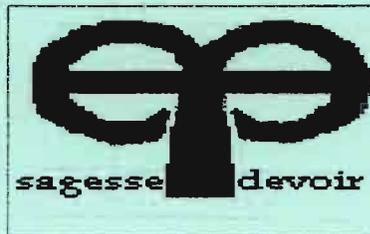


REPUBLIQUE DU SENEGAL



GC.0555

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

DEPARTEMENT GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

Titre :

Alimentation en eau potable des villages de Mbane à partir du Lac de Guiers.

Auteurs : *Papa Boucar DIOUF*
Mor Talla MBENGUE

Directeur : *M. Séni TAMBA*

Co-directeur: *M. Lamine DOUMBOUYA*

Année Académique: 2008 / 2009

DEDICACES

À nos très chers parents,

À nos familles respectives,

À nos amis et à tous ceux qui nous sont chers,

À nos camarades de promotion,

Nous dédions ce travail.

REMERCIEMENTS

De prime abord nous remercions à ALLAH le tout puissant qui nous a aidés à accomplir ce modeste travail en paix.

Nous saisissons cette occasion pour exprimer nos sincères remerciements à notre Directeur interne Monsieur Séni TAMBA professeur à l'EPT, pour sa disponibilité et l'appui incessant qu'il nous a fourni tout au long de ce travail.

Nous remercions également Monsieur Lamine DOUMBOUYA, notre directeur externe, qui, malgré son emploi du temps chargé, n'a ménagé aucun effort pour la réussite de ce projet.

Nos remerciements s'adressent également à :

- Monsieur Alioune LY pour son assistance au niveau du laboratoire,
- Madame Adu Thiaw GAYE pour son assistance au niveau du laboratoire,
- Messieurs Samba NDIAYE et Amadou NIANG techniciens à l'entreprise FI (Fournitures et Ingénieries) qui nous ont beaucoup aidés durant notre séjour à Mbane.
- Monsieur Moustapha NDIAYE, étudiant en DIC 2 Génie Civil à l'Ecole Polytechnique de Thiès pour son assistance et son aide documentaire.
- A nos camarades de promotion de l'Ecole Polytechnique de Thiès et de l'Université Gaston Berger de Saint Louis.
- A toute la famille polytechnicienne pour leur soutien.

Nous remercions également la Direction de l'Ecole Polytechnique de Thiès et tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la rédaction de ce rapport.

Enfin, nous ne saurions terminer sans exprimer notre grande reconnaissance à tout le corps professoral de l'Ecole Polytechnique de Thiès pour la formation de Qualité.

SOMMAIRE

Le but de ce projet est de doter les villages riverains du lac de Guiers de systèmes d'adduction en eau potable.

La mise en œuvre de ce projet permettra aux populations riveraines du lac de contourner les contraintes qui se posent à la satisfaction de leur demande en eau potable.

Ce sont autant de contraintes qui affectent régulièrement la santé et l'hygiène des populations riveraines. De plus, cette situation pèse très lourd sur l'activité des femmes et des enfants directement responsables de la corvée d'eau au niveau des ménages.

L'étude de ce projet a pour démarche, une recherche, une analyse et une exploitation des données. Ensuite le dimensionnement du réseau AEP, la modélisation du réseau avec EPANET et enfin faire une évaluation financière du projet.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
SOMMAIRE.....	III
TABLE DES MATIERES.....	IV
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
LISTE DES FIGURES.....	IX
LISTE DES ABREVIATIONS.....	X
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I: PRESENTATION DU SITE	4
1.1 Le lac de Guiers	4
1.2 Le site de MBANE	4
Figure 1 : Carte du Site de Mbane	5
1.2.1 La population	5
1.2.2 L'économie	5
1.2.3 Le climat	5
1.2.4 La végétation	6
1.2.4.1 La strate arborée.....	6
1.2.4.2 La strate arbustive.....	6
1.2.4.3 La strate herbacée.....	6
1.2.5 La faune	7
CHAPITRE II : ANALYSE DE L'EXISTANT	8
2.1 Situation actuelle	8
2.2 Estimation de la population actuelle	8
2.3 Besoins en eau actuels	9
2.3.1 Sur la population	9

2.3.2	Sur le cheptel	10
2.4	Qualité et traitement de l'eau	11
2.4.1	Qualité	11
2.4.1.1	Analyses physiques	12
2.4.1.1.1	Température	12
2.4.1.1.2	La turbidité	12
2.4.1.1.3	Couleur	12
2.4.1.2	Analyses chimiques	13
2.4.1.2.1	Conductivité électrique de l'eau	13
2.4.1.2.2	Chlorure	13
2.4.1.2.3	PH de l'eau	13
2.4.1.2.4	Dureté de l'eau	14
2.4.1.3	Analyses bactériologiques	14
2.4.2	Traitement de l'eau du lac	15
2.4.2.1	La coagulation – floculation	15
2.4.2.2	La décantation	16
2.4.2.3	La filtration	16
2.4.2.4	La désinfection	16
	CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU	19
3.1	Estimation de la population et du cheptel en 2024	19
3.1.1	Estimation de la population en 2024	21
3.1.2	Estimation du cheptel en 2024	21
3.2	Besoins en eau à l'horizon 2024	22
3.2.1	Sur la population	22
3.2.2	Sur le Cheptel	23
3.3	Analyse et dimensionnement du réseau projeté	24
3.3.1	Calcul des débits dans les conduites	24
3.3.1.1	Le facteur de pointe	24
3.3.1.2	Calcul des débits	24
3.3.2	Calcul des diamètres	25
3.3.3	Les vitesses réelles d'écoulement	26
3.3.4	Calcul des pertes de charges	27
3.3.4.1	Les pertes de charges linéaires	27
3.3.4.2	Les pertes de charges singulières	28
3.3.5	Calcul des pressions	30
3.4	Dimensionnement du château d'eau	31
3.4.1	Rôle et utilité des châteaux d'eau	31

