



# CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE EN ZONE RURALE : CAS DE BOUNO ET SES VILLAGES POLARISES DANS LA REGION DE SEDHIOU AU SENEGAL

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE  
**MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**  
OPTION : EAU ET ASSAINISSEMENT

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 17 Janvier 2019 par :

**Rebecca Nazanbamba SAWADOGO (20150103)**

*Version définitive*

**Encadrant 2iE : M. Moussa OUEDRAOGO, Enseignant à 2iE**

**Maître de stage : M. Victor SONDO, Directeur de projets SADE Sénégal**

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr. Lawani MOUNIROU

Membres et correcteurs : M. Moussa OUEDRAOGO

M. Roland YONABA

**Promotion [2017/2018]**

## DEDICACES

---

Je dédie ce travail à :

 **Mes parents** : merci à vous pour tous les efforts que vous consentez afin de me voir réussir. Vous n'avez jamais cessé de m'encourager et de me soutenir en toute situation et dans les choix que j'ai faits. Puisse Dieu vous bénir en abondance et vous garder dans le creux de sa main ;

 **Mes frères et sœurs** : merci de votre disponibilité à chaque instant et d'être toujours prêt à me pousser et à m'encourager lorsque je doute parfois. Que le Seigneur vous bénisse pour tout ce que vous faites et qu'il vous garde et vous assiste dans toutes vos entreprises.

## **REMERCIEMENTS**

---

Pour la formation de qualité que j'ai reçue durant les 3 années passées au sein de l'institution, j'adresse mes remerciements aux personnes suivantes :

- Professeur **Mady KOANDA**, Directeur Général de 2iE ;
- Professeur **Mahamadou KOITA**, Directeur des Enseignements et des Affaires Académiques ;
- Docteur **Harinaivo Anderson ANDRIANISA**, Chef du département Eau et Assainissement ;
- L'ensemble du corps professoral et en particulier Monsieur **Moussa OUEDRAOGO**, mon encadreur, pour sa disponibilité et ses remarques pertinentes qui m'ont permis d'aboutir à ce résultat.

Je tiens également à remercier et à adresser ma gratitude aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante que j'ai eu la chance de vivre durant ce stage au sein de la SADE Sénégal :

- Monsieur **Paul LAYOUSSE** Directeur Général de SADE Sénégal, pour cette opportunité de stage qu'il m'a accordé ;
- Monsieur **Victor SONDO**, mon maître de stage pour son encadrement, ses conseils et sa disponibilité malgré son planning chargé ;
- Mlle **Rouguiyatou Ly**, Mlle **Charlotte GOMIS**, M. **Youssef SEYDI**, M. **Fayçal OLOUBONI**, conducteurs de travaux, ainsi que M. **Paul DITOLA** pour leur accueil et leur encadrement au niveau de la phase terrain ;
- L'ensemble du personnel de la SADE pour l'intégration et l'accueil chaleureux qu'ils ont eu à mon égard et témoignant de la « Téranga » Sénégalaise.

Mes remerciements particuliers à **Assane NDAO**, ingénieur stagiaire pour le partage d'expérience, son assistance, ainsi que sa disponibilité tout le long de mon stage.

Enfin, à toutes les personnes que j'ai eu à côtoyer, qui ont influencé mon parcours et qui m'ont permis d'en arriver là, un grand merci.

## **RESUME**

---

Bouno et ses villages polarisés dans la région de Sédhiou au Sénégal font face à des difficultés d'accès à l'eau potable. En effet, le taux d'accès à l'eau potable de la région est l'un des plus faibles du pays, de l'ordre de 37,2% et les principales sources d'approvisionnement en eau au niveau des villages sont les puits. Dans le souci d'améliorer les conditions d'accès en eau potable des populations, le PEPAM-UE a été mis en place dans plusieurs régions du Sénégal, notamment dans la région de Sédhiou. C'est dans ce cadre que l'étude de conception et de dimensionnement d'un système d'adduction d'eau pour les villages de Bouno et polarisés à l'horizon 2038 s'inscrit. Le système proposé est une AEMV et a été dimensionné selon deux méthodes différenciées par les coefficients employés dans le calcul des besoins en eau. L'étude a été conduite par les méthodes : PEPAM et classique ; dans le but de choisir un système adapté techniquement et économiquement à la zone d'étude. Le système fonctionnera à l'énergie thermique et sera constitué d'un forage, d'une station de déferrisation, d'un château d'eau de 150m<sup>3</sup>, et d'un réseau de distribution de 22 Km alimentant douze (12) villages et desservant 28 bornes fontaines et une station charrette. Le coût estimatif de la mise en œuvre obtenu est respectivement de **346 965 259 FCFA et 368 801 148 FCFA** pour la méthode PEPAM et celle classique.

### **Mots clés :**

---

- 1- AEMV
- 2- Bouno
- 3- Conception et dimensionnement
- 4- PEPAM
- 5- Classique

## **ABSTRACT**

---

Bouno and its polarized villages in Sedhiou region, Senegal, are facing drinking water access difficulties. Indeed, the rate of access to drinking water in the region is one of the lowest in the country, by 37.2% and the main sources of water supply in villages are the wells. In order to improve people's access to drinking water, the PEPAM-UE was set up in several regions of Senegal, particularly in Sedhiou region. It's in this context that the study of design and sizing of a water supply system for Bouno and its polarized villages were carried with respect to 2038 timeline. The proposed system is an AEMV and has been sized according to two methods differentiated by the peak coefficients used in the computation of the water needs. The study was conducted by two methods: PEPAM and classical; in order to choose a technically and economically adapted system for the study area. The system will operate on thermal energy and will be composed of drilling, a de-ironing station, a 150m<sup>3</sup> water tower, and a 22 km distribution network supplying twelve (12) villages and serving 28 street fountains and a cart station. The estimated cost of project working out is respectively **341 065 259 FCFA et 370 501 528 FCFA** for PEPAM method and the classical one.

### **Key words**

---

- 1- AEMV
- 2- Bouno
- 3- Design and sizing
- 4- PEPAM
- 5- Classical

## **LISTE DES ABBREVIATIONS**

---

<b>AEP</b>	Adduction d'Eau Potable
<b>ANSD</b>	Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
<b>BF</b>	Borne Fontaine
<b>HMT</b>	Hauteur Manométrique Totale
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>ONG</b>	Organisation Non Gouvernementale
<b>PEPAM</b>	Programme d'Eau Potable et d'Assainissement du Millénaire
<b>PUDC</b>	Programme d'Urgence de Développement Communautaire
<b>SADE</b>	Société Auxiliaire des Distributions d'Eau
<b>SONES</b>	Société Nationale des Eaux du Sénégal
<b>UE</b>	Union Européenne
<b>UNICEF</b>	Fonds des Nations Unies pour l'Enfance

## **TABLE DES MATIERES**

---

DEDICACES .....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT .....	iv
LISTE DES ABBREVIATIONS .....	v
TABLE DES MATIERES .....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES .....	ix
I. INTRODUCTION.....	1
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE ..	1
II.1 – Présentation de la structure d'accueil .....	1
II.2- Présentation de la zone d'étude .....	3
III. PRESENTATION DU PROJET .....	8
III.1- Contexte .....	8
III.2 - Problématique .....	9
III.3 – Objectifs de l'étude .....	9
IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION .....	11
V.1 - Matériel .....	11
V.2 - Méthodologie .....	11
V. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE .....	22
V.1 - Evaluation des besoins en eau à l'horizon du projet.....	22
V.2 - La ressource disponible.....	25
V.3 - Dimensionnement du réseau de distribution .....	25
V.4 - Dimensionnement du château d'eau .....	31
V.5 - Dimensionnement des conduites d'amenée et de refoulement .....	32
V.6 - Dimensionnement de la station de traitement .....	33

V.7 - Détermination des caractéristiques des groupes électropompes .....	36
V.8 - Choix des groupes électrogènes .....	39
VI. ETUDE FINANCIERE .....	40
VI.1- Estimation financière des travaux .....	40
VI.2 - Détermination du prix de l'eau .....	40
VII. DISCUSSION .....	43
VII.1 - Comparaison des méthodes .....	43
VII.2 - Mode de gestion et d'entretien .....	44
VIII. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	46
VIII.1- Conclusion .....	46
VIII.2- Recommandations et perspectives .....	47
BIBLIOGRAPHIE .....	48
ANNEXES .....	I

## LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau I: Villages bénéficiaires du projet</i> .....	5
<i>Tableau II: Inventaire des points d'eau existants</i> .....	7
<i>Tableau III: Population par village en 2012</i> .....	7
Tableau IV: Différentes phases du projet .....	12
Tableau V: Caractéristiques du forage de Bouno .....	12
Tableau VI: Typologie des réseaux d'adduction .....	13
Tableau VII: Evaluation des besoins et débits d'installations .....	16
<i>Tableau VIII: Evolution démographique aux différentes phases du projet</i> .....	23
<i>Tableau IX: Evaluation des besoins</i> .....	24
Tableau X: Paramètres de production du système .....	25
Tableau XI: Répartition des bornes fontaine par ville .....	26
Tableau XII: Paramètres de dimensionnement des conduites .....	27
Tableau XIII: Réseau de distribution et calage du radier du château (méthode PEPAM) .....	28
<i>Tableau XIV: Réseau de distribution et calage du radier du château (méthode classique)</i> .....	29
Tableau XV: linéaires nécessaires selon la méthode .....	30
Tableau XVI: Caractéristiques du château selon la méthode de calcul .....	32
Tableau XVII: Dimensionnement de la conduite de refoulement selon la méthode .....	32
Tableau XVIII: Dimensionnement de la conduite d'amenée selon la méthode .....	33
Tableau XIX: Caractéristiques de la bache de stockage selon la méthode .....	35
Tableau XX: Caractéristiques retenues pour la bache .....	35
Tableau XXI: Hauteur manométrique totale de la pompe d'amenée .....	36
Tableau XXII: Hauteur manométrique totale de la pompe de refoulement .....	37
Tableau XXIII: Caractéristiques des pompes selon la méthode .....	38
Tableau XXIV: Vérification du coup de bélier .....	38
Tableau XXV: Choix du groupe électrogène .....	39
Tableau XXVI: Amortissement des équipements (PEPAM) .....	41
Tableau XXVII: Amortissement des équipements (Classique) .....	41

## **LISTE DES FIGURES**

---

Figure 1: Organigramme de la SADE Sénégal S.A .....	3
Figure 2: Localisation de Bouno et ses dix villages polarisés.....	4
Figure 3: Localisation de Bouno .....	5
Figure 4: Tracé du réseau de distribution de Bouno et ses villages polarisés .....	25
Figure 5: Caractéristiques moteur de la pompe d'amenée .....	IX
Figure 6: Caractéristiques moteur de la pompe de refoulement.....	IX
Figure 7: Caractéristiques moteur de la pompe d'amenée .....	XI
Figure 8: Caractéristiques moteur de la pompe de refoulement.....	XI

## **LISTE DES GRAPHES**

---

Graphe 1: point de fonctionnement pompe d'amenée .....	VIII
Graphe 2: point de fonctionnement pompe de refoulement .....	VIII
Graphe 3: Point de fonctionnement pompe d'amenée .....	X
Graphe 4: Point de fonctionnement pompe de refoulement.....	XX

## **I. INTRODUCTION**

---

L'eau, à tout point de vue est indispensable à la survie de tout être vivant animal ou végétal. Elle constitue un facteur majeur de développement socio-économique et contribue dans une certaine mesure à la réduction de la pauvreté. Cependant se pose le problème de son accès en quantité et en qualité suffisante par toutes les populations. Un rapport de 2017 publié par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et le Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF) atteste que 2.1 milliards de personnes, soit 30% de la population mondiale, n'ont pas accès à l'eau potable, en particulier dans les zones rurales. Une conséquence de cet accès insuffisant est l'émergence de maladies hydriques telles que le choléra, la diarrhée et la typhoïde qui causent chaque année des millions de morts dont la majorité sont des enfants. Selon cette même étude, les pays d'Afrique Subsaharienne dont le Sénégal fait partie, sont les plus touchés.

Au Sénégal, le taux d'accès à l'eau potable a considérablement été amélioré ces dernières années (87.2% selon les statistiques) permettant une atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) dans ce sous-secteur.

Pour y arriver, divers programmes et projets ont été mis en place à l'instar du Programme d'Eau Potable et d'Assainissement de Millénaire (PEPAM), de ses sous programmes et du Programme d'Urgence de Développement Communautaire (PUDC). Néanmoins, ce taux global cache d'importantes disparités sur le territoire national.

## **II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE**

---

### **II.1 – Présentation de la structure d'accueil**

La SADE, originellement **Société Auxiliaire des Distributions d'Eau**, a été créée en 1918 par la Compagnie Générale des Eaux dans le cadre de la reconstruction du territoire français pour apporter son concours aux services et entreprises de distribution d'eau.

Le démarrage de son activité internationale se concrétise entre 1970 et 1980, avec le développement des activités en République Centrafricaine, au Burkina Faso, au Niger, au Libéria, en Gambie et au Sénégal.

Créée en 1979, la SADE CGTH Sénégal, est la première succursale de la SADE en Afrique. Elle est actuellement dirigée par Monsieur Paul Rada LAYOUSSE.

L'entreprise travaille avec des collaborateurs nationaux, et est bien intégrée dans le maillage. Ses activités s'articulent autour de deux (2) domaines principaux : l'eau potable et l'assainissement.

Elle fait valoir son expertise dans les activités suivantes :

- La conception des ouvrages ;
- L'évaluation économique des projets
- Le transport de fluide par voie de canalisations de toutes sortes (fonte, acier, béton, PVC...)
- Le gros génie civil (châteaux d'eau, réservoirs, stations de pompes clés en main) ;
- L'électromécanique (équipements de stations de traitement et de pompage)
- Ainsi que l'entretien, la maintenance et le suivi des installations.

La SADE Sénégal fonctionne avec en son sein différents départements que sont :

- La direction générale ;
- La direction d'exploitation ;
- La direction des projets ;
- Le bureau d'études ;
- Le service transit et logistique ;
- Le service comptabilité ;
- et le service achat.

Le fonctionnement de l'entreprise et les relations entre les différents services se fait en suivant l'organigramme ci-dessous :

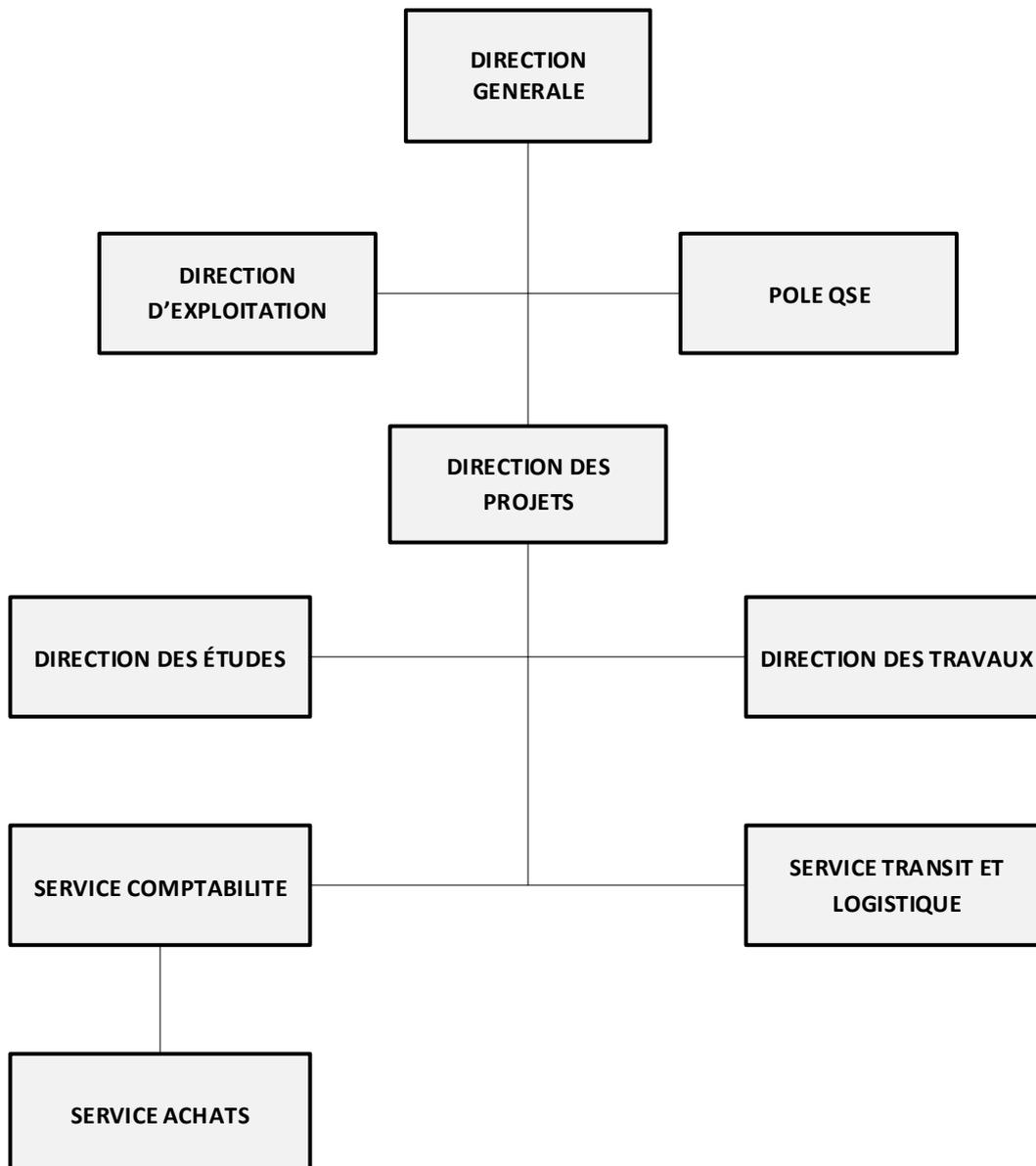


Figure 1: Organigramme de la SADE Sénégal S.A

## II.2- Présentation de la zone d'étude

Créée par la loi 2008-14 du 18 mars 2008 modifiant les articles premier et 2 de la loi n°72-02 du 1er février 1972 relative à l'organisation de l'Administration Territoriale, la nouvelle région de Sédhiou qui était jusqu'ici un département, fait désormais partie des quatorze (14) régions administratives du Sénégal. Elle est située au Sud du pays, plus précisément en Moyenne Casamance et est limitée au Nord, par la République de Gambie ; au Sud, par la République de Guinée Bissau ; à l'Est, par la région de Kolda ; à l'Ouest, enfin, par la région de Ziguinchor. La région compte trois (3) départements que sont : Bounkiling, Goudomp et Sédhiou dont notre zone de projet fait partie.

Le département de Sédhiou se situe au centre de la région de Sédhiou et est limité au Nord par le département de Bounkiling, au Sud par le fleuve Casamance, à l'Est par la région de Kolda et à l'Ouest par le fleuve Soungrougou.

