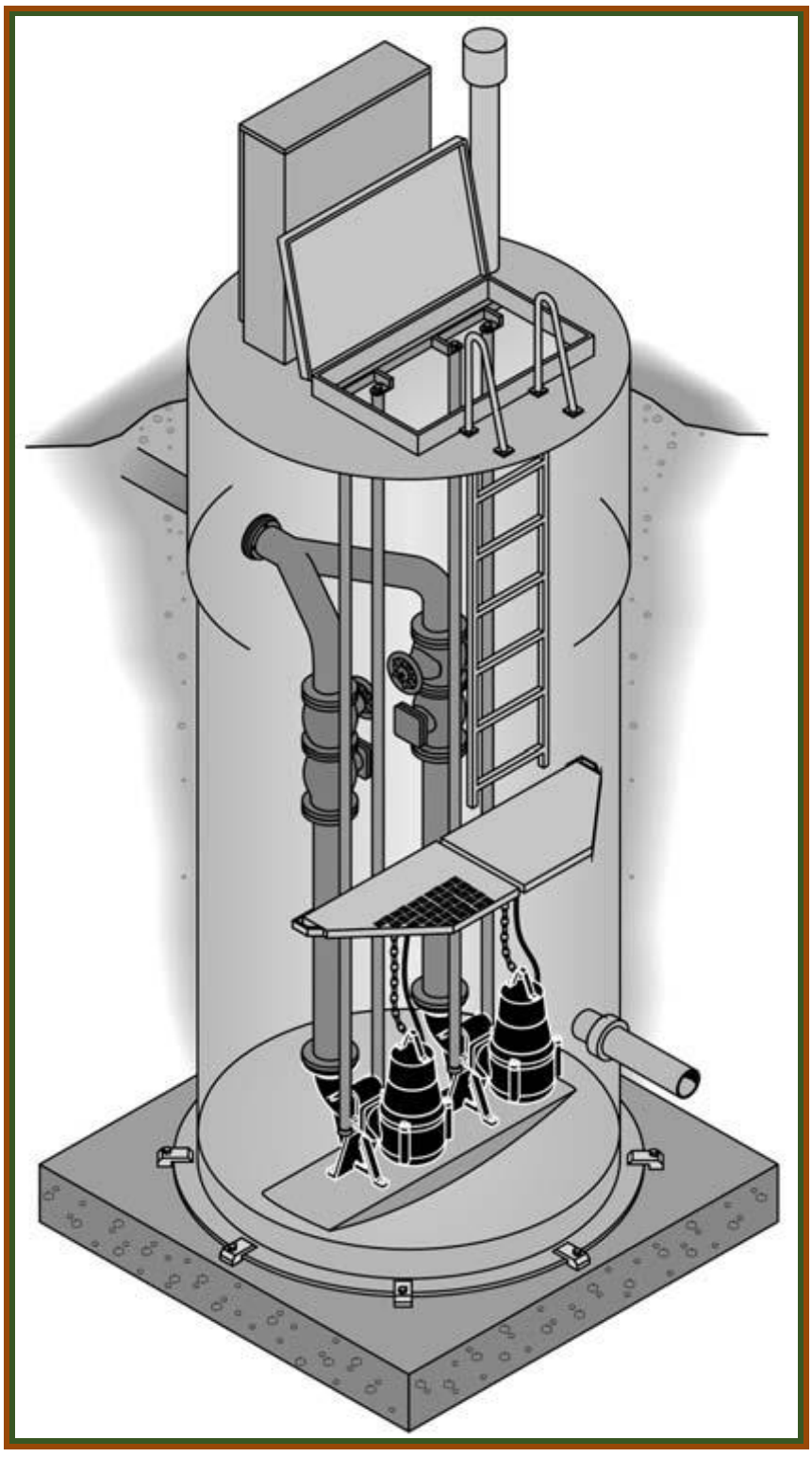
Arrêté le présent devis à la somme de : Cent trente neuf million cinq cent soixante six mille cinq cent vingt six francs CFA

ANNEXE 10 : AUTRES TYPES DE CAPTAGE SIMPLES POUR PETITES STATIONS COMPACTES

CAPTAGE TYPE A



CAPTAGE TYPE B



CAPTAGE TYPE C