3.4.2	Capacité du château d'eau	31
3.5	Vérification avec EPANET	35
3.5.1	Présentation du logiciel EPANET	35
3.5.2	Méthode de calcul	36
3.5.3	Paramètres d'entrée du réseau	36
3.5.3.1	Les nœuds de demande	36
3.5.3.2	Les réservoirs	36
3.5.3.3	Les bâches infinies	37
3.5.3.4	Les conduites	37
3.5.3.5	Les vannes	38
3.5.3.6	Les Résultats de la simulation	38
3.6	Caractéristiques des différentes pompes	39
3.7	Dimensionnement de la station de traitement	41
3.7.1	Débit de la pompe doseuse	42
3.7.2	Dimensions des décanteurs	42
CHAPITRE IV : EVALUATION FINANCIERE		45
4.1	Estimation globale des châteaux d'eau	45
4.2	Le Génie Civil	46
4.3	Conduites et accessoires	46
4.4	Prix du m ³ d'eau	48
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS		52
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		54
CAHIER DES NŒUDS		55
ANNEXES		59

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau N° 1</u> : Situation actuelle de la population et du cheptel.....	9
<u>Tableau N° 2</u> : Situation actuelle de la consommation journalière de la population.....	9
<u>Tableau N° 3</u> : Conversion du Cheptel en UBT.....	10
<u>Tableau N° 4</u> : Situation actuelle de la consommation journalière du cheptel.....	11
<u>Tableau N°5</u> : Récapitulatif des résultats d'analyse de l'eau du lac.....	15
<u>Tableau N°6</u> : Situation de la population à l'horizon 2024.....	21
<u>Tableau N°7</u> : Situation du Cheptel à l'horizon 2024.....	22
<u>Tableau N°8</u> : Consommation des services publics.....	22
<u>Tableau N°9</u> : Situation de la consommation de la population à l'horizon 2024.....	23
<u>Tableau N°10</u> : Situation de la consommation du Cheptel à l'horizon 2024.....	23
<u>Tableau N°11</u> : Débits dans les différents tronçons.....	25
<u>Tableau N°12</u> : Diamètres des conduites.....	26
<u>Tableau N°13</u> : Vitesses réelles dans les conduites.....	27
<u>Tableau N°14</u> : Pertes de charge dans les conduites.....	29
<u>Tableau N°15</u> : Pressions aux nœuds.....	30
<u>Tableau N°16</u> : Cumul des débits pompés et des débits consommés.....	32
<u>Tableau N°17</u> : Valeurs des pressions aux nœuds avec les nouveaux réservoirs.....	34
<u>Tableau N°18</u> : Corrigé des pressions aux nœuds.....	35
<u>Tableau N°19</u> : Etat des nœuds du réseau à 10 heures.....	38

<u>Tableau N°20</u> : Etat des arcs (conduites) du réseau à 10 heures.....	39
<u>Tableau N°21</u> : Calcul de la puissance des pompes.....	41
<u>Tableau N°22</u> : Estimation des prix des excavations.....	46
<u>Tableau N°23</u> : Devis estimatif.....	47
<u>Tableau N°24</u> : Frais d'amortissement des ouvrages.....	48
<u>Tableau N°25</u> : Charges fixes annuelles.....	49

LISTE DES FIGURES

<u>Figure 1</u> : Carte du Site de Mbane.....	5
<u>Figure 2</u> : Courbe d'Evolution de la demande cumulative.....	33
<u>Figure 3</u> : Schéma de la filière de traitement.....	100

LISTE DES ABREVIATIONS

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

CILSS: Comité Inter-états de Lutte contre la Sécheresse au Sahel

Ca⁺⁺: ion calcium

Mg⁺⁺: ion magnesium

UCV: Unité de Couleur Vraie

UTN : Unité de Turbidité Normale

ml : mètre linéaire

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

AEP : Approvisionnement en Eau Potable

Hmt : Hauteur manométrique Totale

PH: Potentiel Hydrogène

PVC : Polychlorure de Vinyle

kWh : Kilowatt Heure

UBT : Unité Bétail Tropical

DUT : Diplôme Universitaire de Technologie

DIC : Diplôme d'Ingénieur de Conception

EPT : Ecole Polytechnique de Thiès

EPA : Environmental Protection Agency

INTRODUCTION

Il est d'une grande importance de rappeler que l'eau, ressource limitée, est indispensable à la vie et aux activités humaines, telles que les activités agricoles, industrielles et domestiques. Alors on peut dire que toute vie serait impossible si l'eau venait à manquer.

Cet élément précieux est très abondant sur notre planète, il est même probablement l'une des ressources les plus abondantes de la Terre. Mais elle est très inégalement répartie sur la surface du globe et seule une part limitée de toute cette eau est réellement directement disponible pour notre consommation.

Le Sénégal, à l'image des autres pays sahéliens est confronté à des problèmes d'eau parfois assez graves dans certaines localités. Certes le pays est traversé par d'importants cours d'eau et recèle par ailleurs des nappes souterraines appréciables. Toutefois se pose le problème de la maîtrise de la ressource et de l'approvisionnement des différents consommateurs aussi bien en ville qu'en milieu rural.

La situation de l'approvisionnement en eau potable autour du lac de Guiers paraît à la fois critique et assez mitigée. En effet, elle est caractérisée par le fait que malgré la présence de deux usines importantes de traitement des eaux (NGnith et Keur Momar Sarr), les villages riverains du lac en sont encore réduits au prélèvement direct de l'eau dans le lac, les puits et même parfois dans des mares.