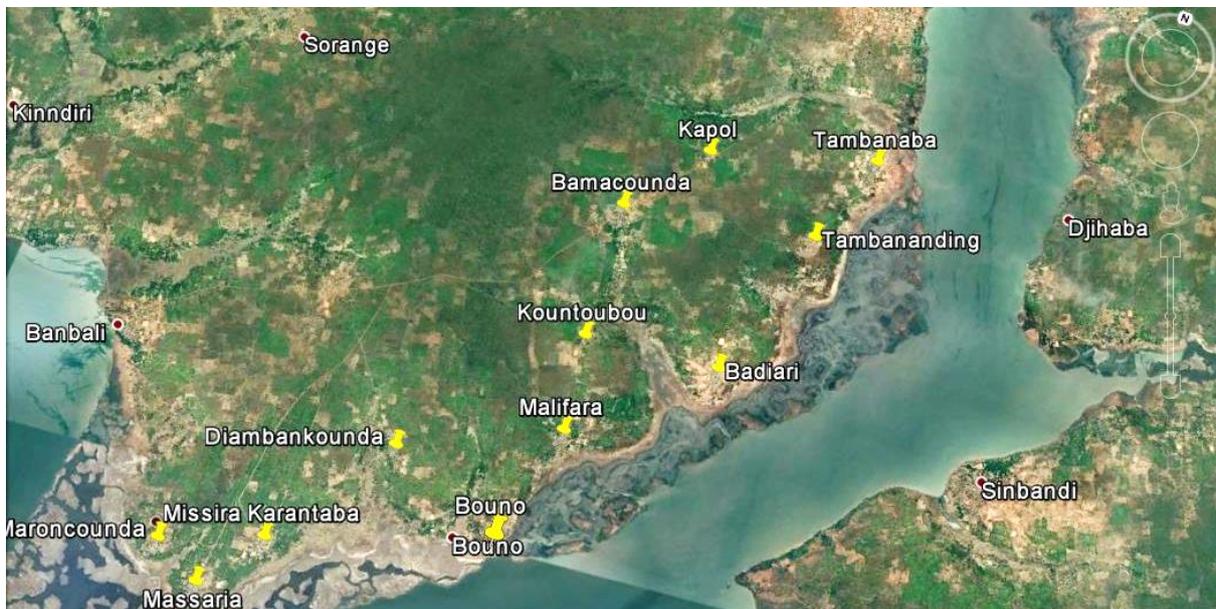
Le village de Bouno et ses villages polarisés faisant partie de ce département, relèvent de la communauté rurale de Bambaly dans la commune de Djirédji.

Les coordonnées géographiques du village centre de Bouno sont les suivantes :

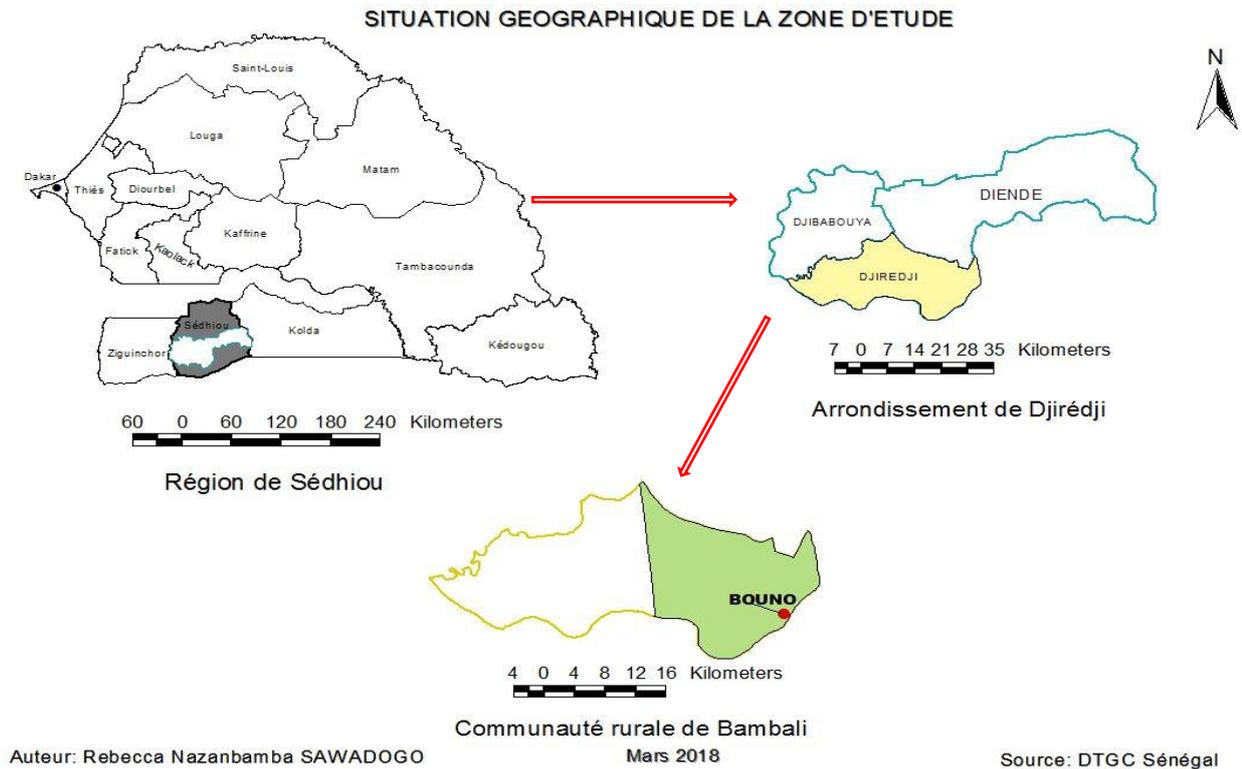
Longitude : 15°35'21.2" O

Latitude : 12°35'32.3" N

**Les figures 2 et 3** ci-dessous localisent notre zone d'étude.



**Figure 2: Localisation de Bouno et ses dix villages polarisés**



**Figure 3: Localisation de Bouno**

Les villages polarisés bénéficiant du projet avec le village de Bouno sont répertoriés dans le **tableau I**.

**Tableau I: Villages bénéficiaires du projet**

Villages	Coordonnées	
	Latitude	Longitude
Bouno	12°35'25,78" N	15°35'19,10" O
Diambacounda	12°35'56,4" N	15°36'29,6" O
Malifara	12°36'38,6" N	15°35'11,1" O
Kountoubou	12°37'35,5" N	15°35'11,4" O
Missirah Karantaba	12°34'41,3" N	15°37'25,3" O
Massaria	12°34'04,2" N	15°37'52,7" O
Badiary	12°37'43,9" N	15°33'49,05" O
Bamacounda	12°38'58,1" N	15°35'17,7" O
Maroncounda	12°34'19,74" N	15°38'23,8" O
Kapol	12°39'47,4"N	15°34'49,4" O
Tambananding	12°39'18,9" N	15°33'21,1" O
Tambanaba	12°40'16,4" N	15°33'0,5"O

## II.2.1 - Caractéristiques du milieu physique

### ❖ Le Climat

Le climat du département de Sédhiou est du type soudano-guinéen caractérisé par l'alternance de deux (2) saisons : une sèche et une pluvieuse

- La saison pluvieuse s'étale de Juin à Octobre avec une moyenne de précipitations de 1000 mm par an pour une température variant de 24°C à 33°C ;
- La saison sèche quant à elle couvre la période de Novembre à Mai avec des températures variant de 24°C à 40°C (IDEV-ic, 2016).

### ❖ Le Relief et les sols

Dans la zone, le relief est caractérisé par une succession de plateaux et de vallées. Les sols y sont de plusieurs types :

- Les sols ferrugineux, tropicaux et/ou ferralitiques également appelés sols « Deck » que l'on retrouve au niveau des plateaux. Ils sont propices aux cultures pluviales telles que les céréales, l'arachide et le coton ;
- Les sols hydromorphes ou sols gris qui se situent au niveau des bas-fonds et des dépressions. Ces sols sont aptes à la riziculture ;
- Les sols hydromorphes à Gley salés issus du contact alluvial fluviomarin et bordant les fleuves Casamance et Soungrougou. Ils sont aptes à la riziculture en hivernage mais sont de plus en plus exposés à l'intrusion de la langue salée qui contribue à la réduction du potentiel exploitable en agriculture.

(IDEV-ic, 2016 ; Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Sédhiou, 2017)

### ❖ Les ressources en eau

Du point de vue hydrographique, les principales ressources du département sont le fleuve Casamance, les mares permanentes et les mares temporaires. Concernant les eaux souterraines, le département de Sédhiou compte :

- La nappe phréatique peu profonde allant de 10 à 25 m ;
- La nappe du Continental Terminal alimentée par les pluies et les cours d'eau, et dont la profondeur se situe à moins de 40 m ;
- La nappe maestrichtienne d'une profondeur allant de 60 à 400 m.

Au niveau de notre zone d'étude les points d'eau usités sont les puits et les forages équipés de pompes à motricité humaine. Le **tableau II** ci-dessous en donne l'état des lieux :

**Tableau II: Inventaire des points d'eau existants**

Villages polarisés	Puits traditionnels		Puits modernes		Profondeur moyenne (m)	PMH	
	F	NF	F	NF		F	NF
Bouno	3	18	4	-	25	1	-
Bamakounda	5	5	4	1	30	1	-
Kountoubou	4	5	-	-	23	-	-
Malifara	6	-	2	-	30	-	-
Badiari	9	-	1	-	18	1	-
Diambankounda	2	6	1	-	15	1	-
Missira Karantaba	6	6	-	-	18	-	1
Massaria	3	18	-	-	17	-	-

Légende : F : Fonctionnel

NF : Non fonctionnel

## II.2.2 - Situation socio-économique

### ❖ Population

Selon l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) le recensement de la population datant de 2012 fait état d'une population résidente de 6882 habitants au niveau de Bouno et de ses villages polarisés (**tableau III**). La population est en majorité masculine dans l'ensemble du département, et il en est de même au niveau de l'arrondissement de Djirédji, avec un taux de masculinité de 1.04. (IDEV-ic, 2016)

Le taux moyen d'accroissement annuel y est estimé à 2% (ANSD) et sera considéré dans la suite de notre travail.

**Tableau III: Population par village en 2012**

Villages	Population en 2012 (ANSD)	Villages	Population en 2012 (ANSD)
Bouno	2300	Badiary	1025
Diambancounda	217	Bamacounda	250
Malifara	250	Maroncounda	418
Kountoubou	418	Kapol	58
Missirah karantaba	907	Tambananding	61
Massaria	900	Tambanaba	78
<b>TOTAL</b>	<b>4992</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1890</b>

### ❖ **Ethnies et religions**

La population des villages concernés est constituée par un brassage de groupements humains composés de Mandingues, Peulhs, Dioulas, Wolofs, Mancagnes, Manjacques, Balantes, Baïnouck et Sérères. Les religions qui y sont présentes sont le Christianisme et l'Islam.

### ❖ **Activités économiques**

L'économie du département repose essentiellement sur l'agriculture qui emploie la majorité de la population active. La pêche occupe une place importante dans l'économie en dépit des contraintes (forte salinité, surexploitation, ...). En outre d'autres activités telles que l'élevage, l'artisanat, le tourisme et le commerce (lié aux activités citées précédemment). (Conseil régional de Sédhiou, 2013 ; IDEV-ic, 2016) soutiennent l'économie,

### ❖ **Eau et hygiène**

L'alimentation en eau au niveau des localités constituant notre site d'étude se fait essentiellement à partir des puits. De nos enquêtes et entretiens avec la population, il nous est revenu que toutes les eaux de puits ne sont pas consommables. Par exemple au niveau du village centre de Bouno il y aurait en tout une quinzaine de puits mais seuls cinq (5) offrent une eau acceptable pour la boisson, le reste ayant un taux élevé de sel. Il a également été relevé un manque d'hygiène au niveau des points d'eau : puits non couverts, eaux stagnantes ; ce qui permet de penser à une éventuelle contamination des puits. A ce propos, les populations sont souvent confrontées à des diarrhées, des vomissements, et des ballonnements, possible conséquences de ce manque d'hygiène.

Les eaux usées domestiques sont déversées dans la nature et les ordures sont soit entreposées soit brûlées. Il existe au moins une latrine dans chaque famille ainsi qu'au niveau des milieux scolaires et du centre de santé. La défécation à l'air libre y est de moins en moins pratiquée grâce à l'intervention des ONG.

## **III. PRESENTATION DU PROJET**

---

### **III.1- Contexte**

Le taux d'accès à l'eau potable en milieu rural au Sénégal est en moyenne de 66,6% mais ce chiffre ne traduit qu'une réalité globale. Certaines régions comme Kolda, Ziguinchor, Kédougou et Sédhiou présentent les taux d'accès à l'eau potable les plus bas du pays. C'est

dans ce cadre que le PEPAM-UE, sous-programme du PEPAM co-financé par l'UE vise à améliorer l'accès soutenu à l'eau potable et à l'Assainissement et promouvoir une meilleure hygiène dans les régions de Tambacounda, Kolda et Sédhiou.

C'est dans ce contexte que la Sade, après avoir soumissionné à un appel d'offre lancé par le gouvernement sénégalais au travers de la Société Nationale des Eaux du Sénégal (SONES), est chargée d'effectuer les études et la réalisation du système d'AEP de Bouno et polarisés.

### **III.2 - Problématique**

La région de Sédhiou est caractérisée par un niveau de développement parmi les plus faibles des régions du Sénégal et souffre d'un déficit criard en infrastructures socio-économiques de base. Ce retard est dû à son enclavement vis-à-vis du nord du pays mais également par rapport aux régions limitrophes. Son taux d'accès global à l'eau potable reste relativement faible, 37.3% en 2010 (PEPAM, 2010), ce qui la place à l'avant dernière position au niveau national. L'approvisionnement des populations en eau, en dehors des chefs lieu de département se fait pour la plupart à partir des puits.

Au niveau de Bouno et des villages voisins, le ravitaillement en eau se fait au niveau des puits qui, pour la plupart ont été creusés par les populations. Cependant se pose le problème de la disponibilité et de la potabilité de ces sources. Certains puits présentent un taux de salinité élevé, et on assiste à un tarissement de la majorité des sources pendant les périodes chaudes. Cela occasionne de longues files et contraignent certaines femmes à puiser au milieu de la nuit pour éviter les longues attentes. En outre, le fait que ces sources d'eau ne soient pas couvertes est un risque potentiel de contamination, susceptible de causer des maladies.

Face au besoin criard en eau des populations, et dans un souci d'améliorer leurs conditions de vie et préserver leur santé, il est urgent d'apporter des solutions efficaces et durables. C'est dans cette optique que nous sommes chargés d'étudier la mise en place d'un système d'Adduction en Eau Potable (AEP) pour les villages de Bouno et polarisés.

Lors des différentes visites, les populations de Bouno ont plaidé pour que les villages voisins qui n'étaient pas pris en compte dans le projet soient raccordés. C'est ainsi qu'avec l'aval des acteurs du PEPAM, les besoins en eau des populations des villages de Maroncounda, Kapol, Tambanaba et Tambananding ont été intégrés.

### **III.3 – Objectifs de l'étude**

**L'objectif général** de ce projet vise l'amélioration des conditions de vie et de santé des populations par l'apport d'une eau en qualité et en quantité suffisante à partir des eaux de forage sur une période de 20 ans.

Pour ce faire, notre travail vise les **objectifs spécifiques** suivants :

- Evaluer la demande en eau à l'horizon 2038 ;
- Concevoir et dimensionner le système d'AEP (réseaux, ouvrages, équipements) ;
- Proposer un mode de gestion et d'entretien du système ;
- Etablir un devis estimatif des ouvrages à mettre en place.

## IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

---

### V.1 - Matériel

Au cours de notre travail nous avons eu à utiliser différents outils afin d'atteindre nos objectifs. Ont été exploités les outils et logiciels suivants :

- **Excel** pour nos différents calculs de dimensionnement ;
- **Google Earth** pour le repérage de nos différents sites, un plan cadastral de la zone étant inexistant ;
- **Autocad** pour le tracé du réseau et le dessin des différents plans.
- **Arcview** pour la génération des différentes cartes

### V.2 - Méthodologie

#### V.2.1 - Recherche bibliographique

Cette étape du travail s'est articulée autour de trois points principaux :

- La collecte de données concernant l'ensemble de la région de Sédhiou,
- Des recherches sur l'adduction d'eau potable en zone rurale,
- Les différents systèmes de traitement applicables aux eaux de consommation.

#### V.2.2 - Collecte de données

Elle a tout d'abord consisté en une documentation sur le site d'étude, puis en la prise de connaissance de l'état des lieux. Nous avons également procédé à une analyse des exigences du maître d'ouvrage afin de rester fidèle aux TDR du projet.

#### V.2.3 - Horizon du projet

Ce projet d'AEP vise une échéance de vingt ans (20) ans, en conformité avec les exigences du projet. Il peut être justifié par la prise en compte des facteurs suivants :

- La durée de vie des équipements ;
- La population qui, sur la base des derniers recensements présente un modèle de croissance géométrique ;
- L'augmentation du niveau de vie des populations qui aura une susceptible répercussion sur les consommations.

Les différentes phases visées par le projet se présentent dans le **tableau IV**.

**Tableau IV: Différentes phases du projet**

<b>Horizons</b>	Horizon 0	Horizon (+5)	Horizon (+10)	Horizon (+15)	Horizon (+20)
<b>Années</b>	2018	2023	2028	2033	2038

#### **V.2.4 - La ressource en eau disponible**

Pour la réalisation de ce projet, il était donc nécessaire d'avoir à disposition une ressource en eau suffisante : le forage télescopique réalisé au niveau du village de Bouno captant la nappe Maestrichtienne. Les caractéristiques de ce forage sont consignées dans le **tableau V**.

**Tableau V: Caractéristiques du forage de Bouno**

Aquifère capté	<b>Maestrichtien</b>
Coordonnées	<b>Latitude : 12°35'47.61''N ; Longitude : 15°35'21.84''O</b>
Débit d'essai (m <sup>3</sup> /h)	<b>75</b>
Débit d'exploitation (m <sup>3</sup> /h)	<b>50</b>
Niveau dynamique / sol (m)	<b>17.92</b>
Niveau statique/ sol (m)	<b>14.37</b>
Diamètre d'équipement (mm)	<b>250/280</b>
Profondeur totale (m)	<b>341</b>
Profondeur équipée (m)	<b>334.38</b>

Avant toute exploitation de la ressource, l'eau a subi des analyses physico-chimiques (**voir Annexe I**) et bactériologiques. Les résultats obtenus montrent que l'eau du forage est propre à la consommation, mais présente néanmoins un taux de fer de 3.11mg/l, largement supérieur à la limite admise de 0.3mg/L. (ISN : NS 05-033, 1996).

Au-delà de la teneur limite indiquée, l'eau prend un aspect rougeâtre et un goût métallique (PEPAM, 2016) susceptible de créer des réticences de la population.

#### **V.2.5 - Visite de terrain**

Les visites de terrain ont consisté en des entretiens avec les populations et avec certains responsables tels que le chef du village et le président du comité de gestion du forage mis en place. Elles ont par ailleurs permis de faire un état des conditions d'alimentation en eau et d'assainissement des populations. Nous avons également lors de ces sorties de terrain identifié les points d'emplacement des points de distribution en concertation avec les populations et les acteurs locaux.

## V.2.6 - Présentation du système proposé

En matière d'approvisionnement en eau potable, on distingue trois (03) types de centre :

- Les grandes villes à forte consommation : Population > 100 000 habitants
- Les villes dites secondaires à moyenne consommation :  
10000 – 20000 < Population < 50000 – 100 000 habitants
- Les gros villages ou gros centres ruraux (lotis ou non) à faible consommation :  
2000 – 3000 < Population < 10000 habitants (OUEDRAOGO Bèga Urbain, 2005)

Actuellement, la population des villages cibles est estimée à 7750 habitants, assimilable globalement donc à celle d'un gros village. Le système devant approvisionner des villages distants de plusieurs kilomètres, le type de réseau s'adaptant à notre situation est donc une Adduction d'Eau Multi-Village (AEMV) (Cf. **tableau VI**).