La pollution des rives du lac, essentiellement par les activités domestiques (lessive, vaisselle), l'envahissement du lac par les plantes aquatiques, l'absence de traitement des eaux de puits sont autant de contraintes qui pèsent sur l'accès à l'eau potable pour les populations vivant dans la zone du projet.

Notre projet vise à alimenter certains villages de Mbane à partir du Lac de Guiers. La méthodologie adoptée consiste d'abord à faire une recherche documentaire et des enquêtes socio-économiques auprès des villageois.

Sur la base de ces données, il s'agira de faire :

- La présentation du site,
- L'état des lieux du système hydraulique existant;

- Le dimensionnement complet du réseau (évaluation des besoins en eau et calculs des paramètres hydrauliques, dimensionnement de la station de traitement);
- L'évaluation financière du projet;

GENERALITES

CHAPITRE I: PRESENTATION DU SITE

Cette partie consiste à la présentation du site: le Lac de Guiers et le Site de Mbane.

1.1 Le lac de Guiers

Long de 70 km et large de 7 km au maximum, le Lac de Guiers est alimenté par le fleuve Sénégal à son extrémité nord via le canal de la Taouée. Il est situé dans le delta du fleuve Sénégal entre les latitudes $16^{\circ} 23' N$ et $15^{\circ} 5' N$ et les longitudes $16^{\circ} 12' W$ et $16^{\circ} 04' W$. Son terroir se répartit entièrement dans deux régions administratives à savoir Saint-Louis et Louga.

Le lac constitue la principale réserve d'eau douce du Sénégal pour l'alimentation en eau de Dakar et d'autres localités.

Ce lac a fait l'objet de nombreux aménagements hydrauliques qui ont amélioré ses capacités de remplissage et de stockage. Un système de vanne permet de réguler les apports du fleuve Sénégal pendant la période de crue (aout – novembre).

La mise en service des barrages de Diama (1985) et de Manantali (1987) a profondément modifié le fonctionnement hydrologique du lac et la qualité de ses eaux, ce qui a entraîné entre autre un fort développement de la végétation aquatique.

1.2 Le site de MBANE

Le site de Mbane se trouve dans la région de Saint Louis, département de Dagana, communauté rurale de Mbane. Avec le lac de Guiers sur sa façade ouest, il est situé au sud de Richard Toll, ville proche distante de 30 km; il polarise une trentaine de villages et hameaux comme l'indique la figure suivante.

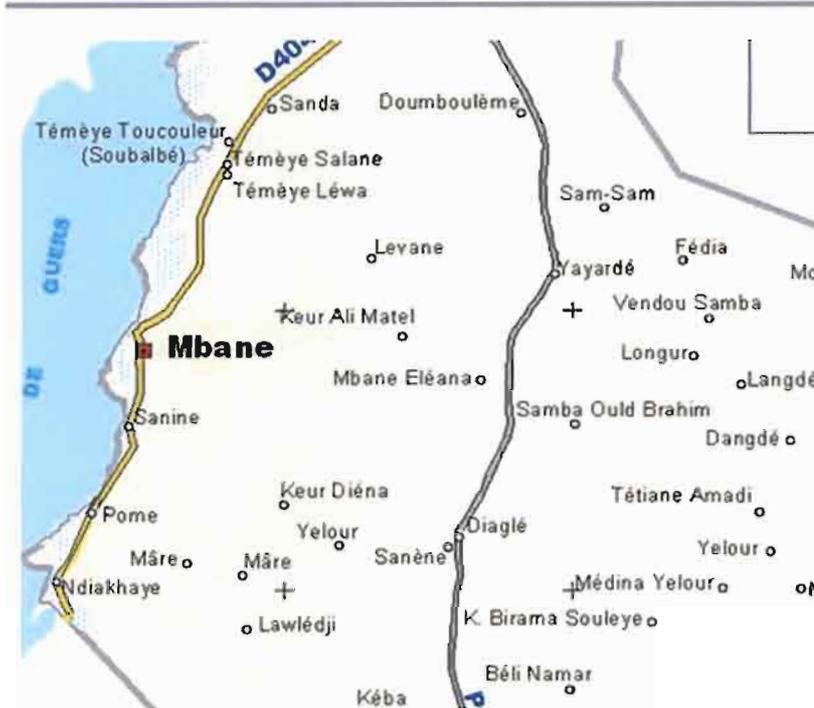


Figure 1 : Carte du Site de Mbane

1.2.1 La population

La population est majoritairement composée de Halpoullars, Maures et Wolofs. Elle est estimée à 23102 habitants.

1.2.2 L'économie

Les piliers de l'économie rurale dans ce site sont l'élevage, l'agriculture, le commerce et la pêche. Les autres activités liées aux ressources naturelles portent essentiellement sur la cueillette.

L'élevage et l'agriculture sont les principales activités génératrices de revenus et le commerce n'est que subsidiaire. La pêche est artisanale et se fait uniquement dans le lac de Guiers.

1.2.3 Le climat

Le climat de Mbane est type sahélien tropical caractérisé par deux saisons principales : une saison sèche de 9 mois (d'octobre en juin) et une saison pluvieuse de 3 mois (de juillet en

septembre) caractérisée par une pluviométrie moyenne de 226 mm. La température moyenne de la zone est de 26 °.

1.2.4 La végétation

On distingue les trois types de strates de végétation suivantes : la strate arborée, la strate arbustive et la strate herbacée.

1.2.4.1 La strate arborée

On rencontre principalement : sur les sols Deck et Deck Dior : *Balanites aegyptiaca* (Sump), *Acacia radiana* (seïng) *Adansonia digitata* (baobab), *Prosopis juliflora* (dakhar toubab), ...