**Tableau VI: Typologie des réseaux d'adduction**

Type	Abréviation	Caractéristiques	Population desservie	Longueur réseau	Capacité de stockage	Production de pointe
Poste d'eau autonome	PEA	Pas de réseau, distribution à la sortie du forage sur rampe de robinets, réservoir ou faiblement	500 à 1000	0,1 km	2 à 10 m <sup>3</sup>	5 à 10 m <sup>3</sup> /j
Adduction d'eau simplifiée	AEPS	Réseau de faible étendue, distribution par borne fontaine uniquement, réservoir surélevé de faible capacité	500 à 2000	< 2 km	10 à 50 m <sup>3</sup>	5 à 40 m <sup>3</sup> /j
Adduction d'eau standard	AEP	Réseau étendu, distribution par borne fontaine et branchements particuliers, réservoir surélevé de grande capacité	2000 à 10000	2 à 10 km	10 à 50 m <sup>3</sup>	20 à 300 m <sup>3</sup> /j
Adduction d'eau multi villages	AEMV	Réseau de transport desservant plusieurs dizaines de villages sur de grandes distances	5000 à 200000	10 à 250 km	10 à 50 m <sup>3</sup>	100 à 2000 m <sup>3</sup> /j

Source : *Water and Sanitation Program, 2010*

Afin d'offrir une eau en qualité et en quantité suffisante aux populations, nous étudierons un système composé des éléments suivants :

- Une station de pompage (au niveau du forage) ;
- Une station de traitement de l'eau ;
- Une station de pompage (à l'aval du traitement) ;
- Une source d'énergie thermique
- Une conduite d'amenée et de refoulement ;
- Un château d'eau ;
- Un réseau de distribution.

L'agencement des ouvrages principaux est traduit par un plan synoptique (**voir Annexe II**)

### V.2.7 - Paramètres de dimensionnement

#### a. Données démographiques

La population bénéficiaire du projet est de 6977 habitants en 2012. En application du taux d'accroissement qui est de 2%, nous pouvons obtenir l'évolution de la population aux différents horizons pour chaque village. La formule de projection qui sera utilisée est la suivante :

$$P_n = P_0(1+\alpha)^n \text{ avec le taux d'accroissement } \alpha = 2\% \text{ (ANSD) et}$$
$$n = \text{l'écart entre l'an 0 et l'an } n$$

#### b. L'évaluation des besoins

Elle se fait sur la base de la population à l'horizon du projet en tenant compte des besoins domestiques et sociaux. Dans le cadre du PEPAM, il est prévu la mise en place d'un abreuvoir pour les sites ne disposant pas de ressources en eau de surface. Au niveau du village de Bouno, la seule eau de surface est celle du fleuve qui n'est pas facilement accessible. Le village de Bouno est donc éligible pour la mise en place d'un abreuvoir. Néanmoins un traitement de l'eau étant prévu, et dans le souci de minimiser les coûts, nous proposons de renvoyer les besoins du bétail à une source alternative : le puits pastoral.

En ce qui concerne le taux de desserte, dans le cadre de ce projet il est pris égal à 100%. Cela peut se justifier par le manque de PMH et par la qualité non avérée des eaux de puits, ainsi que leur incapacité à satisfaire les besoins en toutes saisons.

#### ❖ La consommation spécifique

Selon l'OMS, les besoins vitaux minima sont de 20L/jour/hbt. Mais en tenant compte de l'horizon du projet, et des directives énoncées dans le manuel des projets eau potable du

PEPAM (2006), nous utiliserons une consommation spécifique de 25L/jour/hb. On obtient les besoins journaliers domestiques en appliquant la formule suivante :

$$B_d = C_s * P_{2038}$$

$B_d$  : besoin journalier moyen

$C_s$  : Consommation spécifique

$P_{2038}$  : Population en 2038

#### ❖ Besoins communautaires (annexes)

La demande en eau des services et édifices publics dépend du niveau d'équipement sanitaire, des habitudes de consommation, du taux et de la durée des fréquentations. En ce qui concerne le besoin des infrastructures sociales, nous ne disposons pas d'un inventaire exhaustif des habitudes et taux de fréquentation. Néanmoins vu le faible nombre de ces infrastructures, le volume d'eau qui leur sera alloué est estimé à 5% des besoins domestiques.

#### ❖ Le coefficient de pointe journalière

Le coefficient de pointe journalière ( $C_{pj}$ ) exprime le retour de façon cyclique du comportement des usagers au cours de la semaine. Il permet de déterminer la consommation maximale journalière et s'exprime par le rapport de la consommation de la journée de pointe sur la consommation moyenne journalière. Sa valeur est en général comprise entre 1.05 et 1.15.

Selon le PEPAM, au vu des faibles consommations généralement observées en milieu rural, son application conduirait à une surestimation des débits et à un surdimensionnement des ouvrages. Il est donc pris égal à 1.

#### ❖ Le coefficient de pointe horaire

Le coefficient de pointe horaire ( $C_{ph}$ ) exprime le comportement des usagers au cours de la journée. Il intervient dans le dimensionnement du réservoir et du réseau de distribution. Il permet de déterminer les besoins des usagers aux heures de pointe durant la journée. Selon les expériences, pour des localités de taille comprise entre 10 000 et 50 000 habitants le coefficient est compris entre 2 et 2.5. Il est également obtenu par calcul en appliquant la formule du génie rural :

$$C_{ph} = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{mh}}}$$

Le PEPAM considère en moyenne pour la zone de Sédhiou un coefficient de pointe horaire  $C_{ph} = 1.3$ .

Les valeurs prises par le PEPAM peuvent être justifiées par une observation des consommations au niveau de centres existants dans la zone d'étude et alentours. Par ailleurs, les valeurs issues de la littérature sont tirées d'expériences et ne sont pas spécifiques à notre zone d'étude. Ainsi dans la suite de notre travail, nous procéderons avec les deux (2) méthodes : PEPAM et classique ; afin de déterminer la solution s'adaptant le mieux à notre situation tant sur le plan technique, qu'économique.

❖ Rendements

**Le rendement du traitement** : il découle des pertes d'eau survenant lors du traitement de l'eau brute. Les pertes sont comprises entre 4 et 5%, ce qui donne un rendement au traitement d'environ 95% en ce qui concerne les eaux de surface.(Denis Zoungrana, 2003). Les eaux souterraines étant en général moins chargées, elles engendrent moins de pertes. La perte en eau est limitée à moins de 2 % pour une filtration granulaire d'après les projets similaires (*Sade CGTH, Memento Dégrement*). Nous appliquerons donc à la suite de notre travail un rendement au traitement de l'ordre de 98%.

**Le rendement du réseau** : il est lié aux pertes sur le réseau découlant de la rigueur observée lors de sa mise en place, du fait du manque d'entretien, de la vétusté des installations. Les pertes dans un nouveau réseau AEP sont estimées entre 5 et 10 % des besoins de consommation en eau. Nous appliquerons un rendement de 95%.

**Tableau VII: Evaluation des besoins et débits d'installations**

Coefficient de pointe journalière (Cpj) <b>PEPAM</b>	<b>1</b>
Coefficient de pointe journalière <b>Classique</b>	<b>1.1</b>
Coefficient de pointe horaire (Cph) <b>PEPAM</b>	<b>1.3</b>
Coefficient de pointe horaire (Cph) <b>Classique</b>	$Cph = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{mh}}} = 2$
Rendement du réseau (Nr)	<b>95%</b>
Rendement du traitement (Nt)	<b>98%</b>
Besoins domestiques (B <sub>d</sub> )	<b>C<sub>s</sub> * P<sub>2038</sub></b>
Besoins sociaux (B <sub>s</sub> )	<b>B<sub>s</sub> = 5% B<sub>d</sub></b>
Besoins journaliers moyens (B <sub>jm</sub> )	<b>B<sub>jm</sub> = B<sub>d</sub> + B<sub>s</sub></b>
Besoins journaliers de pointe (B <sub>jp</sub> )	<b>B<sub>jp</sub> = B<sub>jm</sub> * C<sub>jp</sub></b>
Demande journalière de pointe (D <sub>jp</sub> )	$D_{jp} = \frac{B_{jp}}{Nr * Nt}$
Débit de production d'eau brute (Q <sub>prod</sub> )	$Q_{prod} = \frac{D_{jp}}{t_{pompage}}$
Débit de pointe horaire (Q <sub>ph</sub> )	$Q_{ph} = \frac{B_{jm} * C_{pj}}{Nr * t_{service}} * C_{ph}$

## V.2.8 - Tracé du réseau

Le tracé du réseau s'est d'abord fait sur la base des implantations des points de desserte. S'en sont suivies les levées topographiques. A partir des coordonnées GPS et des côtes relevées au niveau des différents points stratégiques, nous obtenons le tracé du réseau ainsi que les profils en long du réseau.

### a. Les conduites d'amenée et de refoulement

La conduite d'amenée est celle par laquelle l'eau brute sera acheminée vers la station de traitement. Celle de refoulement quittera donc la station de traitement et transportera l'eau potable obtenue au niveau du château d'eau.

Leur diamètre économique sera déterminé à l'aide des variantes ci-dessous :

**Formule de Bresse :**  $D_{th} = 1.5 \times Q^{0.5}$

**Formule de Bresse modifiée :**  $D_{th} = 0.8 \times Q^{1/3}$

**Formule de Munier :**  $D_{th} = (1 + 0.02n) \times Q^{0.5}$

Avec :

Q : le débit en (m<sup>3</sup>/s)

D<sub>th</sub> : le diamètre classique de la conduite en (m)

n : le nombre maximal d'heures de pompage par jour (n = 10 heures)

Les vitesses induites par le diamètre de la conduite retenues doivent demeurer dans les plages économiques :  $0.5 \text{ m/s} \leq V \leq 0.8 \text{ m/s}$

### b. Le réseau de distribution

Il est du type ramifié, constitué des conduites en PVC PN 10, acheminant l'eau jusqu'aux points de desserte. Il comportera en outre des équipements de protection, de régulation et de sectionnement.

#### ❖ Les points de desserte

Les populations seront approvisionnées en eau au niveau de bornes fontaines (BF). Le nombre de BF sera fonction du nombre de personnes par BF, de la distance parcourue pour y accéder, ainsi que de la répartition spatiale des populations. De même nous avons prévu une marge correspondant aux besoins sociaux et les différents emplacements des BF ont été choisis de concert avec les populations. Une borne fontaine peut desservir de 100 à 500 personnes,

mais dans le cadre de notre projet nous considérons qu'une BF approvisionne 500 personnes et a un temps de fonctionnement estimé à 12h.

Notons également qu'en référence aux exigences du maître d'ouvrage, une station charrette ou potence est prévue au niveau du village de Bouno. La station charrette servira à l'approvisionnement en grande quantité.

#### ❖ Les conduites

Les conduites du réseau seront en PVC du fait de leur moindre coût, de leur disponibilité sur le marché et de leur facilité de mise en œuvre. Les diamètres préconisés dans le cahier de charges sont : DN 63, DN 90, DN110, DN160 de la SOTICI.

Elles seront posées en suivant au maximum le tracé des artères principales des villages et seront enterrées à une profondeur minimale de 0.8m.

Une pression nominale de 16 bars (PN16) sera adoptée pour les conduites d'amenée et de refoulement qui seront en fonte ductile afin de sécuriser cette tranche du système. Cette pression sera appliquée après vérification des calculs de coup de bélier et une de 10 bars (PN10) sera adoptée pour les conduites de distribution où les pressions sont généralement peu élevées.

#### ❖ Vitesse et pression

La pression de service est la pression minimale à laquelle l'eau est fournie à l'utilisateur pour un confort d'utilisation. Etant donné l'absence de branchements privés elle sera fixée à

$$P_{\text{ser}} = 5\text{mCE.}$$

Les vitesses d'écoulement dans les canalisations de distribution doivent respecter les conditions de vitesse minimale et maximale. Les vitesses devront suivre la condition suivante :

$$0.3 \text{ m/s} \leq V \leq 1.5 \text{ m/s}$$

#### ❖ Pertes de charge

Elles sont de deux (2) types : linéaires et singulières. Pour le calcul des pertes de charge linéaires nous utiliserons la formule de Manning Strickler, et évaluons les pertes de charges singulières à 5% des pertes de charge linéaires. Les pertes totales seront donc calculées selon la formule suivante :

$$\Delta H = 1.05 \times \frac{10.29 \times Q^2 \times L}{K_s^2 \times D^{16/3}} \left| \begin{array}{l} Q : \text{débit en m}^3/\text{s} \\ L : \text{longueur de la conduite en m} \end{array} \right. \left| \begin{array}{l} \Delta H : \text{pertes de charge en m} \\ D : \text{diamètre intérieur de} \\ \text{la conduite en m} \end{array} \right.$$

$K_s$  : Coefficient de Manning Strickler dépendant de la rugosité interne donnée par des tables en fonction de la nature du tuyau.

❖ Vérification de la résistance mécanique des conduites d'amenée et de refoulement

Le coup de bélier est un phénomène provoqué par la mise en marche ou l'arrêt d'une pompe, la fermeture ou l'ouverture brusque d'une vanne ou le prélèvement instantané d'un débit important. Il est à l'origine de variations importantes de la pression qui peuvent être supérieure à la pression nominale de la conduite.

Les surpressions peuvent entraîner dans des cas critiques la rupture de certaines canalisations ne présentant pas de coefficients de sécurité suffisants. Les dépressions peuvent créer des poches de cavitation dangereuses pour les canalisations et pour les appareils de robinetterie.

**Evaluation simplifiée**

$$\text{Célérité de l'onde : } a = \sqrt{\frac{1}{\rho\left(\frac{1}{\epsilon} + \frac{D}{Ee}\right)}}$$

$$\text{Surpression-dépression : } \Delta h = \mp a \frac{\Delta V}{g} \text{ (ALLIEVI)}$$

Où :

A : célérité de l'onde (m/s)

$\rho$  : masse volumique de l'eau (1000 kg/m<sup>3</sup>)

$\epsilon$  : module d'élasticité de l'eau (2.05.10<sup>9</sup> N/m)

E : module d'élasticité du matériau (fonte : 1.7.10<sup>11</sup>N/m<sup>2</sup>)

D : diamètre intérieur (m)

e : épaisseur de la canalisation (m)

$\Delta V$  : valeur absolue de la variation des vitesses en régime permanent avant et après coup de bélier (m/s)

$\Delta h$  : valeur absolue de la variation de pression maximale autour de la pression statique normale (mCE)

g : accélération de la pesanteur (9.81m/s)

En pratique la célérité de l'onde de l'eau dans les tuyaux en fonte ductile est de l'ordre de 1200 m/s. La formule (1) tient compte d'une variation rapide de la vitesse d'écoulement.

### V.2.9 - La station de traitement.

Géographiquement, le site de la station de traitement est à moins de cinquante mètres du forage. Les analyses de l'eau du forage de Bouno montrent, comme mentionné précédemment, que l'eau est propre à la consommation. Elle présente néanmoins une forte teneur en fer, de l'ordre de 3.11mg/l. Si, d'après les publications sur le sujet, les risques pour la santé des populations sont insignifiants, les fortes concentrations de Fer, au-delà de 1 mg/l génèrent cependant des dépôts qui colmatent rapidement les canalisations, créent de la réticence au niveau des populations, obligent à nettoyer très fréquemment les compteurs de type « noyé » et rendent le comptage très approximatif. C'est ainsi que pour lutter principalement contre le vieillissement prématuré des réseaux, il est envisagé de construire des unités de déferrisation pour la première fois au Sénégal, en milieu rural.

#### ❖ Les différents procédés

Trois procédés sont généralement appliqués pour la déferrisation de l'eau : l'aération suivie d'une filtration, le procédé avec échange d'ions, ou le procédé biologique. Pour des raisons économiques (filiale biologique) et du fait de la complexité d'exploitation et de maintenance (filiale biologique et procédé avec échanges d'ions), le choix de la filiale de traitement s'est porté sur le procédé d'aération suivie de filtration. Cette solution ne requiert pas de technologie complexe et est la plus connue et utilisée dans la sous-région. Cette solution s'inspire principalement des ouvrages effectués au Niger, plus précisément dans la localité de Tahoua. Elle a également l'avantage de ne pas nécessiter une main d'œuvre qualifiée, et donne de bons abattements de l'ordre de 80 à 95%.

#### ❖ Description du traitement

Le procédé aération – filtration, avec en cas de besoin une décantation avant la filtration, ne requiert pas de technologies complexes. Une décantation est nécessaire lorsque la teneur en fer de l'eau est supérieure à 2mg/l. L'aération consiste à dissoudre de l'oxygène de l'air dans l'eau. L'oxygène fait passer le fer de l'état ferreux ( $Fe^{2+}$ ) stable et sous forme dissoute à l'état ferrique ( $Fe^{3+}$ ) moins stable qui précipite. Le filtre permet ensuite de retenir le précipité de fer.

### ❖ Stockage et désinfection

L'eau traitée sera par la suite récupérée dans une bache, traitée au chlore à l'aide d'un dispositif de type DOSATRON et refoulée au niveau du château d'eau grâce à une pompe de reprise.

#### **V.2.10 - La source d'énergie.**

Le village ne bénéficiant pas encore du réseau national d'électricité et l'énergie solaire revenant relativement chère à l'installation, l'énergie thermique est ici privilégiée.

Le groupe électrogène assurera le fonctionnement des groupes électropompes chargés du pompage de l'eau brute vers la station de traitement et du refoulement vers le réservoir.

La puissance apparente d'un groupe est la puissance souscrite par le constructeur exprimé en (kVa). Les puissances apparentes nécessaires au fonctionnement des groupes électropompes seront déterminées à l'aide de la formule ci-dessous :

$$P_{app} = \frac{(\rho * g * Q * hmt)}{n_{pompe} * n_{moteur} * \cos\varphi}$$

$P_{app}$  = Puissance apparente (KVa)

G : accélération de la pesanteur (9.81m/s<sup>2</sup>)

Q : Débit (m/s)

$n_{pompe}$  : rendement de la pompe (%)

$n_{moteur}$  : rendement du moteur (%)

$\cos\varphi$  : facteur de puissance

## V. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

---

### V.1 - Evaluation des besoins en eau à l'horizon du projet

#### V.1.1 - Evolution démographique

L'évaluation des besoins en eau se fera sur la base de la taille de la population à l'horizon du projet en y incluant les besoins annexes. A partir des données démographiques de 2012 et du taux d'accroissement, nous pouvons obtenir une projection de la population actuelle (2018).

$$P_n = P_0 (1+\alpha)^n \text{ avec le taux d'accroissement } \alpha = 2\% \text{ (ANSD)}$$

Ainsi, pour la population actuelle de notre zone d'étude, nous avons :

$$P_{2018} = P_{2012} (1+2\%)^n ;$$

$$n = 2018 - 2012 = 6 \text{ ans}$$

En procédant de la même manière nous obtenons dans le **tableau VIII** la population aux différentes phases du projet.

**Tableau VIII: Evolution démographique aux différentes phases du projet**

<b>Localités</b> \ <b>Années</b>	<b>Année 2012</b>	<b>Année 2018</b>	<b>Année 2023</b>	<b>Année 2028</b>	<b>Année 2033</b>	<b>Année 2038</b>
Bouno	2300	2590	2860	3157	3486	3849
Diambacounda	217	244	270	298	329	363
Malifara	250	282	311	343	379	418
Kountoubou	418	471	520	574	634	699
Missirah karantaba	907	1021	1128	1245	1375	1518
Massaria	900	1014	1119	1236	1364	1506
Badiary	1025	1154	1274	1407	1554	1715
Bamacounda	250	282	311	343	379	418
Maroncounda	418	471	520	574	634	699
Kapol	58	65	72	80	88	97
Tambananding	61	69	76	84	92	102
Tambanaba	78	88	97	107	118	131
<b>TOTAL</b>	<b>6882</b>	<b>7750</b>	<b>8557</b>	<b>9448</b>	<b>10431</b>	<b>11516</b>

### V.1.2 - Besoins de la population

Le besoin en eau est la quantité d'eau nécessaire à fournir aux consommateurs pour l'accomplissement de leurs activités. Le **tableau IX** présente les besoins globaux des populations en eau à l'horizon du projet.

**Tableau IX: Evaluation des besoins**

Hypothèses : consommation spécifique = 25 l/hab./j ; besoins sociaux = 5% des besoins domestiques (2038)

Localités	Population actuelle	Population en 2038	Besoins domestiques (m <sup>3</sup> /j)	Besoins journaliers totaux (m <sup>3</sup> /j)
Bouno	2590	3849	96.22	101.04
Diambancounda	244	363	9.08	9.53
Malifara	282	418	10.46	10.97
Kountoubou	471	699	17.49	18.35
Missirah karantaba	1021	1518	37.94	39.85
Massaria	1014	1506	37.65	39.53
Badiary	1154	1715	42.88	45.02
Bamacounda	282	418	10.46	10.97
Maroncounda	471	699	17.49	18.35
Tambananding	65	102	2.55	2.68
Tambanaba	69	131	3.26	3.44
Kapol	88	97	2.43	2.55
<b>TOTAL</b>	<b>7750</b>	<b>11516</b>	<b>287.91</b>	<b>302.30</b>

Pour la mise en place du système, les installations seront dimensionnées en fonction des paramètres présentés dans le tableau ci-dessous, selon la méthode correspondante.

**Tableau X: Paramètres de production du système**

	Temps de pompage	Temps de distribution	B <sub>jm</sub> (m <sup>3</sup> /j)	B <sub>jp</sub> (m <sup>3</sup> /j)	D <sub>jp</sub> (m <sup>3</sup> /j)	Q <sub>prod</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>ph</sub> (m <sup>3</sup> /h)
<b>PEPAM</b>	10h	12h	302.31	302.31	324.71	32.47	34.47
<b>Classique</b>	10h	12h	302.31	332.54	357.18	35.72	58.28

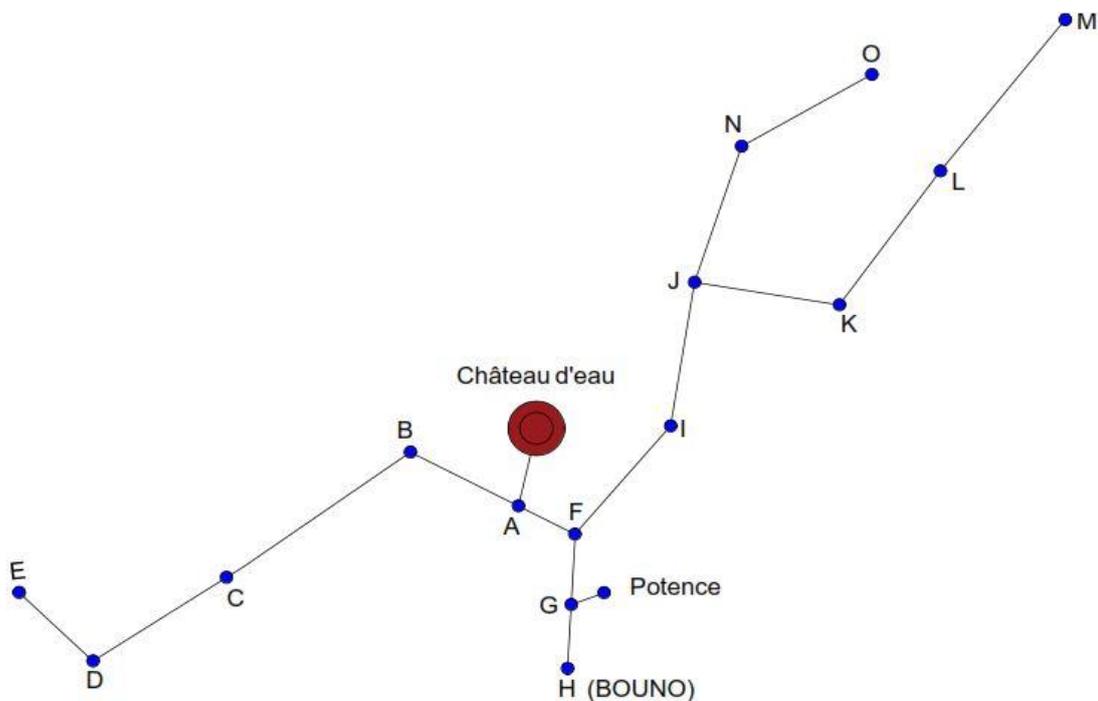
## V.2 - La ressource disponible

Après évaluation des besoins, nous obtenons respectivement avec la méthode classique et la méthode PEPAM un débit de production **Q<sub>prod</sub> = 35.72 m<sup>3</sup>/h** et **Q<sub>prod</sub> = 32.47 m<sup>3</sup>/h** à l'échéance du projet. Le débit requis est inférieur au débit fourni par le forage. La ressource est donc largement suffisante jusqu'à l'échéance du projet, quels que soient les coefficients de pointe appliqués.

## V.3 - Dimensionnement du réseau de distribution

### V.3.1 - Le réseau

Le réseau de distribution obtenu est présenté dans la **figure 3** ci-dessous. Il est dimensionné en ayant comme objectif de satisfaire la demande des populations tant en débit qu'en pression. Cela se fera par le choix optimum des diamètres des conduites.



**Figure 4: Tracé du réseau de distribution de Bouno et ses villages polarisés**

### V.3.2 - Les points de distribution

Comme mentionné précédemment, l'implantation des BF a été fonction de plusieurs critères. Leur nombre a été déterminé par la relation suivante :

$$N_{BF} = \frac{Pop_{2038}}{500}$$

Appliquée à chaque village, nous obtenons la répartition des BF dans le tableau ci-dessous :

**Tableau XI: Répartition des bornes fontaine par ville**

Localités	Population en 2038	Nombre de BF
Bouno	3849	8
Diambancounda	363	1
Malifara	418	1
Kountoubou	699	2
Missirah karantaba	1518	3
Massaria	1506	3
Badiary	1715	4
Bamacounda	418	1
Maroncounda	699	2
Kapol	97	1
Tambananding	102	1
Tambanaba	131	1
<b>TOTAL</b>	<b>11516</b>	<b>28</b>

Les BF seront dimensionnées en tenant compte du fait que leur temps de fonctionnement est de 12h. La station charrette qui sera utilisée pour l'approvisionnement en grande quantité, aura également le même temps de fonctionnement, et son débit est fixé à **1.5 L/s**.

Le débit de chaque BF est alors déterminé par la relation suivante :

$$Q_{BF} = \frac{Q_{ph} - Q_{station\ charette}}{N_{BF}}$$

En appliquant la méthode du PEPAM on a pour **Q<sub>ph</sub> = 9.575 L/s**

$$Q_{BF} = \frac{9.575 - 1.5}{28} = 0.29L/s \approx 0.30 L/s$$

Pour des raisons pratiques, nous prendrons **Q<sub>BF</sub> = 0.4 L/s**. La BF sera donc dotée de deux (2) robinets de puisage avec chacun un débit de **0.20 L/s**.

Et avec la méthode classique, on a pour  $Q_{ph} = 16.19 \text{ L/s}$

$$Q_{BF} = \frac{16.19 - 1.5}{28} = 0.52 \text{ L/s} \approx 0.50 \text{ L/s}$$

Nous considèrerons pour la suite un débit  $Q_{BF} = 0.6 \text{ L/s}$ . Ce débit pourra être assuré par un robinet de puisage de débit  $0.20 \text{ L/s}$  et un autre de débit  $0.40 \text{ L/s}$ .

### V.3.3 - Les conduites

Différentes formules ont été utilisées afin de dimensionner les conduites. Ces dernières sont consignées dans le tableau ci-après :

**Tableau XII: Paramètres de dimensionnement des conduites**

Paramètres calculés	Formules
Diamètre classique en <b>m</b>	$D_{th} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$
Vitesse réelle en <b>m/s</b>	$V = \frac{4 * Q}{\pi * D_{int}^2}$
Côte minimale exploitable en <b>m</b>	$Z_{mine} = P_{ser} + Z_{TN} + \sum J$
Pression au nœud aval en <b>m</b>	$P = Z_{mine \text{ max}} - Z_{TN} - \sum J$

Avec :

Q : débit du tronçon ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$P_{ser}$  : pression de service (m)

$Z_{TN}$  : côte du terrain naturel (m)

V : 1 m/s considéré pour le calcul du diamètre classique

$D_{int}$  : Diamètre intérieur de la conduite (m)

$\sum J$  : somme des pertes de charge (m)

En application des formules, nous obtenons le dimensionnement du réseau de distribution selon la méthode utilisée.

**Tableau XIII:Réseau de distribution et calage du radier du château (méthode PEPAM)**

Hypothèses de calcul :  $C_{js} = 1,05$     $K_s = 120$     $V_{calcul}(m/s) = 1$     $Z_{TN\ CH}(m) = 43,69$     $Q_{BF} (L/s) = 0,40$     $P_{min\ en\ X}(m) = 5$

Tronçons	L (m)	Q (L/s)	D <sub>th</sub> (mm)	D <sub>st</sub> (mm)	D <sub>int</sub> (mm)	J (m)	∑ J(m)	Z <sub>TN aval</sub> (m)	Z <sub>min.e</sub> (m)	P <sub>min/x</sub> (m)	V (m/s)
<b>CH-A</b>	10	12,70	127,2	<b>160</b>	147,6	0,03	0,03	<b>43,69</b>	48,7	18,4	0,7
<b>A-B</b> (Diambancounda)	2090	3,60	67,7	110	101,6	4,02	4,06	36,33	45,4	21,8	0,4
<b>B-C</b> (Missirah Karantaba)	2732	3,20	63,8	110	101,6	4,16	8,21	38,49	51,7	15,4	0,4
<b>C-D</b> (Massaria)	1508	2,00	50,5	90	81,4	2,92	11,13	32,88	49,0	18,1	0,4
<b>D-E</b> (Maroncounda)	1046	0,80	31,9	63	57	2,17	13,30	35,29	53,6	13,5	0,3
<b>A-F</b>	150	9,10	107,7	<b>160</b>	147,6	0,25	0,28	38,76	44,0	23,1	0,5
<b>F-G</b>	20	4,70	77,4	110	101,6	0,07	0,35	37,98	43,3	23,8	0,6
<b>G- Potence</b>	20	1,50	43,7	63	57	0,15	0,50	37,98	43,5	23,7	0,6
<b>G-H (Bouno)</b>	65	3,20	63,8	90	81,4	0,32	0,67	38,76	44,4	22,7	0,6
<b>F-I</b> (Malifara)	1533	4,40	74,9	<b>160</b>	147,6	0,60	0,95	29,97	35,9	31,2	0,3
<b>I-J</b> (Kountoubou)	1665	4,00	71,4	<b>160</b>	147,6	0,54	1,49	36,99	43,5	23,7	0,2
<b>J-K</b> (Badiari)	2516	2,00	50,5	110	101,6	1,49	2,99	40,24	48,2	18,9	0,2
<b>K-L</b> (Tambananding)	2903	0,80	31,9	63	57	6,02	9,01	37,17	51,2	16,0	0,3
<b>L-M</b> (Tambanaba)	1839	0,40	22,6	63	57	0,95	9,96	35,71	50,7	16,5	0,2
<b>J-N</b> (Bamacounda)	2167	0,80	31,9	<b>90</b>	81,4	0,67	2,16	41,37	48,5	18,6	0,2
<b>N-O</b> (Kapol)	1608	0,40	22,6	<b>90</b>	81,4	0,12	2,29	54,85	<b>62,1</b>	5,0	0,1
<b>Hauteur sous cuve = <math>Z_{mine\ max} - Z_{TN\ R} = 62,1 - 43,69 = 18,41m \cong 19\ m</math></b>											

**Tableau XIV: Réseau de distribution et calage du radier du château (méthode classique)**

Hypothèses de calcul :  $C_{js} = 1,05$     $K_s = 120$     $V_{calcul}(m/s) = 1$     $Z_{TN\ CH}(m) = 43,69$     $Q_{BF} (L/s) = 0,60$     $P_{min\ en\ X}(m) = 5$

Tronçons	L (m)	Q (L/s)	D <sup>th</sup> (mm)	D <sub>st</sub> (mm)	D <sub>int</sub> (mm)	J (m)	Σ J(m)	Z <sub>TN aval</sub> (m)	Z <sub>mine</sub> (m)	P <sub>min/x</sub> (m)	V (m/s)
<b>CH-A</b>	10	18,30	152,7	<b>160</b>	147,6	0,07	0,07	43,69	48,76	20,0	1,1
<b>A-B</b> (Diambancounda)	2090	5,40	82,9	160	147,6	1,24	1,30	36,33	42,63	26,1	0,3
<b>B-C</b> (Missirah Karantaba)	2732	4,80	78,2	160	147,6	1,28	2,58	38,49	46,07	22,7	0,3
<b>C-D</b> (Massaria)	1508	3,00	61,8	110	101,6	2,02	4,59	32,88	42,47	26,3	0,4
<b>D-E</b> (Maroncounda)	1046	1,20	39,1	63	57	4,88	9,48	35,29	49,77	19,0	0,5
<b>A-F</b>	150	12,90	128,2	<b>160</b>	147,6	0,51	0,57	38,76	44,33	24,4	0,8
<b>F-G</b>	20	6,30	89,6	160	147,6	0,02	0,59	37,98	43,57	25,2	0,4
<b>G-Potence</b> (Bouno)	20	1,50	43,7	63	57	0,15	0,74	37,98	43,72	25,0	0,6
<b>G-H</b> (Bouno)	65	4,80	78,2	<b>110</b>	101,6	0,22	0,81	38,76	44,57	24,2	<b>0,6</b>
<b>F-I</b> (Malifara)	1533	6,60	91,7	<b>160</b>	147,6	1,35	1,93	29,97	36,90	31,8	0,4
<b>I-J</b> (Kountoubou)	1665	6,00	87,4	<b>160</b>	147,6	1,21	3,14	36,99	45,13	23,6	0,4
<b>J-K</b> (Badiary)	2516	3,00	61,8	110	101,6	3,36	6,51	40,24	51,75	17,0	0,4
<b>K-L</b> (Tambananding)	2903	1,20	39,1	90	81,4	2,03	8,53	37,17	50,70	18,0	0,2
<b>L-M</b> (Tambanaba)	1839	0,60	27,6	63	57	2,15	10,68	35,71	51,39	17,4	0,2
<b>J-N</b> (Bamacounda)	2167	1,20	39,1	<b>110</b>	101,6	0,46	3,61	41,37	49,98	18,8	0,1
<b>N-O</b> (Kapol)	1608	0,60	27,6	<b>90</b>	81,4	0,28	3,89	54,85	63,74	5,0	0,1
<b>Hauteur sous cuve = <math>Z_{mine\ max} - Z_{TN\ R} = 63,74 - 43,69 = 20,05\ m \# 20\ m</math></b>											

Le réseau de distribution pour chacun des scénarii a été dimensionné dans le souci de couvrir dans la mesure du possible les différents villages impliqués. Les diamètres des conduites ont donc été choisis de sorte à minimiser les pertes de charge et afin d'avoir une hauteur sous cuve raisonnable pour le château d'eau.

A l'issue du dimensionnement nous obtenons une hauteur sous cuve de 19m et 20m respectivement pour la méthode PEPAM et la méthode classique. Le **tableau XV** présente un résumé des conduites et des linéaires nécessaires pour chaque type.

**Tableau XV:linéaires nécessaires selon la méthode**

DN PVC PN 10	LINEAIRES	
	PEPAM	Classique
<b>160</b>	3 358	8 200
<b>110</b>	7 358	6 256
<b>90</b>	5 348	4 511
<b>63</b>	5 808	2 905
<b>TOTAUX</b>	<b>21 872</b>	<b>21 872</b>

#### **V.3.4 - Les équipements annexes**

En outre des conduites et des points de desserte, le réseau contient des installations de protection et de régulation telles que les vidanges, les vannes de sectionnement et les ventouses. Ces éléments seront visibles sur les profils en long du réseau (**voir annexe III**)

##### ❖ Les vidanges

Les vidanges, placées au niveau des points bas (topographie) sont des organes de protection du réseau. Elles permettent de vider les conduites en cas de réparation ou d'entretien.

##### ❖ Les ventouses

Les ventouses sont des ouvrages qui permettent l'entrée et la sortie de l'air dans les canalisations si besoin (remplissage du réseau, vidange). Elles sont implantées aux niveaux des points hauts du réseau. Les ventouses sont placées dans un regard en béton armé muni d'une ouverture à l'extérieur afin de ventiler le regard.

#### ❖ Les vannes de sectionnement

Les vannes de sectionnement seront implantées en tête des conduites principales et secondaires. Elles permettent d'isoler une partie du réseau en cas de réparation et facilitent ainsi son exploitation.

### **V.4 - Dimensionnement du château d'eau**

#### **V.4.1 - Choix du site**

Le château d'eau est une construction destinée à stocker l'eau, et est placé en général sur un sommet géographique pour permettre de la distribuer sous pression. Le choix de son emplacement a donc fait intervenir plusieurs paramètres tels que la topographie, l'espace et la distance entre les différents sites à desservir. En tenant compte de ces critères, le château d'eau a été placé à l'entrée du village de Bouno, en face de l'école.

#### **V.4.2 - Le type**

Pour ce projet, nous avons opté pour un réservoir de forme tronconique en béton armé. Ce choix se justifie par la longue durée de vie des ouvrages en béton armé mais également pour s'accorder avec le type de châteaux utilisés dans le cadre du PEPAM et présent dans la zone. L'eau dans un tel ouvrage subit peu les variations thermiques.

#### **V.4.3 - Détermination du volume de la cuve**

La détermination du volume du réservoir peut se faire selon trois (3) méthodes à savoir la méthode du tableau, la méthode simplifiée et la méthode graphique. Par défaut de statistiques sur la zone d'étude, nous utiliserons la méthode simplifiée qui estime la capacité de stockage entre 25% et 50% de la consommation journalière de pointe avec une moyenne de 33%. Cette moyenne correspond à une proportion de 1/3.

Le volume du château d'eau sera donc déterminé selon la relation suivante :

$$V_{\text{Réservoir}} = \frac{B_{JP}}{3}$$

Selon la méthode PEPAM ou classique nous obtenons des volumes de réservoir respectivement de **100.77 m<sup>3</sup>** et **110.85 m<sup>3</sup>**. En se référant aux volumes usuels de châteaux d'eau au Sénégal, nous obtenons des châteaux d'eau de **150m<sup>3</sup>** pour les deux (2) méthodes.

### ❖ Dimensions du réservoir

Le réservoir étant de forme tronconique, son volume s'exprime dans la formule ci-dessous avec les paramètres suivants : le grand rayon  $R_1$ , le petit rayon  $R_2$ , et la hauteur du tronc  $h$ .

$$V_{\text{Réservoir}} = \frac{\pi * R_1^2 * h}{3} \left[ 1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2^2}{R_1^2} \right]$$

Nous obtenons ainsi dans le **tableau 16** les caractéristiques du château d'eau selon la méthode de calcul utilisée.

**Tableau XVI: Caractéristiques du château selon la méthode de calcul**

Caractéristiques	Méthode PEPAM	Méthode classique
$V_{\text{Réservoir}} \text{ (m}^3\text{)}$	150	150
Petit rayon $R_1 \text{ (m)}$	2.55	2.55
Grand rayon $R_2 \text{ (m)}$	4.29	4.29
Hauteur cuve $h \text{ (m)}$	4	4
Côte niveau d'eau (PHE) $\text{(m)}$	66.69	67.69
Côte d'arrivée d'eau (surverse) $\text{(m)}$	66.94	67.94

## V.5 - Dimensionnement des conduites d'amenée et de refoulement

Dans le cadre de notre projet, l'eau brute du forage sera acheminée vers une station de traitement. Après le processus de traitement nous obtenons une eau traitée qui sera refoulée vers le château d'eau. L'agencement de tous ces ouvrages est visible sur le plan synoptique du système.