1.2.4.2 La strate arbustive

On rencontre principalement :

- sur les sols Deck et Deck Dior : *Combretium glutinosum* (ratt), *Boscia senegalensis* (Ndiandam), *Bauhinia rufescens* (rand), *Salvadora persica* (njaw), *Calotropis procera* (paftan), *Grevia bicolor* (kel).
- Sur les sols Dior : *Guera senegalensis* (nguer), *Tamarix senegalensis* (nguedj), *Salvadora persica* ...
- Dans le terroir habité on rencontre principalement : *Azadirachta indica* (neem), *Prosopis julifera* et *Acacia radiana*.

1.2.4.3 La strate herbacée

Elle est essentiellement composée d'espèces fourragères que le bétail païsse très volontiers *Cenchrus biflorus* (khâ kham), *Zornia glochidiata* (ndengué), *Pennisetum pedicellatum* (bakett) et *Eragrostis tremula* (guenou fass).

Les espèces les plus rencontrées sont :

- En bordure du Lac de Guiers : *Typha australis* (mbarakh), *Phragmites australis*, *Pistia stratiotes*, ...
- Sur les sols Dior : *Leptadenia hastata* (thiakhat) *Cenchrus biflorus* (khâ kham), *Euphorbia huta* (mbal) ...
- Sur les sols Deck et Deck Dior : *Cassia obtusifolia*, *Eragrostis tremula*, *Dactyloctenium aegyptiaca*

1.2.5 La faune

Dans le passé, on rencontrait des fauves telles que le lion et la panthère qui rendaient difficile la circulation des personnes. Ceci n'est plus le cas aujourd'hui à cause de la disparition des forêts au profit du développement de l'agriculture et de l'habitat.

Les espèces communes les plus rencontrées dans la grande faune sont les singes, les chacals et les phacochères tandis que, pour la petite faune, on signale surtout la présence de rats, de serpents, de civettes et de lièvres. Par contre, les hyènes ont disparu aux cours des dix dernières années comme les gazelles dont la disparition est antérieure d'une décennie.

CHAPITRE II : ANALYSE DE L'EXISTANT

Cette partie consiste à faire l'état des lieux (les réseaux existants, station de traitement, les installations etc.).

2.1 Situation actuelle

Les villages qui utilisent les eaux de surface pour l'AEP sont nombreux; la plupart d'entre eux s'approvisionnent par prélèvement direct dans le lac. Le peu d'équipements néanmoins existants dans les villages sont, en général, composés de petits matériels au niveau des points de pompage, des conduites, des réservoirs au sol et des bornes fontaines. Les ménages puisent l'eau, en général, au niveau du lac ou au niveau des bornes fontaines. Au niveau des ménages, les équipements existants pour l'AEP sont composés parfois de douches et de robinets, le reste étant constitué de petits réservoirs. Les ménages « sans équipement » conservent l'eau directement dans des canaris ou autres systèmes de conservation comme les bassines.

Dans le village de Mbane il existe un château d'eau de 75 m³. Le processus d'alimentation est le suivant : captage à partir du Lac, la chloration puis la distribution.

Au niveau du village de Diaglè, il y a un château d'eau dont la pompe tombe souvent en panne. En cas de fonctionnement, le débit fourni n'est pas suffisant car, en plus de Diaglè, les villages environnants viennent y puiser.

Un nouveau château de capacité 150 m³ et de 12 m de cote du radier est entrain d'être construit à Diaglè. La consommation au niveau du site de Mbane est loin d'être suffisante car beaucoup de villages puisent toujours au niveau du lac.

2.2 Estimation de la population actuelle

L'estimation de la population se fait par village. Le tableau N°1 regroupe la population et le cheptel de chaque village. Pour le complément voir en annexe 1.

Villages	Population Actuelle (hbts)	Cheptel			
		Bovins	Ovins+Caprins	Asins	Equins
Mbane	1 533	80	110	58	97
Pome	272	350	600	190	60
Mare	250	3 500	1 420	330	150
Ndiakhaye	1 697	130	500	35	25
Lawleedji	300	1 300	1 633	136	180
Vendou Mare	2 200	5 500	320	320	60
Keba	270	30	70	30	
Temeye Lewa	1 350	270	134	20	6
Sanine	1 018	65	400	50	45
Temeye Salane	1 131	235	79	17	9

Extrait du tableau N° 1 : Situation actuelle de la population et du cheptel (voir annexe 1)

2.3 Besoins en eau actuels

2.3.1 Sur la population

Les besoins actuels sont estimés à partir de la norme de 35 l/jour/habitant, conformément aux recommandations de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

Villages	Population actuelle (hbts)	consommation journalière par village (l/j)
Mbane	1 533	53 655
Pome	272	9 520
Mare	250	8 750
Ndiakhaye	1 697	59 395
Lawleedji	300	10 500
Vendou Mare	2 200	77 000
Keba	270	9 450
Temeye Lewa	1 350	47 250
Sanine	1 018	35 630
Temeye Salane	1 131	39 585

Extrait du tableau N°2 : Situation actuelle de la consommation journalière de la population (voir annexe 2 pour le complément)

La consommation journalière actuelle de la population est estimée à **808,57 m³**.

2.3.2 Sur le cheptel

Le tableau N° 3 donne la conversion du cheptel en UBT selon le Comité Inter Etat de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (CILSS). Ce qui donne :

- ✓ bovin = 0,75 UBT : 30 l/j (en élevage extensif) ;
- ✓ équin = 1 UBT : 40 l/j ;
- ✓ asin = 0,5 UBT : 20 l/j ;
- ✓ ovin et caprin = 0,1UBT : 5 l/j.

Villages	Consommation du Cheptel (l/j)			
	Bovins	Ovins+Caprins	Asins	Equins
Mbane	60	11	29	97
Pome	263	60	95	60
Mare	2 625	142	165	150
Ndiakhaye	98	50	18	25
Lawleedji	975	163	68	180
Vendou Mare	4 125	32	160	60
Keba	23	7	15	0
Temeye Lewa	203	13	10	6
Sanine	49	40	25	45
Temeye Salane	176	8	9	9

Extrait du Tableau N ° 3 : Conversion du Cheptel en UBT (voir annexe 3 pour le complément).

Villages	Consommation actuelle du Cheptel (l/j)			
	Bovins	Ovins + Caprins	Asins	Equins
Mbane	1 800	55	580	3 880
Pome	7 875	300	1 900	2 400
Mare	78 750	710	3 300	6 000
Ndiakhaye	2 925	250	350	1 000
Lawleedji	29 250	816.5	1 360	7 200
Vendou Mare	123 750	160	3 200	2 400
Keba	675	35	300	0
Temeye Lewa	6075	67	200	240
Sanine	1 462.5	200	500	1 800
Temeye Salane	5 287.5	39.5	170	360

Extrait du Tableau N°4 : Situation actuelle de la consommation journalière du cheptel (voir annexe 4 pour le complément)

Au total, le besoin journalier en eau pour le cheptel est de l'ordre de **892,42 m³** pour l'ensemble des villages ciblés pour cette étude.

2.4 Qualité et traitement de l'eau

2.4.1 Qualité

L'eau destinée à la consommation humaine doit être exempte de substances chimiques et micro-organismes nocifs pour la santé. Elle doit être non seulement saine, c'est-à-dire non dangereuse, mais aussi agréable que possible à consommer.

Les analyses suivantes sont nécessaires pour déterminer la potabilité de l'eau destinée à la consommation :

- Analyses physiques
- Analyses chimiques
- Analyses bactériologiques

Chacune de ces analyses comporte des sous parties dont les résultats doivent être interprétés et comparés avec les caractéristiques que doivent avoir une eau potable selon les normes de l'OMS.

2.4.1.1 Analyses physiques

L'eau de consommation doit être fraîche (sa température ne doit pas dépasser 15°C), limpide, sans saveur ni odeur et exempte de couleur.

2.4.1.1.1 Température

La température du lac durant les dix dernières années se présente comme suit :

- en période d'hivernage (saison des pluies : juillet-octobre) : de 28 à 35°C
- en période sèche 22°C minima 18°C.

Cependant la température recommandée pour une eau de consommation se situe entre 9 et 12°C.

2.4.1.1.2 La turbidité

Déterminer la turbidité c'est mesurer une propriété optique de l'eau résultant de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules de matières présentes. La turbidité est fonction de la grosseur, de la forme, et de l'indice de réfraction des particules, et pour ces raisons il n'ya aucune relation qui existe entre la turbidité de l'eau et la concentration en poids de matières présentes en suspension.

La turbidité de notre échantillon a été mesurée au labo avec un spectrophotomètre et a donné comme résultat 23 UTN.

La norme OMS exige une valeur de turbidité de 5 UTN pour une eau potable.

L'eau du lac nécessite alors un traitement à ce niveau.

2.4.1.1.3 Couleur

Comme pour la turbidité, les critères d'appréciation de la couleur se basent sur la comparaison de l'échantillon à examiner avec des tubes témoins.

Un témoin est par exemple obtenu par une solution de chlorure platinico-potassique et de chlorure cobalteux dissous dans l'acide chlorhydrique. Dans un litre d'eau distillée, cette solution a la couleur 500. On établit ensuite une échelle colorimétrique par dilution de cette solution de base (exemple : unité de couleur 20 = 2 ml de solution de base dans 48 ml d'eau). L'eau d'alimentation ne doit pas dépasser 20 unités de l'échelle colorimétrique ainsi définie. Au labo la couleur est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre et la valeur obtenue pour notre échantillon est 17 UVC. Or la norme OMS exige une valeur admissible de 15 UVC. Donc l'eau du lac ne respecte pas les normes.

2.4.1.2 Analyses chimiques

2.4.1.2.1 Conductivité électrique de l'eau

La conductivité de l'eau est une fonction de la concentration de sels dissous conducteurs. Elle permet donc d'évaluer la salinité d'une eau. Elle traduit la minéralisation totale de l'eau. Sa valeur varie en fonction de la température.

La conductivité est généralement mesurée en micro-Siemens par cm ($\mu\text{S/cm}$), approximativement la valeur en $\mu\text{S/cm}$ correspond à la salinité en mg/l.

On utilise également la résistivité, inverse de la conductivité, mesurée en ohms.cm.

Les analyses de notre eau ont donné une conductivité de 329 $\mu\text{S/cm}$ à 27,5° C. Notons qu'il n'existe pas de valeurs fixées par l'OMS pour la conductivité, mais généralement elle doit être inférieure à 400 $\mu\text{S/cm}$. Donc notre eau respecte les normes.

2.4.1.2.2 Chlorure

A cause de leurs effets très nuisibles sur la santé quand leurs concentrations sont très élevées, l'eau présentant une teneur en chlorures très supérieure aux normes acceptables est souvent rejetée en tant qu'eau potable. La concentration en chlorures de notre eau est de 45,05 mg/l, elle est inférieure au maximum acceptable qui est de 250 mg/l.

2.4.1.2.3 PH de l'eau

Il exprime la tendance à l'alcalinité ou l'acidité de l'eau, selon qu'il est inférieur ou supérieur à 7. Bien qu'il n'ait pas de signification sur le plan hygiénique, le PH reste une mesure très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau.

Les valeurs admises pour le PH sont comprises entre 6.5 et 9.5.

L'eau du lac a un PH de 7,9 donc correcte.

2.4.1.2.4 Dureté de l'eau

La dureté totale représente en général la quantité d'ions Ca^{++} et Mg^{++} présents dans une eau. D'autres ions métalliques peuvent également contribuer à la dureté.

La dureté est un problème si elle est trop importante, particulièrement pour les eaux de bouilloires et pour la consommation domestique.