### V.5.1 - La conduite de refoulement

Cette conduite permettra de transporter l'eau traitée vers le château d'eau. Elle sera dimensionnée sur la base d'un débit fixé de  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ , et sera en fonte ductile PN16 muni de joint de démontage. A l'aide des différentes variantes, nous obtenons les résultats ci-dessous :

**Tableau XVII: Dimensionnement de la conduite de refoulement selon la méthode**

Débit ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	30		
	Bresse	Bresse modifié	Munier
$D_{\text{th}} \text{ (mm)}$	136.93	162.19	109.54
$D_{\text{st}} \text{ (mm)}$	150	200	125
$D_{\text{ext}} \text{ (mm)}$	170	222	144
Vitesse $\text{(m/s)}$	0.47	0.27	0.68

Les diamètres des conduites de refoulement sont choisis sur la base d'un compromis entre plusieurs critères à savoir les paramètres économiques (coûts d'investissement) et techniques (vitesses d'écoulement et conditions d'auto-curage). Nous obtenons donc une conduite de diamètre **DN125** à l'aide de la formule de Munier, sur une distance de **39 m** et **40 m** respectivement pour la méthode PEPAM et celle classique. Pour des soucis de gestion ultérieure et d'harmonisation, nous préconisons la pose d'une conduite de diamètre **DN 150**. Cela évitera un changement des conduites dans le cas d'une évolution des débits.

### V.5.2 - La conduite d'amenée

La conduite d'amenée est dimensionnée sur la base du débit de production du forage à l'aide des différentes variantes en tenant compte des mêmes critères que pour la conduite de refoulement. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau XVIII: Dimensionnement de la conduite d'amenée selon la méthode**

	PEPAM			THEORIQUE		
Débits (m <sup>3</sup> /h)	32.47			35.72		
Variante	Bresse	Bresse modifié	Munier	Bresse	Bresse modifié	Munier
D <sub>th</sub> (mm)	142.46	166.53	113.96	149.42	171.91	119.53
D <sub>st</sub> (mm)	150	200	125	150	200	125
D <sub>ext</sub> (mm)	170	222	144	170	222	144
Vitesse (m/s)	0.51	0.29	0.23	0.56	0.32	0.81

En procédant comme pour la conduite de refoulement, nous obtenons pour les deux (2) méthodes, une conduite d'amenée de diamètre **DN 150** et de longueur **26.72 m** choisie sur la base des critères économiques et techniques.

## V.6 - Dimensionnement de la station de traitement

### V.6.1 - Déferrisation de l'eau du forage

L'installation proposée est la combinaison d'une « douche » faisant office d'aérateur, d'un décanteur et d'un filtre lent sur sable. Les choix des options retenues se justifient par les raisons suivantes :

- L'option de la douche a l'avantage de réduire les risques de contamination de l'eau que pour une cascade en plein air ;
- L'ensemble de l'installation pourra être réalisée d'éléments localement disponibles et le fonctionnement ne demandera pas d'importation de produits.

Le dimensionnement des installations est fonction du volume d'eau à traiter, mais également de la pompe installée dans le forage et par conséquent du débit d'eau entrant. Les différents plans et dimensions des installations seront présentés dans **les annexes V et VI**.

### **V.6.2 - Désinfection.**

Le dispositif DOSATRON est un doseur fonctionnant sans électricité : il utilise la pression de l'eau comme force motrice. Ainsi actionné, il aspire le produit concentré, le dose au pourcentage désiré, l'homogénéise avec l'eau motrice dans sa chambre de mélange. La solution est alors éjectée en aval. Une fois réglé, le doseur ne nécessite ni intervention, ni contrôle extérieur. Le dosage du produit injecté est constant, rigoureusement proportionnel au volume d'eau qui traverse le doseur, quelles que soient les variations de pression et de débit qui peuvent intervenir.

L'OMS recommande une teneur en chlore comprise entre 0.5mg/L et 5mg/L en tout temps et en tout point du réseau. Cela implique donc un réglage du dispositif permettant d'obtenir une quantité de chlore résiduel de l'ordre de 0.5mg/L au niveau des BF. A cet effet il est nécessaire de mesurer régulièrement le taux de chlore afin d'évaluer l'efficacité de la désinfection.



### **V.6.3 - Capacité de stockage (volume de la bête).**

Dans la détermination du volume de stockage requis, une hypothèse est posée selon laquelle la bête aura une autonomie d'au moins une heure par rapport au débit de pompage. Notons

également qu'une réserve incendie a été prise en compte dans le calcul des volumes nécessaires. De forme rectangulaire, les dimensions et caractéristiques de la bache sont les suivantes :

**Tableau XIX:Caractéristiques de la bache de stockage selon la méthode**

Caractéristiques	PEPAM	Classique
Longueur (m)	4.5	4.95
Largeur (m)	4.5	4.5
Hauteur (m)	2	2
Volume utile (m <sup>3</sup> )	35.4	38.9
Volume total (m <sup>3</sup> )	40.5	44.55
Côte PBE (m)	43.77	43.77
Côte PHE (m)	45.52	45.52

Pour ce projet, le débit de réception du forage est de 50m<sup>3</sup>/h. Avec les 2 méthodes nous obtenons des débits d'exploitation de 32.47m<sup>3</sup>/h et 35,72m<sup>3</sup>/h. Les volumes de bache obtenus satisfont au besoin à l'échéance du projet, mais ne prévoient pas une marge. Ainsi dans le souci de prévenir une éventuelle extension et donc d'éviter des coûts supplémentaires, et par la même occasion de permettre une réserve d'eau nous proposons d'étendre le volume de la bache à 50m<sup>3</sup>. Les dimensions correspondant à ce volume seront les suivantes :

**Tableau XX: Caractéristiques retenues pour la bache**

Caractéristiques	
Longueur (m)	4.5
Largeur (m)	4.5
Hauteur utile (m)	2.5
Volume utile (m <sup>3</sup> )	50
Volume total (m <sup>3</sup> )	73
Côte PBE (m)	42.77
Côte PHE (m)	45.27

## V.7 - Détermination des caractéristiques des groupes électropompes

### V.7.1 - Choix des pompes.

Dans le cadre de ce projet, deux (2) pompes seront utilisées. Le choix de la pompe sera porté sur la gamme des pompes Grundfos. Ce type de pompe a été privilégié car il s'agit de pompes robustes et disponibles sur le marché avec surtout un accès facile aux pièces de rechange.

#### a. La pompe d'amenée

##### ❖ La hauteur manométrique totale (HMT)

La hauteur manométrique totale est la pression en mCE qu'une pompe devra imprimer à un volume d'eau pour assurer son déplacement. Dans notre cas, ce déplacement se fera du forage à la station de traitement. Elle dépend de la différence d'altitude entre le point le plus haut atteint par l'eau au niveau de la station de traitement, du niveau dynamique de l'eau dans le forage ainsi que des pertes de charges dans la conduite d'amenée.

$$HMT = H_{géo} + \Delta H$$

$$H_{géo} = C_{arrivée\ d'eau} - C_{Nd\ forage}$$

**$H_{géo}$  : Hauteur géométrique.**

**$C_{Nd\ forage}$  : Côte du niveau dynamique d'eau au forage.**

**$C_{arrivée\ d'eau}$  : côte d'arrivée d'eau à la station.**

Les pertes de charges ont été calculées à l'aide de la formule de Manning Strickler pour celles régulières et les pertes de charges singulières ont été prises égales à 5% des pertes de charges régulières.

Nous notons par ailleurs que les colonnes d'exhaure sont en acier inoxydable de diamètre DN80 connectées à la conduite d'amenée en fonte ductile de diamètre DN150.

#### Tableau XXI:Hauteur manométrique totale de la pompe d'amenée

Acier inoxydable :  $K_s = 80$  ; Fonte ductile :  $K_s = 90$

Méthodes	Côte Niveau dynamique forage (m)	Côte arrivée d'eau station (m)	$H_{géo}$ (m)	$\Delta H$ colonne d'exhaure (m)	$\Delta H$ conduite d'amenée (m)	$\Delta H$ (m)	HMT (m)
PEPAM	25.60	47.32	21.72	1.76	0.072	1.83	23.55
Classique	25.60	47.32	21.72	2.13	0.087	2.22	23.94

❖ Choix de la pompe

A l'aide du catalogue Grundfos et des caractéristiques requises, à savoir le débit et la HMT, les pompes du modèle SP30 s'avéraient les plus adaptées, tant pour la méthode PEPAM que celle classique. Les caractéristiques techniques des pompes choisies sont consignées dans le **tableau 23**.

**b. La pompe de refoulement**

A l'instar de la pompe d'amenée, la pompe de refoulement devra fournir une pression à l'eau pour permettre son déplacement. Ce déplacement se fera de la station de traitement au château d'eau.

❖ La hauteur manométrique totale

$$HMT = H_{géo} + \Delta H$$

$$H_{géo} = PHE_{CE} - PBE_{b\grave{a}che}$$

Nous obtenons ainsi les valeurs de la HMT pour la conduite de refoulement.

**Tableau XXII:Hauteur manométrique totale de la pompe de refoulement.**

Méthodes	Côte PBE dans la b\^ache (m)	Côte PHE ch\^ateau (m)	Hgéo (m)	$\Delta H$ (m)	HMT (m)
PEPAM	42.77	66.69	23.92	0.090	24.01
Classique	42.77	67.69	24.92	0.092	25.01

❖ Le choix de la pompe

Pour le refoulement, la situation se pr\^ete \^a l'utilisation d'une pompe de surface du fait de la faible profondeur de la b\^ache. Néanmoins, nous décidons d'utiliser un groupe électropompe immergé au niveau de la b\^ache de stockage. Ce choix se fait dans l'optique d'éviter les risques de cavitation qui pourraient survenir lors de l'utilisation d'une pompe de surface, de palier le problème de main d'œuvre en milieu rural mais également de minimiser les coûts de mise en œuvre.

A l'aide du catalogue Grundfos et des caractéristiques requises, à savoir le débit et la HMT, les pompes du modèle SP30 s'avèrent être les mieux adaptées. Pour la mise en œuvre, une chemise sera utilisée pour permettre un refroidissement du moteur.

**Tableau XXIII:Caractéristiques des pompes selon la méthode**

Désignation	Pompe d'amenée		Pompe de refoulement	
	PEPAM	Classique	PEPAM	Classique
Marque	Grundfos	Grundfos	Grundfos	Grundfos
Débit de pompage (m <sup>3</sup> /h)	34.5	37.7	34.6	34.3
Hauteur manométrique totale (m)	24	24.2	23	24.1
Type	SP30-4	SP30-5	SP30-4	SP30-4
Fréquence (Hz)	50	50	50	50
Moteur	MS4000	MS4000	MS4000	MS4000
Rendement pompe (%)	65.8	57.9	66.2	67.9
Puissance nominale (KW)	4	5.5	4	4
Rendement moteur (%)	78.9	80.5	78.9	78.9
Facteur de puissance $\cos\phi$	0.75	0.73	0.75	0.75

### c. Calcul de coup de bélier

Les résultats de la vérification de la résistance mécanique des conduites d'amenée et de refoulement sont consignés dans le **tableau XXIV**.

**Tableau XXIV: Vérification du coup de bélier**

	Conduite d'amenée		Conduite de refoulement	
	PEPAM	Classique	PEPAM	Classique
<b>D (m)</b>	0.15		0.15	
<b>e (m)</b>	0.063		0.063	
<b>g (m<sup>2</sup>/s)</b>	9.81		9.81	
<b>a</b>	1411		1411	
$\Delta V$ (m/s)	0.51	0.56	0.47	0.47
$\Delta h$ (m)	73.35	80.5	67.6	67.6
<b>HMT (m)</b>	23.55	23.94	23.01	24.01
<b>HMT+<math>\Delta h</math></b>	96.9	104.4	90.6	91.6
<b>HMT-<math>\Delta h</math></b>	- 49.8	-56.5	-44.6	-45.6

Au vu des résultats obtenus dans le tableau ci-dessus, nous remarquons que toutes les valeurs de surpression quelle que soit la nature de la conduite et la méthode, sont inférieures à la

pression nominale de 16 bars (160m). Par contre nous obtenons des valeurs de dépression négatives.

Afin de déterminer la nécessité d'un dispositif anti-bélier, nous vérifierons la valeur du rapport  $L/a$ . En effet, si la longueur de la canalisation est faible par rapport à la célérité de l'onde, c'est-à-dire si  $L/a < 0.25s$ , il n'est pas nécessaire d'envisager un dispositif anti-bélier.(DINEPA, 2013)

Pour le PEPAM nous avons une valeur de 0.05 s et pour la méthode classique une valeur de 0.06 s. Ces valeurs sont inférieures à 0.25s, donc un dispositif anti-bélier n'est pas nécessaire.

### V.8 - Choix des groupes électrogènes

Le groupe électrogène sera dimensionné de sorte à prendre en charge les pompes d'amenée et de refoulement. Afin d'optimiser le temps d'utilisation du groupe, les deux (2) pompes fonctionneront en simultanée sur une période de 9h et de 10h respectivement pour le PEPAM et la méthode classique, cela pour un filtre d'une épaisseur de 0.75 m et de dimensions permettant une vitesse de filtration de 1m/h.

En application de la formule précédemment énoncée, nous obtenons dans le **tableau XXV** le détail des puissances nécessaires pour chaque méthode employée.

**Tableau XXV: Choix du groupe électrogène**

Paramètres	PEPAM		THEORIQUE	
	Amenée	Refoulement	Amenée	Refoulement
$\eta_{pompe}$ (%)	65.8	66.2	57.9	67.9
$\eta_{moteur}$ (%)	78.9	78.9	80.5	78.9
$\cos\phi$	0.75	0.75	0.73	0.75
Puissance apparente (KVA)	19.3	18	24.6	18.3
Puissance totale	<b>37.3 KVA</b>		<b>42.9 KVA</b>	

D'après les caractéristiques des moteurs utilisés sur nos pompes (voir annexe IV), les moteurs ont des intensités de démarrage de 4.6 (MS4000-4KW) et 4.8 (MS4000-5.5KW). Nous proposons donc à cet effet un groupe électrogène de marque SDMO dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Pour la méthode PEPAM : **100 KVA 1500trs/min ; 50Hz - 400 - 230V**
- Pour la méthode classique : **120 KVA 1500trs/min ; 50Hz - 400 - 230V**

## VI. ETUDE FINANCIERE

### VI.1- Estimation financière des travaux

Selon le devis quantitatif et estimatif (voir annexe VII) pour chacun des scénarii établis, le coût du projet d'approvisionnement en eau potable de la localité de Bouno et ses villages polarisés s'élève pour la méthode PEPAM à **341 065 259 FCFA** et pour la méthode classique à **370 501 528 FCFA**. Le récapitulatif des coûts se présente comme suit :

N°	DESIGNATION	COÛTS EN FCFA	
		PEPAM	THEORIQUE
I	PREPARATION DU CHANTIER	47 896 754	47 896 754
II	ETUDES ET PLANS	6 032 090	6 032 090
III	CHÂTEAU D'EAU	57 842 909	59 241 152
IV	GENIE CIVIL	39 016 817	39 016 817
V	FORAGE	12 550 000	12 550 000
VI	CONDUITES ET ACCESSOIRES	110 299 784	126 006 532
VII	EQUIPEMENTS ELECTROMECHANIQUES	20 400 000	21 800 000
<b>TOTAL GENERAL HT</b>		<b>294 038 355</b>	<b>312 543 346</b>
<b>TVA (18%)</b>		<b>52 026 904</b>	<b>56 257 802</b>
<b>TOTAL GENERAL TTC</b>		<b>346 965 259</b>	<b>368 801 148</b>

### VI.2 - Détermination du prix de l'eau

Pour une bonne gestion des ouvrages hydrauliques, il est important que les populations bénéficiaires soient impliquées à tous les niveaux. C'est ainsi qu'elles doivent supporter les frais d'investissement et de fonctionnement en payant le mètre cube d'eau à un prix conséquent tout en restant dans l'intervalle de leurs possibilités financières.

Le prix du mètre cube de l'eau est calculé par la formule suivante :

$$P_r = \frac{A + I + C}{V}$$

Avec

$P_r$  : prix de revient de l'eau en FCFA/m<sup>3</sup> ;

A : amortissement des équipements à l'horizon du projet ;

I : coût d'investissement des travaux ;

C : charges d'exploitation et de maintenance des ouvrages ;

V : volume d'eau à l'horizon du projet.

#### ❖ Calcul des amortissements des équipements

Les dotations aux amortissements sont des dépenses de renouvellement, de remplacement ou de réhabilitation des actifs, décidées en fonction de la performance des actifs à remplir leur fonction. L'amortissement annuel est calculé en faisant le quotient du prix d'achat de l'actif par sa durée moyenne de vie.

**Tableau XXVI: Amortissement des équipements (PEPAM)**

Désignation	Base d'amortissement FCFA	Durée de vie	Amortissement annuel
Groupe électrogène	9 400 000	10	940 000
Pompes immergées	6 000 000	5	1 200 000
Canalisations en PVC	101 095 130	10	10 109 513
Bornes Fontaines	9 520 000	10	952 000
<b>Total amortissements annuels</b>			<b>13 201 513</b>
<b>Total des amortissements à l'horizon du projet</b>			<b>264 030 260</b>

**Tableau XXVII: Amortissement des équipements (Classique)**

Désignation	Base d'amortissement FCFA	Durée de vie	Amortissement annuel
Groupe électrogène	9 800 000	10	980 000
Pompes immergées	7 000 000	5	1 400 000
Canalisations en PVC	116 694 243	10	11 669 424
Bornes Fontaines	9 520 000	10	952 000
<b>Total amortissements annuels</b>			<b>15 001 424</b>
<b>Total des amortissements à l'horizon du projet</b>			<b>300 028 486</b>

#### ❖ Calcul des charges d'exploitation et de maintenance des ouvrages

Ces dépenses comprennent la main d'œuvre, le carburant, les produits chimiques, les pièces de rechange. Les charges d'exploitation et de maintenance seront évaluées à 0,5% sur le coût total d'investissement jusqu'à l'horizon du projet. Elles sont de **34 696 526 FCFA** pour la méthode PEPAM et de **36 880 115 FCFA** pour la méthode classique.

#### ❖ Volume d'eau à l'échéance du projet

La production à l'échéance du projet est obtenue par le calcul suivant :

$$V = B_{jp} * 365 * 20$$

Nous obtenons **2 206 863 m<sup>3</sup>** et **2 427 542m<sup>3</sup>** respectivement pour la méthode PEPAM et celle classique.

#### ❖ **Prix de revient de l'eau**

Après calcul, le prix de l'eau est de **293 FCFA** pour la méthode PEPAM et **291 FCFA** pour la méthode classique. Le mètre cube d'eau reviendrait donc à **300 FCFA**.

## VII. DISCUSSION

---

### VII.1 - Comparaison des méthodes

Afin de déterminer le meilleur système à appliquer pour la mise en œuvre de ce projet, nous avons employé deux (2) méthodes : la méthode dite classique et la méthode dite celle du PEPAM. Les données de dimensionnement utilisées pour la méthode classique découlent de constats et d'habitudes rencontrées sur des projets d'AEP divers et selon une catégorie de zone. La méthode PEPAM quant à elle est basée sur des constats enregistrés au niveau de différentes zones du Sénégal, mais étant donné la faible présence de système d'approvisionnement en eau dans la zone de Sédhiou, une estimation a été faite.