On distingue généralement plusieurs types de dureté :

- la dureté totale
- la dureté calcique (due aux ions calcium)
- la dureté magnésienne (due aux ions magnésium)
- la dureté carbonatée (temporaire)
- la dureté non-carbonatée (permanente).

Pour notre projet seules les duretés totales, calciques et magnésiennes ont été faites. Les deux premières s'obtiennent par analyse et la dernière par leur différence.

Les résultats obtenus sont :

- la dureté totale = 110,33 mg/l CaCO_3
- la dureté calcique = 63,616 mg/l CaCO_3
- la dureté magnésienne = 46,718 mg/l CaCO_3

2.4.1.3 Analyses bactériologiques

Une eau potable ne doit contenir aucun germe pathogène. Comme les contaminations les plus fréquentes sont d'origines fécales (humaines ou animales), on doit vérifier lors des analyses l'absence des germes suivants, régulièrement présents dans les déjections :

- Bacille de Coli ou Escherichia Coli ;
- Entérocoque ;
- Clostridium sulfite réducteur ;
- Bactériophages fécaux.

Pour ce qui concerne notre projet, les analyses bactériologiques n'ont pas été faites faute de moyen.

	Résultats	Unité	valeurs admissibles
PH	7,9		6,5 - 9,5
Turbidité	23	UTN	5
Couleur	17	UVC	15
Conductivité	329	µs/cm	400
Dureté totale	110,33	mg/l CaCO ₃	
Dureté calcique	63,616	mg/l CaCO ₄	
Dureté magnésique	46,718	mg/l CaCO ₅	
Chlorure	45,05	mg/l	250

Tableau N°5 : Récapitulatif des résultats d'analyse de l'eau du lac

2.4.2 Traitement de l'eau du lac

Les eaux captées dans la nature, et surtout les eaux de surface (rivières et lacs) ne présentent souvent pas les qualités physiques, chimiques et biologiques désirables pour la consommation.

On procède au traitement de l'eau du lac destinée à la consommation afin de clarifier et de la rendre bactériologiquement pure. On a jugé nécessaire de faire les traitements suivants : la coagulation-floculation, la décantation, la filtration et la désinfection.

2.4.2.1 La coagulation – floculation

Afin d'augmenter le rendement dans le décanteur, on place à l'amont un flocculateur, ouvrage dans lequel on procède à la mise en contact d'un coagulant et de l'eau, puis à l'agitation du mélange, jusqu'à la formation du floc. L'agitation rapide et l'agitation lente se font dans des compartiments séparés.

Un certain nombre de fines particules colloïdales présentes dans les eaux de consommation ne peuvent se décanter. En effet ces particules sont chargées négativement et restent ainsi en suspension du fait des forces de répulsions naturelles. Le principe de la floculation consiste à

ajouter des particules positives dans la solution qui en rendant celles-ci électriquement neutres permettent la coagulation des colloïdes et favorisent leur décantation. Les corps apportant ces charges positives sont appelés des flocculants ou des coagulants.

2.4.2.2 La décantation

La décantation est une technique de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc, après l'étape de coagulation-floculation.

Lors de la décantation, les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau, vont avoir tendance à s'accumuler au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur. Les particules seront éliminées du fond du bassin périodiquement. L'eau clarifiée se situant à la surface du décanteur est ensuite redirigée vers un filtre.

On peut citer différents types de décantations:

- La décantation statique: Les particules sont considérées indépendantes et tombent à leur propre vitesse. L'écoulement doit être laminaire sans turbulences, ni courants. Le principe est que les particules atteignent le fond du décanteur avant de sortir du décanteur.
- La décantation lamellaire: On a disposé des lamelles par rapport à l'horizontal pour avoir des décanteurs de faible surface admettant de plus forts débits.
- La décantation à contact de boues aussi appelée en compression de boue: La décantation floculation est améliorée si la concentration en particules augmente. On met alors en contact l'eau flocculée avec des boues déjà formées.
- La décantation à floc lesté : Le lestage du floc par du micro sable permet d'augmenter la densité des particules et par conséquent la sédimentation des particules (donc augmentation de la vitesse de chute des particules : V_p).

2.4.2.3 La filtration

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES (Matières en suspension) en les faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire.

2.4.2.4 La désinfection

La désinfection est la dernière étape du traitement, si l'on veut obtenir une eau bactériologiquement pure. La filtration ne pouvant assurer la destruction totale des germes

pathogènes, la désinfection est là pour barrer le passage aux microbes pathogènes et les empêcher ainsi d'atteindre les consommateurs par voie hydrique.

Ce traitement s'applique aussi bien aux eaux provenant de captages souterraines que de captages de surface; si c'est une nécessité pour les eaux de surface, il ne l'est pas pour les eaux souterraines; le traitement est tout de même recommandé dans la plupart des cas, pour prévenir les risques occasionnés par des pollutions accidentelles possibles. Parmi les méthodes utilisées pour la désinfection, on peut en citer la méthode par voie chimique (la chloration, l'ozonisation, ...) et la méthode par voie physique (les ultra-violets, ...). Dans ce projet, on adopte la méthode par voie chimique plus particulièrement la chloration.

Le chlore agit sur les diastases qui permettent la vie des germes microbiens, en les détruisant, c'est son action germicide; de plus, il possède un pouvoir oxydant très grand sur les matières organiques.

On utilise des doses de chlore de 0,2 à 0,4 ml/l, en assurant un contact avec l'eau pendant une à deux heures. Après stérilisation, on peut doser le chlore résiduel et le neutraliser en injectant la quantité voulue d'hypochlorite de soude. Si l'on peut craindre une contamination ultérieure dans les conduites ou les réservoirs, il peut être préférable de laisser une certaine quantité de chlore résiduel, au détriment du goût de l'eau.

(Voir figure 3 : Schéma de la filière de traitement. Page 100)

DIMENSIONNEMENT DU RESEAU AEP

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU

Nous traitons dans cette partie le dimensionnement du réseau AEP. A savoir l'estimation de la population à l'horizon 2024, les besoins sur la population, le cheptel et les services publics, l'analyse et le dimensionnement du réseau projeté, le dimensionnement du réservoir, une vérification du réseau avec le logiciel EPANET, déterminer les caractéristiques des différentes pompes et le dimensionnement de la station de traitement.

3.1 Estimation de la population et du cheptel en 2024

Il existe différentes méthodes d'estimation à court terme (3 à 10 ans) et à long terme (10 à 30 ans). Parmi ces méthodes, on peut citer :

- La croissance arithmétique :

Le rapport entre l'accroissement de la population et l'accroissement du temps est constant.

$$\frac{dP}{dt} = \text{constante} \implies K = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

$$P_n = P_2 + K(t_n - t_2)$$

P_1 : Population au temps t_1

P_2 : Population au temps t_2

P_n : Population au temps t_n

Cette méthode s'applique dans le cas des populations vieilles et stables et dans les villes à caractère agricole.

- La croissance géométrique : le taux d'accroissement est proportionnel à la population.

$$\frac{dP}{dt} = KP \implies K = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

$$P_n = P_2 e^{K(t_n - t_2)}$$

Elle s'applique à des populations jeunes et en pleine croissance.

- L'accroissement décroissant : le taux de d'accroissement est proportionnel à l'écart Entre la population et la population de saturation.

$$\frac{dP}{dt} = K(S - P) \implies K = -\frac{\ln \left(\frac{S - P_2}{S - P_1} \right)}{t_2 - t_1}$$

$$P_n = P_2 + (S - P_2)[1 - e^{-K(t_n - t_2)}]$$

S : population de saturation qui doit être estimée approximativement en fonction des tendances de l'évolution de la population et des disponibilités du territoire concerné.

Cette méthode s'applique principalement à des populations qui n'ont pas d'espace pour se développer.

– La méthode logistique :

C'est la méthode qui donne la courbe en S. Pour évaluer la courbe, il faut trois données de populations équidistantes dans le temps, choisies de préférence dans chacune des périodes de courbe (taux croissant, stable et décroissant). La formule s'écrit :

$$P = \frac{S}{1 + 10^{a+bt}}$$

où

$$S = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_0 + P_2)}{P_0P_2 - P_1^2}$$

$$a = \log\left(\frac{S - P_0}{P_0}\right)$$

$$b = \frac{1}{n} \left[\log\left(\frac{P_0(S - P_1)}{P_1(S - P_0)}\right) \right]$$

Avec :

n : l'intervalle de temps entre P_0 , P_1 et P_1 , P_2

t : l'intervalle de temps entre t_0 et t_n

Autre forme courante :

$$P = \frac{S}{1 + me^{bt}}$$

où

$$m = \frac{S - P_0}{P_0}$$

$$b = \frac{1}{n} \left[\ln\left(\frac{P_0(S - P_1)}{P_1(S - P_0)}\right) \right]$$

3.1.1 Estimation de la population en 2024

Dans notre projet, nous allons choisir l'accroissement géométrique pour un horizon de 15 ans avec un taux d'accroissement de 2.5 %.

Villages	Population actuelle (hbts)	Population en 2024 (hbts)
Mbane	1 533	2 220
Pome	272	394
Mare	250	362
Ndiakhaye	1 697	2 458
Lawleedji	300	434
Vendou Mare	2 200	3 186
Keba	270	391
Temeye Lewa	1 350	1 955

Extrait du Tableau N°6 : Situation de la population à l'horizon 2024

3.1.2 Estimation du cheptel en 2024

Pour ce qui concerne le cheptel, c'est l'accroissement géométrique qui est aussi utilisé. Avec les taux d'accroissement suivant :

Bovins : 4,1 %.

Ovins et Caprins : 6,1 %.

Equins : 3,64 %.

Asins : 3,32 %.

Ces taux ont été trouvés à partir des données sur le département de Dagana par l'ANSD

Villages	Cheptel en 2024			
	Bovins	Ovins+ Caprins	Asins	Equins
Mbane	110	27	47	166
Pome	480	146	155	103
Mare	4 796	345	269	256
Ndiakhaye	178	122	29	43
Lawleedji	1 781	397	111	308
Vendou Mare	7 537	78	261	103
Keba	41	17	24	0
Temeye Lewa	370	33	16	10

Extrait du Tableau N°7 : Situation du Cheptel à l'horizon 2024 (voir annexe 7)

3.2 Besoins en eau à l'horizon 2024

3.2.1 Sur la population

Pour la consommation des services publics, nous adoptons les valeurs suivantes:

Une école de 6 classes comptant au total 270 élèves : la consommation est estimée à 4,05m³/j.

Une mosquée dont la consommation est à 0,8 m³/j.

Une case de santé dont la consommation est estimée à 0,5 m³/j.