Au regard des résultats obtenus, nous faisons les remarques suivantes :

- La capacité du château d'eau obtenue est identique pour les deux (2) méthodes ;
- Pour les mêmes tronçons de même longueur, nous obtenons de plus petits diamètres avec la méthode PEPAM ;
- Le système dimensionné avec la méthode classique nécessite des pompes de capacité supérieure à celle de la méthode PEPAM ;
- La puissance totale des groupes électrogènes pour la méthode PEPAM est inférieure à celle classique.
- En estimation financière, le système PEPAM revient moins cher que celui classique avec un écart de **21 835 889 FCFA**.

D'autre part, le point O correspondant au village de Kapol a une côte terrain naturel contraignante pour la hauteur sous cuve du château d'eau. En appliquant les deux (2) méthodes de calcul, il ressort que le circuit CH - A - F - I - J - N - O impose une grosse conduite sur 3775 m pour une desserte de Kapol sous une pression minimale de 5 mCE en 2038 afin d'éviter :

- L'installation d'une bache de reprise, une station de relevage, une source d'énergie et un château de moindre volume à Kapol ou
- Un surpresseur et une source d'énergie à mi-parcours

Nous pouvons donc déduire de ces constats que la méthode PEPAM propose en globalité un système de capacité inférieure à celui obtenu avec la méthode classique. La conséquence serait alors que du point de vue économique, les installations effectuées dans le cadre du PEPAM soient moins coûteuses.

Néanmoins nous remarquons que du point de vue technique, les deux (2) systèmes semblent similaires à la différence des débits d'eau à fournir ainsi que la taille des conduites de distributions. Cette conséquence découle du choix des coefficients de pointe qui varient selon la méthode. Dans le cadre du PEPAM l'estimation des besoins en eau n'a pris en compte que le coefficient de pointe horaire, et cela dans une optique de ne pas surdimensionner les installations mais également dans le souci de mettre en place un système solvable et rentable étant donné les réalités du contexte rural. Le système obtenu par l'utilisation de la méthode classique quant à lui tient compte de tous les coefficients de sécurité. Bien que surdimensionné en comparaison au système PEPAM, il permettrait de satisfaire les besoins des populations jusqu'à l'horizon du projet et au-delà, mais également dans le cas où les estimations ont été biaisées.

## **VII.2 - Mode de gestion et d'entretien**

Afin de garantir de manière durable la gestion des infrastructures hydrauliques d'alimentation en eau potable, plusieurs réformes ont été mise en place au fil des années. Les modes de gestion de l'eau existant au Sénégal sont ceux communautaire et privé. En zone rurale, le mode de gestion pratiqué est celui communautaire. Il consiste en une organisation pratique permettant aux différents usagers d'être impliqués dans la gestion et cela se concrétise par la mise en place des mesures suivantes :

- Une politique de gestion et de maintenance des infrastructures hydrauliques axée sur la vente de l'eau au volume, entrée en application depuis 1999 à travers la réforme du système de gestion des forages
- La mise en place d'une ASUFOR (Association d'usagers de forage) chargée d'entretenir et d'exploiter (ou de faire exploiter par un opérateur privé) les ouvrages hydrauliques, avec un gérant de forage recruté au sein de la localité
- La création de l'OFOR (Office des Forages Ruraux) par la loi N° 2014-13, qui a pour rôle de réguler les rapports entre les différents acteurs du secteur, d'appuyer les ASUFORS et de veiller à la qualité de l'eau distribuée.

En ce qui concerne le fonctionnement au niveau des localités, il est nécessaire d'avoir un responsable au niveau de chaque BF, chargé de la distribution, de la collecte des frais, et de prévenir les responsables d'exploitation en cas de souci.

Pour la pérennisation des ouvrages, un contrôle régulier des installations (débit, pression, vidange et nettoyage du château) et de la qualité de l'eau est également nécessaire.

Les vitesses dans la conduite partant de Tambananding à Kapol ne respectant pas les contraintes d'auto-curage, il sera recommandé des vidanges périodiques en fonction de la qualité observée de l'eau.

## **VIII. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

---

### **VIII.1- Conclusion**

Au terme de cette étude il ressort du constat fait de l'état des lieux que l'approvisionnement en eau potable des villages de Bouno et polarisés pose un problème sérieux. En effet l'inventaire des points d'eau de la zone montre que les populations s'approvisionnent en majorité au niveau des puits dont la qualité de l'eau est quelque peu contestable et non sans risques pour la santé des populations. C'est dans ce sens qu'une étude est menée pour la mise en place d'un système d'adduction d'eau potable pour l'horizon 2038, visant à desservir les localités concernées en eau de qualité et en quantité suffisante. Pour ce faire, deux méthodes ont été utilisées parallèlement afin d'obtenir un système s'adaptant à la situation tant techniquement que financièrement. Ce système AEMV devant desservir Bouno et onze (11) autres villages, comprend un forage dont l'eau subira une déferrisation avant d'être refoulée vers un château d'eau, et un réseau de distribution long de 21872 m desservant 28 bornes fontaines. De l'étude menée il ressort que les systèmes obtenus sont de capacités pratiquement équivalentes, la grande différence se faisant ressentir au niveau de la taille des conduites ainsi que du coût estimatif.

Les paramètres utilisés dans le cadre de la méthode PEPAM permettent d'obtenir un système de **346 965 259 FCFA**, répondant aux besoins de la population à l'horizon fixé, moins coûteux, avec un souci de rentabilité par le mode de vente de l'eau. Néanmoins, il est évident que plus l'eau est disponible, plus les besoins se créent, et ce système pourrait montrer ses limites dans la satisfaction des populations mais aussi dans le cas d'une augmentation de la capacité de production.

Quant à l'emploi de la méthode classique, nous obtenons un système de **368 801 148 FCFA** dimensionné plus rigoureusement et répondant également aux besoins à l'horizon et pouvant permettre une exploitation des ouvrages au-delà de l'échéance si une augmentation de la capacité était envisagée.

De façon relative, l'un ou l'autre des systèmes est adapté à la situation mais en se plaçant dans une vision à long terme, il serait judicieux d'adopter la méthode classique. Mais pour des raisons budgétaires et d'uniformisation la méthode qui sera mise en œuvre dans le cadre du projet est celle PEPAM.

## **VIII.2- Recommandations et perspectives**

Dans le but d'assurer la pérennité des ouvrages à mettre en place, plusieurs dispositions sont à prendre en compte, entre autres :

- Sensibiliser les populations durant les différentes phases du projet sur l'importance de la vente de l'eau ;
- Informer sur une utilisation adéquate des points en précisant les risques de maladies hydriques pouvant provenir d'un environnement insalubre ;
- Mise en place d'amendes dissuasives pour pallier les cas de vandalisme.

Par ailleurs, pour une meilleure gestion des futurs projets, il serait judicieux de :

- Mettre en place des critères de choix des villages bénéficiaires, ce qui éviterait que certaines localités soient délaissées ;
- Renseigner les données hydrogéologiques afin de prévoir une utilisation raisonnable des ressources en eaux souterraines ;
- Se baser sur des données d'exploitation des systèmes existants pour la mise en place des systèmes futurs.

## **BIBLIOGRAPHIE**

---

- Conseil régional de Sédhiou. (2013, janvier). Plan régional de développement intégré de Sédhiou 2013-2018.
- Denis Zoungrana. (2003). Cours d'approvisionnement en eau potable EIER ETSHER.
- DINEPA. (2013). Directive technique, Conception d'installations de pompage électromécaniques.
- IDEV-ic. (2016). Plan de Développement Départemental de Sédhiou.
- ISN : NS 05-033. (1996). Normes de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine.
- OUEDRAOGO Bèga Urbain. (2005). Cours d'approvisionnement en eau potable.
- PEPAM. (2010). Revue Régionale PEPAM.
- PEPAM. (2016). Manuel des projets d'eau potable en milieu rural.
- Service Régional de la Statistique et de la Démographie (SRSD) de Sédhiou. (2017, mai). SES Sédhiou 2014. ANSD.
- Water and Sanitation Program. (2010, octobre). Délégation de la gestion du service d'eau en milieu rural et semi urbain.

## **SITES INTERNET**

- Suez water handbook. **consulté le 2018-06-07**  
<https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/filtration/filtration-sur-lit-granulaire>
- Hydro- Land **consulté le 2018-05-22** <http://pravarini.free.fr>

## **ANNEXES**

---

ANNEXE I:FICHE D'ANALYSE DE L'EAU DU FORAGE.....	II
ANNEXE II:PLANS DU RESEAU.....	III
ANNEXE III:PROFILS EN LONG DU RESEAU.....	IV
ANNEXE IV: CARACTERISTIQUES DES POMPES.....	VI
ANNEXE V: DIMENSIONNEMENT ET DESCRIPTION DE LA STATION DE TRAITEMENT .....	XII
ANNEXE VI: PLANS DE LA STATION DE TRAITEMENT .....	XIII
ANNEXE VII: DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....	XIV
ANNEXE VIII:CARNET DES NOEUDS (PEPAM).....	XXII

**ANNEXE I: FICHE D'ANALYSE DE L'EAU DU FORAGE**



**Laboratoire d'Analyses et d'Essais**



Ecole Supérieure Polytechnique • Université Cheikh Anta Diop • B.P. 5085 • DAKAR Fann SENEGAL

(221) 33825. 08. 94

(221) 33824. 37. 11

Port. (221) 77 578 19 69

N. Réf. : CMD/abd/0822/0582/2016

Dakar, le 29 juillet 2016

N° Client : < 13 >

**CERTIFICAT N°0883/2016**

**Demandeur** ASCON SARL  
**Adresse** Diamalaye, Cité Djily Mbaye – 425 bis Dakar  
**Echantillon** Eau de forage (BOUNO à la date du 1<sup>er</sup> juillet 2016)  
**Nombre d'échantillons** 01  
**Analyses** Chimie  
**Date de réception** 21/07/2016  
**Votre référence** Sans réf.

CABINET MERLIN

01 AOUT 2016

COURRIER REÇU

**Tableau des résultats**

ELEMENTS	RESULTATS	Recommandations OMS
	Eau de forage (BOUNO à la date du 1 <sup>er</sup> juillet 2016)	
pH	8,87	6,5 – 9
Chlorures (mg/l)	3,20	< 200
Bicarbonate (mg/l)	111,02	-
TH (°F)	1,6	≥15°F
Conductivité (µS/cm)	243	400
Résidu sec (mg/l)	290	< 1500
Nitrates (mg/l)	0	< 50
Fluor (mg/l)	0,5	1,5
Sulfates (mg/l)	13,13	< 250
Calcium (mg/l)	37,41	-
Sodium (mg/l)	84,17	< 150
Potassium (mg/l)	7,36	< 12
Magnésium (mg/l)	3,69	< 50
Lithium (mg/l)	0	-
Ammonium (mg/l)	2,05	1,5
Carbonates (méq/l)	7,2	-
Phosphate (mg/l)	0	5
Fer (mg/l)	3,11	0,2
Bromide	0	0

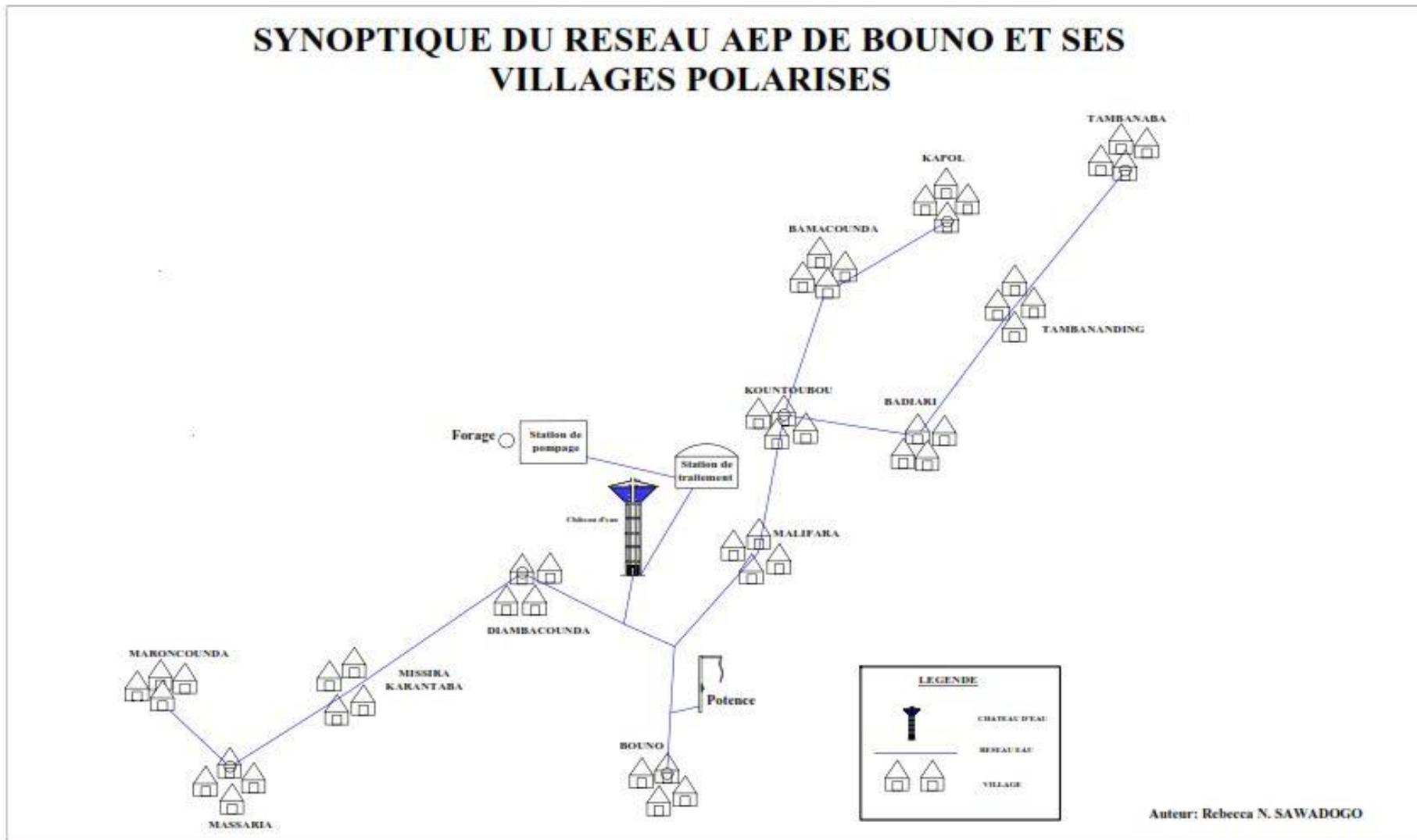
**N.B :** La validité de ce certificat d'analyses ne concerne que le ou les échantillons soumis aux analyses effectuées au Laboratoire.

« La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral »



## ANNEXE II: PLANS DU RESEAU

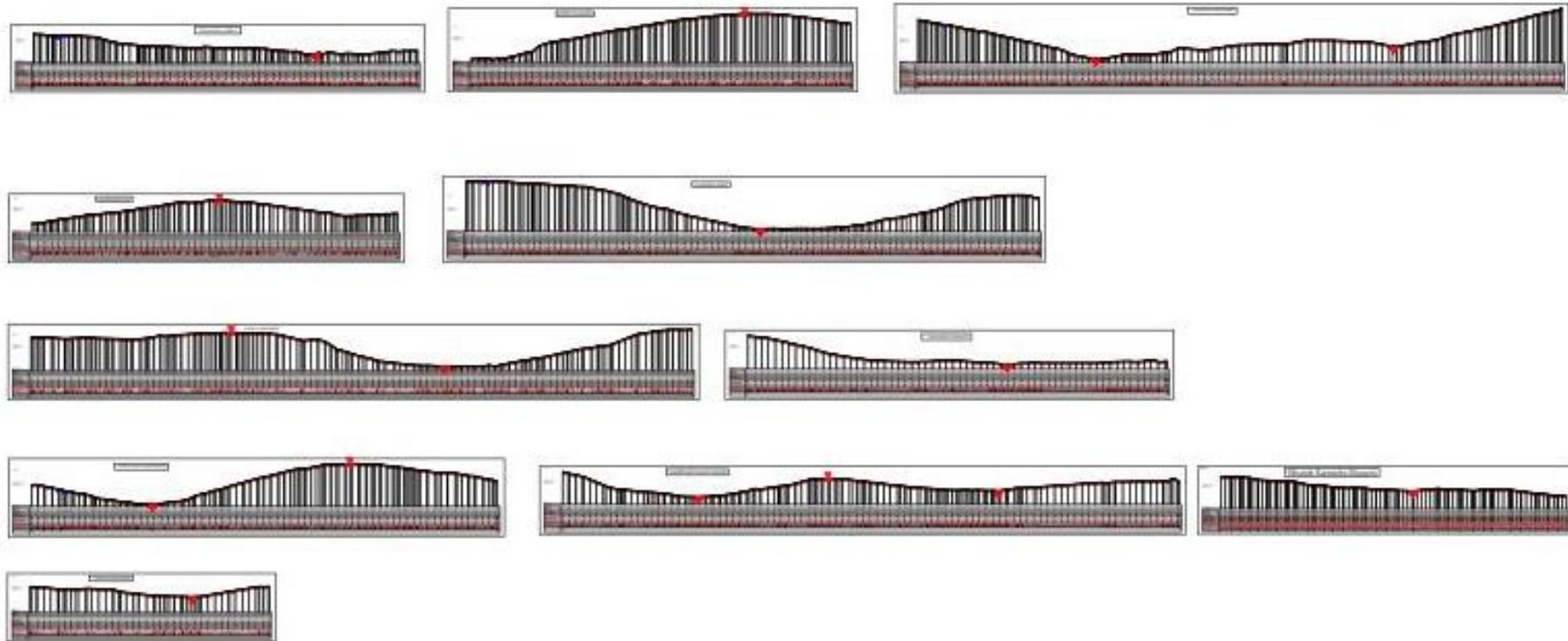
### SYNOPTIQUE



DETAILS DU RESEAU AU NIVEAU DU VILLAGE DE BOUNO



### ANNEXE III: PROFILS EN LONG DU RESEAU



## **ANNEXE IV: CARACTERISTIQUES DES POMPES**

### **POMPE SP 30-4**

Pompe immergée, convient au pompage d'eau propre. La pompe peut être installée à la verticale ou à l'horizontale. Tous les composants sont en acier inoxydable, EN 1.4301 (AISI 304), pour une grande résistance à la corrosion

#### **Liquide:**

Liquide pompé :	Eau
Température liquide maximum :	40 °C
T° max. liquide à 0,15 m/sec :	40 °C
Température du liquide durant l'opération :	20 °C
Masse volumique :	998.2 kg/m <sup>3</sup>

#### **Technique :**

Vitesse de rotation pour les données de la pompe :	2900 mn-1
Débit nominal :	30 m <sup>3</sup> /h
Pression nominale :	30 m
Garniture mécanique pour moteur :	HM/CER
Certifications sur la plaque signalétique :	CE,EAC
Tolérance de courbe :	ISO9906:2012 3B
Version moteur :	T40

#### **Donnée électrique :**

Type moteur :	MS4000
Puissance nominale - P2 :	4 kW
Puissance (P2) requise par pompe :	4 kW
Fréquence d'alimentation :	50 Hz
Tension nominale :	3 x 380-400-415 V
Courant nominal :	9.75-9.60-9.80 A
Intensité démarrage :	460-500-530 %
Cos phi - facteur de puissance :	0.85-0.80-0.77
Vitesse nominale :	2850-2865-2875 mn-1
Méthode de démarrage :	direct
Indice de protection (IEC 34-5) :	IP68
Classe d'isolement (IEC 85) :	F

Capteur de température intégré : non

### **POMPE SP 30-5**

Pompe immergée, convient au pompage d'eau propre. La pompe peut être installée à la verticale ou à l'horizontale. Tous les composants sont en acier inoxydable, EN 1.4301 (AISI 304), pour une grande résistance à la corrosion.

#### **Liquide:**

Liquide pompé : Eau  
Température liquide maximum : 40 °C  
T° max. liquide à 0,15 m/sec : 40 °C  
Température du liquide durant l'opération : 20 °C  
Masse volumique : 998.2 kg/m<sup>3</sup>

#### **Technique :**

Vitesse de rotation pour les données de la pompe : 2900 mn-1  
Débit nominal : 30 m<sup>3</sup>/h  
Pression nominale : 38 m  
Garniture mécanique pour moteur : HM/CER  
Certifications sur la plaque signalétique : CE,EAC  
Tolérance de courbe : ISO9906:2012 3B  
Version moteur : T40

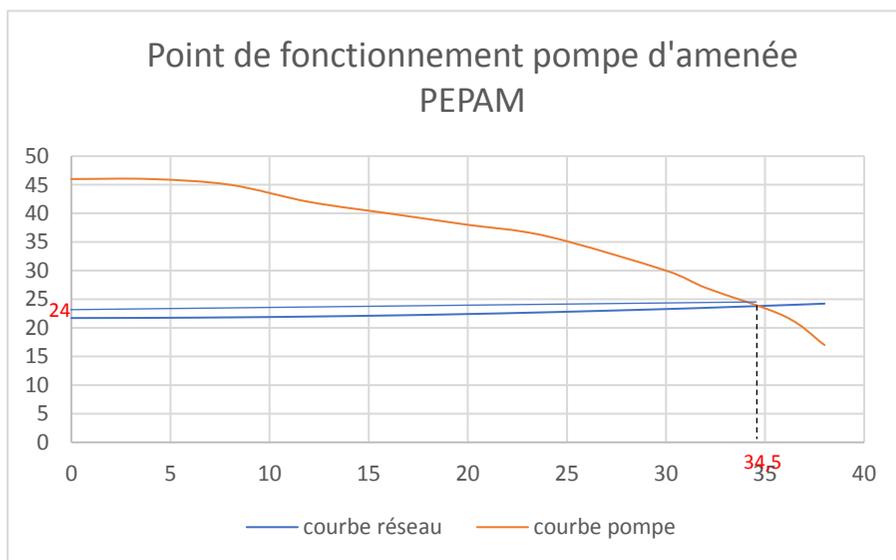
#### **Donnée électrique:**

Type moteur: MS4000  
Puissance nominale - P2: 5.5 kW  
Puissance (P2) requise par pompe : 5.5 kW  
Fréquence d'alimentation : 50 Hz  
Tension nominale : 3 x 380-400-415 V  
Courant nominal : 13.0-13.0-13.4 A  
Intensité démarrage : 480-530-550 %  
Cos phi - facteur de puissance : 0.85-0.81-0.76  
Vitesse nominale : 2850-2860-2870 mn-1  
Méthode de démarrage : direct  
Indice de protection (IEC 34-5) : IP68

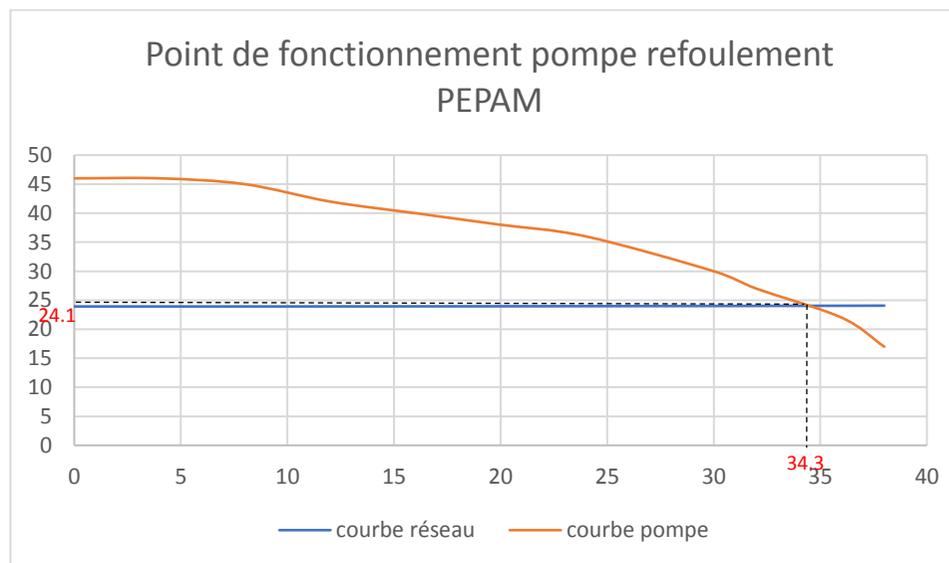
## **DETERMINATION DES POINTS DE FONCTIONNEMENT DES POMPES**

Le point de fonctionnement d'une pompe est le point d'intersection de la courbe caractéristique de la pompe et de la courbe caractéristique de la conduite d'amenée ou de refoulement selon le cas.

### ❖ Pompes PEPAM (amenée et refoulement)



**Graphe 1: point de fonctionnement pompe d'amenée**



**graphe 2: point de fonctionnement pompe de refoulement**

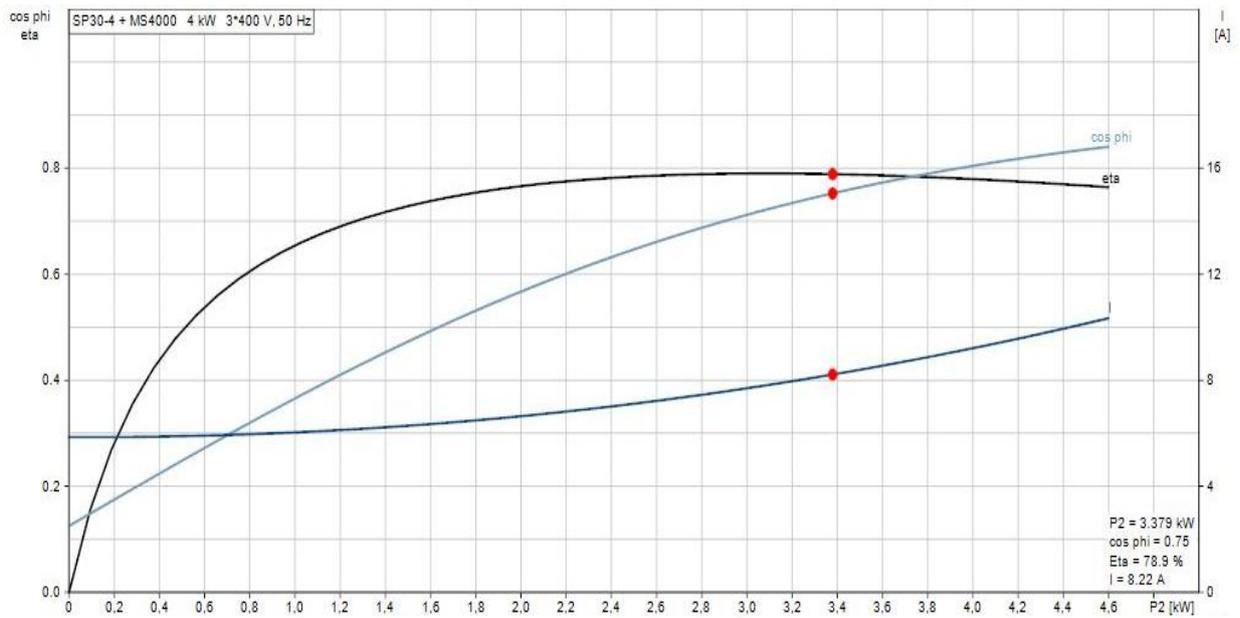


Figure 5:Caractéristiques moteur de la pompe d'amenée

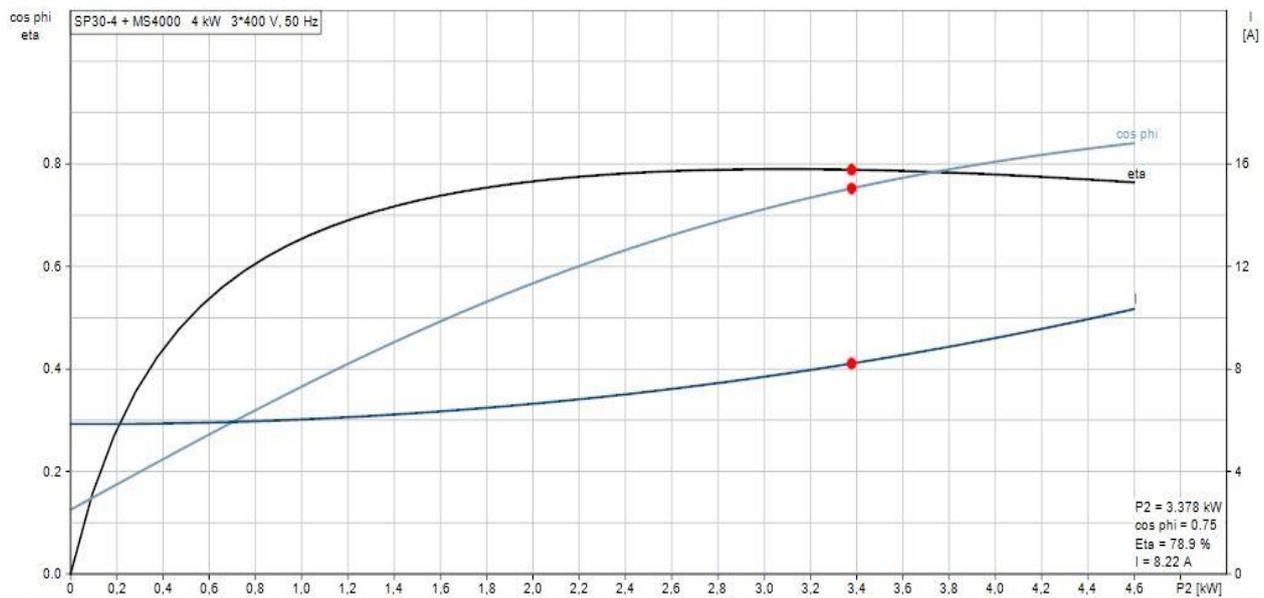
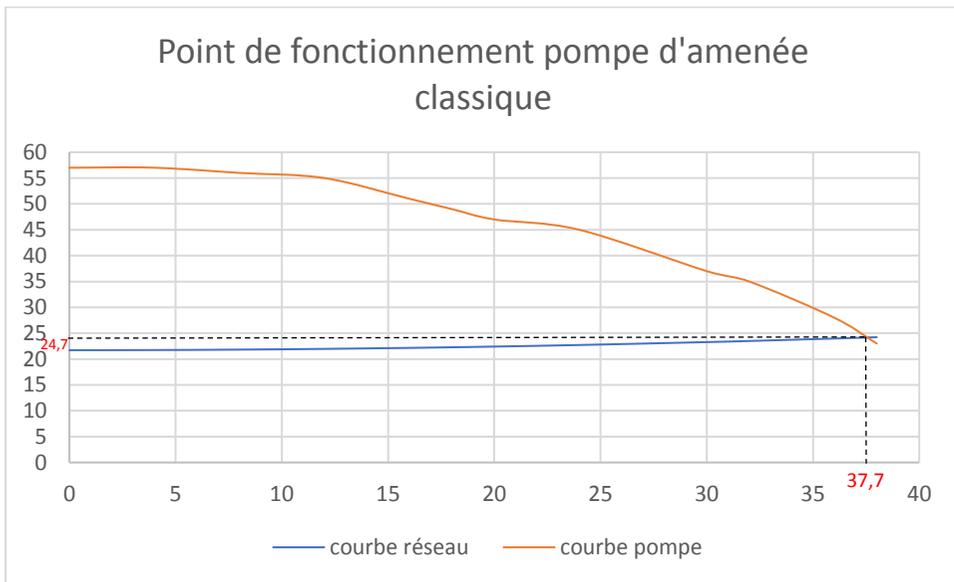
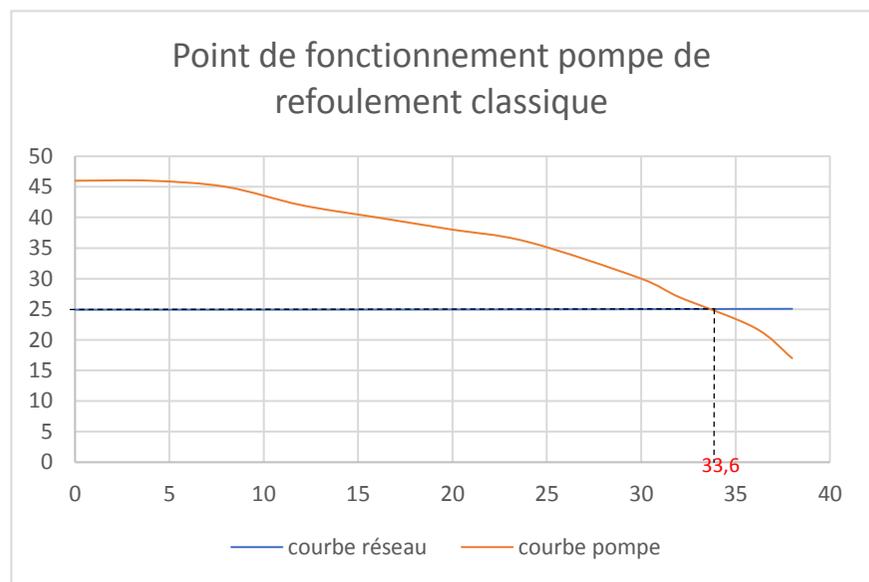


Figure 6:Caractéristiques moteur de la pompe de refoulement

❖ Pompes classique (amenée et refoulement)



**Graph 3: Point de fonctionnement pompe d'amenée**



**graph 4: Point de fonctionnement pompe de refoulement**

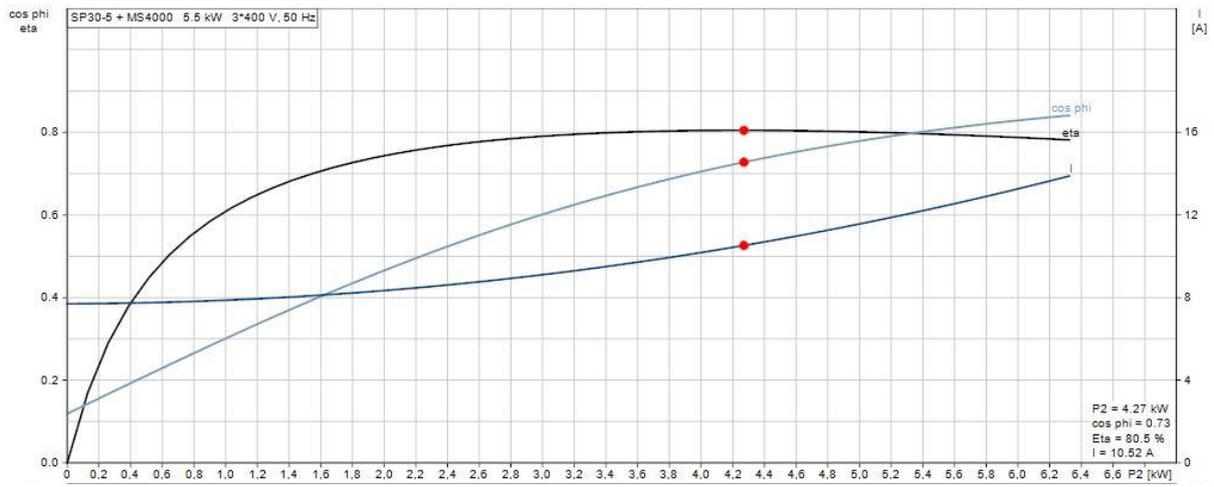


Figure 7:Caractéristiques moteur de la pompe d'amenée

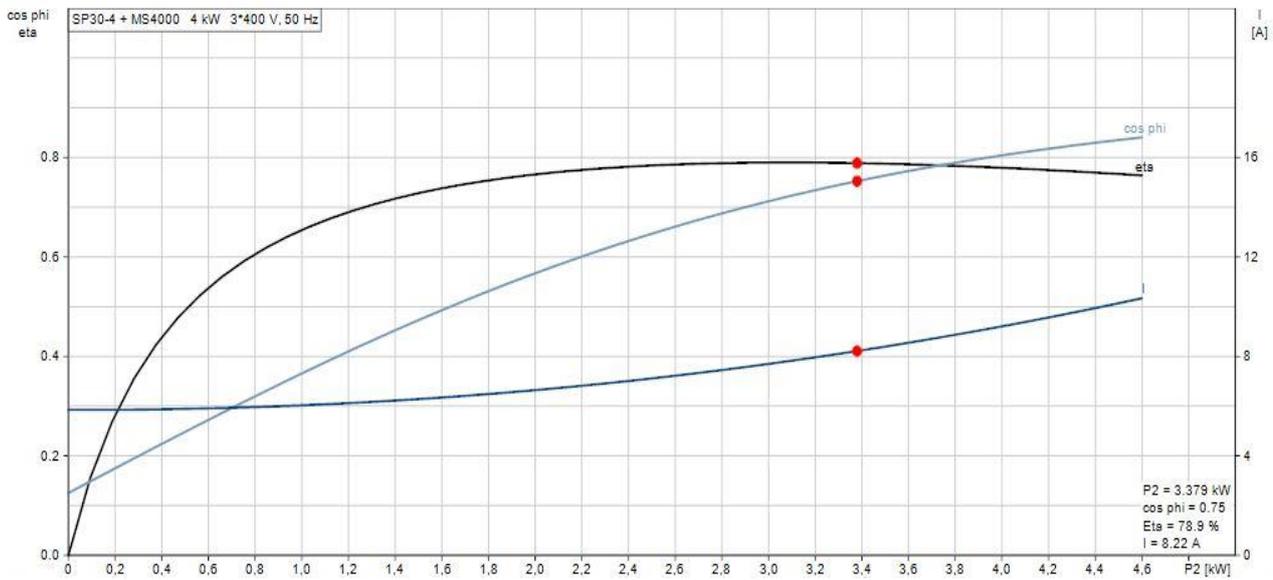


Figure 8:Caractéristiques moteur de la pompe de refoulement

## ANNEXE V: DIMENSIONNEMENT ET DESCRIPTION DE LA STATION DE TRAITEMENT

Le dimensionnement des installations est fonction du volume de l'eau à traiter, notamment du débit de la pompe installée dans le forage.

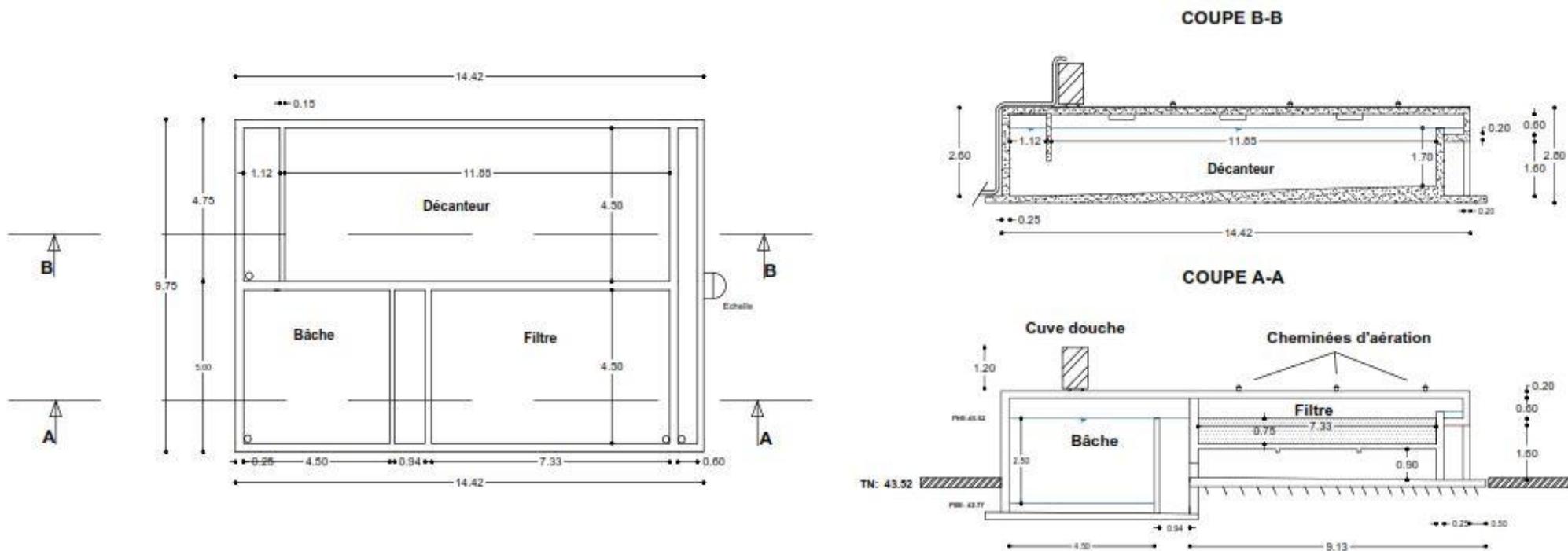
<b>Caractéristiques des installations</b>	
<b>Dimensions décanteur</b>	
Largeur (m)	4.5
Longueur (m)	11.83
Surface (m <sup>2</sup> )	53.2
<b>Dimensions filtre</b>	
Largeur (m)	4.5
Longueur (m)	7.33
Surface (m <sup>2</sup> )	33
Epaisseur (m)	0.75
<b>Dimensions bache</b>	
Largeur (m)	4.5
Longueur (m)	4.5
Hauteur utile (m)	2.5
Volume utile (m <sup>3</sup> )	50
Volume totale (m <sup>3</sup> )	73

Les installations seront composées des éléments suivants :

- Une grande « douche » montée dans une cuve d'acier inox (épaisseur 3 mm) à fond percé. L'eau pompée du forage est déversée dans la cuve où elle est pulvérisée sur des éléments en plastique qui amplifient la pulvérisation et augmentent ainsi le temps d'oxygénation.  
Dimensions de la cuve : diamètre 1,00 m, hauteur 1,20 m.
- Un décanteur fait de béton couvert d'une dalle en béton. Le fonds du décanteur présente une pente vers la vidange, facilitant l'enlèvement du matériel décanté.
- Un bac en béton couvert d'une dalle en béton, et rempli d'une couche de sable bien calibré de 0,75 m d'épaisseur, sert de filtre lent. La couche de sable est posée sur une couche de gravier fin qui permettra le drainage de l'eau vers des ouvertures dans la dalle de béton qui sert de support au filtre. L'eau filtrée est drainée vers un réceptacle sous le filtre. Les dimensions du filtre permettent une vitesse de filtration de l'ordre de 1 m/h
- Une bache en béton, couvert d'une dalle en béton collecte l'eau traitée. Un mur dont la hauteur correspond au sommet du filtre est réalisé à environ 0.9 m de l'entrée de la bache, le fait que l'eau doit passer au-dessus du mur permet de conserver le niveau de l'eau dans le filtre. Les dimensions de la bache doivent assurer une autonomie d'au moins une heure.

## ANNEXE VI: PLANS DE LA STATION DE TRAITEMENT

### STATION DE DEFERRISATION DE BOUNO



Auteur: Rebecca Nazanbamba SAWADOGO

**ANNEXE VII: DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF**

<b>DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF OBTENU PAR LA METHODE PEPAM</b>					
<b>N°</b>	<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire</b>	<b>Prix total</b>
<b>I</b>	<b>PREPARATION DU CHANTIER</b>				
I-1	Installation base vie	FF	1	45 000 000	45 000 000
I-2	Installation, amenée et repli chantier, toutes sujétions comprises	FF	1	2 574 900	2 574 900
I-3	Nettoyage, désherbage et décapage de l'emprise des ouvrages	FF	1	321 854	321 854
<b>SOUS TOTAL I</b>					<b>47 896 754</b>
<b>II</b>	<b>ETUDES ET PLANS</b>				
II-1	Levés topographiques	Km	20.26	180 282	3 652 513
II-2	Etudes de sol pour construction Château d'eau en béton armé	FF	1	1 931 130	1 931 130
II-3	Etudes et plans d'exécution - Ouvrages Hydrauliques	FF	1	193 114	193 114
II-4	Elaboration du Plan assurance environnement du chantier	FF	1	96 554	96 554
II-5	Elaboration du Plan d'Assurance Qualité	FF	1	96 554	96 554
II-6	Document de récolement des ouvrages hydrauliques et réseaux	FF	1	62 225	62 225
<b>SOUS TOTAL II</b>					<b>6 032 090</b>
<b>III</b>	<b>CHÂTEAU D'EAU TRONCONIQUE de 150 m3 sur 19 m</b>				
III-1	Terrassements	u	1	457 000	457 000
III-2	Fondation	FF	1	5 052 722	5 052 722
III-3	Elevation	FF	1	11 125 155	11 125 155
III-4	Cuve	FF	1	10 455 444	10 455 444
III-5	Coupole	FF	1	3 315 721	3 315 721
III-6	Conduites en fonte ductile diamètre 100 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	ml	17.8	493 030	8 775 925
III-7	Conduites en fonte ductile diamètre 125 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	ml	16.6	811 309	13 467 733

III-8	Robinet vanne en fonte ductile diamètre 150 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	u	1	152 556	152 556
III-9	Robinet vanne en fonte ductile diamètre 125 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	u	1	118 503	118 503
III-10	Robinet vanne en fonte ductile diamètre 100 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	u	2	81 075	162 150
III-11	Crépine diamètre 125 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	u	1	85 851	85 851
III-12	Capot de fermeture	u	1	205 984	205 984
III-13	Echelle métallique	ml	20	25 000	500 000
III-14	Indicateur de niveau	u	1	402 090	402 090
III-15	Plaque signalétique	u	1	200 000	200 000
III-16	Paratonnerre	u	1	1 539 125	1 539 125
III-17	Massif pour déversement eau de vidange et TP	FF	1	96 553	96 553
III-18	Porte métallique	u	1	193 113	193 113
III-19	Essai d'étanchéité	FF	1	257 487	257 487
III-20	Désinfection	FF	1	643 707	643 707
III-21	Peinture à eau en deux couches précédées d'une couche de chaux pour château y/c toutes sujétions	m2	130	4 893	636 090
<b>SOUS TOTAL III</b>					<b>57 842 909</b>
<b>IV</b>	<b>GENIE CIVIL</b>				
IV-1	Cabine de pompage	Ens	1	2 208 758	2 208 758
IV-2	Station de traitement	Ens	1	25 000 000	25 000 000
IV-3	Clôture	Ens		1 716 775	1 716 775
IV-4	Bornes fontaine	u	28	340 000	9 520 000
IV-5	Potence	Ens	1	571 284	571 284
<b>SOUS TOTAL IV</b>					<b>39 016 817</b>

<b>V</b>	<b>FORAGE</b>				
V-1	Mobilisation et démobilisation	FF	1	2 950 000	2 950 000
V-2	Réalisation du forage y compris toutes sujétions	FF	1	9 600 000	9 600 000
<b>SOUS TOTAL V</b>					<b>12 550 000</b>
<b>VI</b>	<b>CONDUITES ET ACCESSOIRES</b>				
<b>VI-1</b>	<b>Fournitures et pose conduites PVC y/c fouille standard et essais de pression</b>				
VI-1-1	Fourniture et pose de canalisation PVC à joints élastomères PN 10 DN 160	ml	3 358	6 957	23 361 606
VI-1-2	Fourniture et pose de canalisation PVC à joints élastomères PN 10 DN 110	ml	7 358	5 256	38 673 648
VI-1-3	Fourniture et pose de canalisation PVC à joints élastomères PN 10 DN 90	ml	5 348	3 937	21 055 076
VI-1-4	Fourniture et pose de canalisation PVC à joints élastomères PN 10 DN 63	ml	5 808	3 100	18 004 800
VI-1-5	Fourniture et pose de conduite en fonte ductile PN 10 DN 150	ml	66	11 242	741 972
VI-1-6	Fourniture et pose de robinetteries et divers accessoires de branchements sur le tuyau de refoulement à l'intérieur de la cabine de pompage ( robinet vanne, cônes, réducteurs, clapets anti-retour, massif d'encrage, colliers, compteurs, manomètres, etc.)	Ens	1	1 050 122	1 050 122
<b>VI-2</b>	<b>Vannes de sectionnement</b>				
VI-2-1	Fourniture et pose de regards en maçonnerie d'agglos plein de 15 pour vannes avec dispositif de sécurisation	u	5	345 237	1 726 185
<b>VI-3</b>	<b>Ventouses</b>				
VI-3-1	Fourniture et pose de ventouse DN 60 y/c accessoires pour raccordement (brides...) et toutes sujétions	u	5	374 608	1 873 038
<b>VI-4</b>	<b>Vidanges</b>				

VI-4-1	Fourniture et pose de vidange DN40, de vanne, y/c accessoires (brides majors...) et toutes sujétions	u	2	267 800	535 600
VI-4-2	Fourniture et pose de vidange DN60, de vanne, y/c accessoires (brides majors...) et toutes sujétions	u	9	364 193	3 277 737
<b>SOUS TOTAL VI</b>					<b>110 299 784</b>
<b>VII</b>	<b>EQUIPEMENTS ELECTROMECHANIQUES</b>				
VII-1	Fourniture et installation de d'électropompe immergée SP30-4 (amenée) équipée de colonnes d'exhaure y/c câble électrique	u	1	3 000 000	3 000 000
VII-2	Fourniture et installation de d'électropompe immergée SP30-4 (refoulement) équipée de colonnes d'exhaure y/c câble électrique	u	1	3 000 000	3 000 000
VII-3	Fourniture et installation d'un groupe électrogène de 100KVA; 3P+N, 230/400V	u	1	9 400 000	9 400 000
VII-4	Dispositif de chloration type DOSATRON y/c abri de protection	u	1	5 000 000	5 000 000
<b>SOUS TOTAL VII</b>					<b>15 400 000</b>
<b>TOTAL GENERAL HT-HD</b>					<b>289 038 355</b>
<b>TVA (18%)</b>					<b>52 026 904</b>
<b>TOTAL GENERAL TTC</b>					<b>341 065 259</b>

<b>DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF OBTENU PAR LA METHODE THEORIQUE</b>					
<b>N°</b>	<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire</b>	<b>Prix total</b>
<b>I</b>	<b>PREPARATION DU CHANTIER</b>				
I-1	45 000 000	FF	1	49 500 000	49 500 000
I-2	2 574 900	FF	1	2 574 900	2 574 900
I-3	321 854	FF	1	321 854	321 854
<b>SOUS TOTAL I</b>					<b>47 896 754</b>
<b>II</b>	<b>ETUDES ET PLANS</b>				
II-1	Levés topographiques	Km	20.26	180 282	3 652 513
II-2	Etudes de sol pour construction Château d'eau en béton armé	FF	1	1 931 130	1 931 130
II-3	Etudes et plans d'exécution - Ouvrages Hydrauliques	FF	1	193 114	193 114
II-4	Elaboration du Plan assurance environnement du chantier	FF	1	96 554	96 554
II-5	Elaboration du Plan d'Assurance Qualité	FF	1	96 554	96 554
II-6	Document de récolement des ouvrages hydrauliques et réseaux	FF	1	62 225	62 225
<b>SOUS TOTAL II</b>					<b>6 032 090</b>
<b>III</b>	<b>CHÂTEAU D'EAU TRONCONIQUE de 115 m3 sur 20 m</b>				
III-1	Terrassements	Ens	1	528 000	528 000
III-2	Fondation	Ens	1	5 175 862	5 175 862
III-3	Elevation	Ens	1	12 112 895	12 112 895
III-4	Cuve	Ens	1	11 765 444	11 765 444
III-5	Coupole	Ens	1	3 446 721	3 446 721
III-6	Conduites en fonte ductile diamètre 100 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	ml	18.8	493 030	8 775 925
III-7	Conduites en fonte ductile diamètre 125 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	ml	17.6	811 309	13 467 733
III-8	Robinet vanne en fonte ductile diamètre 150 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	u	1	152 556	152 556

XVIII

III-9	Robinet vanne en fonte ductile diamètre 125 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	u	1	118 503	237 005
III-10	Robinet vanne en fonte ductile diamètre 100 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	u	2	81 075	162 150
III-11	Crépine diamètre 125 y/c accessoires de pose et pièces de raccords	u	1	85 851	85 851
III-12	Capot de fermeture	u	1	205 984	205 984
III-13	Echelle métallique	ml	20	25 000	500 000
III-14	Indicateur de niveau	u	1	402 090	402 090
III-15	Plaque signalétique	u	1	200 000	200 000
III-16	Paratonnerre	u	1	1 539 125	1 539 125
III-17	Massif pour déversement eau de vidange et TP	FF	1	96 553	96 553
III-18	Porte métallique	u	1	193 113	193 113
III-19	Essai d'étanchéité	FF	1	257 487	257 487
III-20	Désinfection	FF	1	643 707	643 707
III-21	Peinture à eau en deux couches précédées d'une couche de chaux pour château y/c toutes sujétions	m <sup>2</sup>	150	4 893	733 950
<b>SOUS TOTAL III</b>					<b>60 682 152</b>
<b>IV</b>	<b>GENIE CIVIL</b>				
IV-1	Cabine de pompage	Ens	1	2 208 758	2 208 758
IV-2	Station de traitement	Ens	1	25 000 000	25 000 000
IV-3	Clôture	Ens	1	1 716 775	1 716 775
IV-4	Bornes fontaine	u	28	340 000	9 520 000
IV-5	Potence	Ens	1	571 284	571 284
<b>SOUS TOTAL IV</b>					<b>39 016 817</b>
<b>V</b>	<b>FORAGE</b>				
V-1	Mobilisation et démobilisation	FF	1	2 950 000	2 950 000

V-2	Réalisation du forage y compris toutes sujétions	FF	1	9 600 000	9 600 000
<b>SOUS TOTAL V</b>					<b>12 550 000</b>
<b>VI</b>	<b>CONDUITES ET ACCESSOIRES</b>				
<b>VI-1</b>	<b>Fournitures et pose conduites PVC y/c fouille standard et essais de pression</b>				
VI-1-1	Fourniture et pose de canalisation PVC à joints élastomères PN 10 DN 160	ml	8 200	6 957	57 047 400
VI-1-2	Fourniture et pose de canalisation PVC à joints élastomères PN 10 DN 110	ml	6 256	5 256	32 881 536
VI-1-3	Fourniture et pose de canalisation PVC à joints élastomères PN 10 DN 90	ml	4 511	3 937	17 759 807
VI-1-4	Fourniture et pose de canalisation PVC à joints élastomères PN 10 DN 63	ml	2 905	3 100	9 005 500
VI-1-5	Fourniture et pose de conduite en fonte ductile PN 10 DN 150	ml	67	11 242	753 214
VI-1-6	Fourniture et pose de robinetteries et divers accessoires de branchements sur le tuyau de refoulement à l'intérieur de la cabine de pompage ( robinet vanne, cônes, réducteurs, clapets anti-retour, massif d'encrage, colliers, compteurs, manomètres, etc.)	Ens	1	1 050 122	1 050 122
<b>VI-2</b>	<b>Vannes de sectionnement</b>				
VI-2-1	Fourniture et pose de regards en maçonnerie d'agglos plein de 15 pour vannes avec dispositif de sécurisation	u	5	345 237	1 726 185
<b>VI-3</b>	<b>Ventouses</b>				
VI-3-1	Fourniture et pose de ventouse DN 60 y/c accessoires pour raccordement (brides...) et toutes sujétions	u	5	374 608	1 873 038
<b>VI-4</b>	<b>Vidanges</b>	u			
VI-4-1	Fourniture et pose de vidange DN40, de vanne, y/c accessoires (brides majors...) et toutes sujétions	u	1	267 800	267 800

VI-4-2	Fourniture et pose de vidange DN60, de vanne, y/c accessoires (brides majors...) et toutes sujétions	u	10	364 193	3 641 930
<b>SOUS TOTAL VI</b>					<b>126 006 532</b>
<b>VII</b>	<b>EQUIPEMENTS ELECTROMECHANIQUES</b>				
VII-1	Fourniture et installation d'électropompe immergée SP30-5 équipée de colonnes d'exhaure y/c câble électrique	u	1	4 000 000	4 000 000
VII-2	Fourniture et installation de d'électropompe immergée SP30-4 équipée de colonnes d'exhaure y/c câble électrique	u	1	3 000 000	3 000 000
VII-3	Fourniture et installation d'un groupe électrogène de 120KVA ; 3P+N, 230/400V	u	1	9 800 000	9 800 000
VII-4	Dispositif de chloration type DOSATRON y/c abri de protection	u	1	5 000 000	5 000 000
<b>SOUS TOTAL VII</b>					<b>21 800 000</b>
<b>TOTAL GENERAL HT-HD</b>					<b>313 984 346</b>
<b>TVA (18%)</b>					<b>56 517 182</b>
<b>TOTAL GENERAL TTC</b>					<b>370 501 528</b>

**ANNEXE VIII: CARNET DES NOEUDS (PEPAM)**

Nœuds	Schéma	Description	Quantité
<b>A</b>		Té à brides fonte DN 150	1
		Robinet vanne DN 150	1
		Robinet vanne DN 100	1
		Cône de réduction 150/100	1
		Adaptateur à bride PVC 160	2
		Adaptateur à bride PVC 110	1
		Butée en béton	1
<b>B</b>		Coude PVC 1/8 DN 110	2
		Butée en béton	2
<b>C</b>		Réducteur DN 110/90	1
<b>D</b>		Coude PVC 1/8 DN 90	2
		Réducteur DN 90/63	1
		Butée en béton	2
<b>E et M</b>		Bouchon Femelle PVC DN 63	1
		Butée en béton	1
<b>F</b>		Té à brides fonte DN 150	1
		Coude 1/16 DN 150	1
		Cône de réduction 150/100	1
		Robinet vanne DN 150	1
		Robinet vanne DN 100	1
		Adaptateur à brides PVC 160	2
		Adaptateur à brides PVC 110	1
		Butée en béton	2

<b>G</b>		Té à brides fonte 100/60/100	1
		Cône de réduction 100/80	1
		Robinet vanne DN 80	1
		Robinet vanne DN 60	1
		Adaptateur à bride Fonte 100	1
		Adaptateur à bride PVC 63	1
		Adaptateur à bride PVC 90	1
		Butée en béton	1
<b>I</b>		Coude PVC 1/8 DN160	1
		Butée en béton	1
<b>J</b>		Té à brides fonte 150/100/150	1
		Cône de réduction 150/80	1
		Robinet vanne DN 80	1
		Robinet vanne DN 100	1
		Coude 1/8 DN 100	1
		Adaptateur à brides PVC DN 160	1
		Adaptateur à brides PVC DN 110	1
		Adaptateur à bride PVC DN 90	1
		Butée en béton	2
<b>K</b>		Coude PVC 1/8 DN 110	1
		Réducteur DN 110/63	1
		Butée en béton	1
<b>N</b>		Coude PVC 1/8 DN 90	1
		Butée en béton	1
<b>O</b>		Bouchon Femelle DN 90	1
		Butée en béton	1