Villages	Services Publics	Consommation (l/j)
Mbane	Ecole + Case de sante+ Mosquée	4180
Pomme	Ecole	4050
Ndiakhaye	Ecole+Case de sante+ Mosquée	4180
Vendou Mare	Ecole	4050
Temeye Lewa	Ecole	4050
Temeye Salane	Ecole+Case de sante+ Mosquée	4180
Beli Namar	Ecole +Case de sante	4100
Diaglè	Ecole+Case de sante+ Mosquée	4180
Yelour	Ecole	4050
Temeye Toucouleur	Ecole	4050

Tableau N°8 : Consommations des services publics

Villages	Population en 2024 (hbts)	Consommation de la population en 2024 (l/j)	Consommation des services publics (l/j)
Mbane	2 220	77 700	4 180
Pome	394	13 790	4 050
Mare	362	12 670	
Ndiakhaye	2 458	86 030	4 180
Lawleedji	434	15 190	
Vendou Mare	3 186	111 510	4 050
Keba	391	13 685	
Temeye Lewa	1 955	68 425	4 050
Sanine	1 474	51 590	
Temeye Salane	1 638	57 330	4 180
Sanda	1 738	60 830	
Doumboulene	439	15 365	

Extrait du Tableau N °9 : Situation de la consommation de la population à l'horizon 2024 (voir annexe 8 pour le complément)

La consommation de la population est égale à $1171030 + 41070 = 1212100$ l/j, donc une consommation de **1212,1 m³/j**

3.2.2 Sur le Cheptel

Consommation du Cheptel (l/j) en 2024			
Bovins	Ovins+Caprins	Asins	Equins
3 288,8	133,7	946,7	6 633,5
14 388,4	729,2	3 101,1	4 103,2
143 883,7	1 725,8	5 386,2	1 0258
5 344,3	607,7	571,3	1 709,7
53 442,5	1 984,7	2 219,8	12 309,6
22 6102,9	388,9	5223	4 103,2
1 233,3	85,1	489,7	0
11 099,6	162,9	326,4	410,3
2 672,1	486,1	816,1	3 077,4
9 660,8	96,0	277,5	615,5

Extrait du Tableau N°10: Situation de la consommation du Cheptel à l'horizon 2024

La consommation du cheptel est égale à 1 621 776 l/j soit une consommation estimée à 1 621,76 m³/j.

La consommation totale à l'horizon 2024 est estimée étant la somme des consommations de la population, du cheptel et des services publics. Elle est alors égale à 2 833,86 m³/j.

3.3 Analyse et dimensionnement du réseau projeté

On doit vérifier de prime abord que le réseau existant, en plus de l'extension peut tenir. C'est-à-dire que les châteaux d'eau de Mbane et de Diaglè peuvent suffire pour l'alimentation de tous les villages concernés par ce projet. De ce fait, nous allons faire une simulation avec EPANET pour voir comment se comporte le réseau.

3.3.1 Calcul des débits dans les conduites

3.3.1.1 Le facteur de pointe

La détermination des pointes de consommation est d'une grande importance pour le dimensionnement d'un réseau.

De nombreuses études ont été faites à travers le monde sur les pointes de consommation en milieu rural et les résultats utilisés se sont révélés souvent satisfaisants.

Pour les localités à caractère résidentiel, ces études ont montrés que la pointe horaire peut être choisie égale à 300 % du taux de consommation journalière moyenne de l'année.

Ainsi, pour ce projet, nous adoptons ce même facteur de pointe étant donné que l'eau est essentiellement utilisée à des fins domestiques.

3.3.1.2 Calcul des débits

$$Q = K * \frac{q}{86400}$$

Avec :

Q : débit dans chaque conduite

K : le coefficient de pointe ;

q : le débit cumulé de chaque tronçon en l/s.

Pour ce débit q, y sont compris la consommation de la population, du cheptel et des services publics.

Les résultats sont consignés dans le tableau N°11

Conduites	Débits (l/s)
D9-D8	0,287
D8-D6	0,287
D6-D7	0,747
D6-D4	1,034
D4-D5	0,812
D4-D2	1,845
D3-D2	0,835
D2-D	2,681
D-D1	0,978
D-A	3,658
C12-C11	0,179
C11-C9	1,165
C9-C10	0,982
C9-C7	2,147

Extrait du Tableau N°11 : Débits dans les différents tronçons (voir annexe 10 pour le complément)

3.3.2 Calcul des diamètres

Il se fera en se fixant une vitesse acceptable de 1m/s (dans les conduites de distribution d'eau, $0,6 \leq V \leq 2,5$ m/s), les diamètres s'obtiennent par la formule suivante :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Les résultats sont consignés dans le tableau N°12 suivant :

Conduites	Débits ($10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)	Vitesses Fictives (m/s)	Diamètres théoriques (mm)	Diamètres Nominiaux (mm)
D9-D8	0,29	1	19.11	63
D8-D6	0,29	1	19.11	63
D6-D7	0,75	1	30.85	63
D6-D4	1,03	1	36.29	63
D4-D5	0,81	1	32.15	63
D4-D2	1,85	1	48.48	63
D3-D2	0,84	1	32.62	63
D2-D	2,68	1	58.44	63
D-D1	0,98	1	35.29	63

Extrait du Tableau n° 12 : Diamètres des conduites (voir annexe 11)

3.3.3 Les vitesses réelles d'écoulement

Connaissant les diamètres normalisés de chaque tronçon, les vitesses réelles d'écoulement s'obtiennent par la formule suivante:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^e} \text{ où :}$$

V = vitesse d'écoulement dans la conduite en (m/s)

Q = débit de la conduite en (m^3/s)

D = diamètre de la conduite en (m)

Les différentes valeurs trouvées sont consignées dans le tableau N°13.

Conduites	Débits ($10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)	Diamètres Nominaux (mm)	Vitesses réelles (m/s)
D9-D8	0,29	63	0.09
D8-D6	0,29	63	0.09
D6-D7	0,75	63	0.24
D6-D4	1,03	63	0.33
D4-D5	0,81	63	0.26
D4-D2	1,85	63	0.59
D3-D2	0,84	63	0.27
D2-D	2,68	63	0.86

Extrait du Tableau N°13 : Vitesses réelles dans les conduites (voir annexe12)

3.3.4 Calcul des pertes de charges

On distingue deux types de pertes de charges dans un réseau de distribution. Les pertes de charges linéaires ou régulières et les pertes de charges singulières ou locales.

3.3.4.1 Les pertes de charges linéaires

Elles sont dues aux frottements de l'eau contre les parois des conduites et les turbulences provoquées par ces effets. Elles dépendent en toute rigueur des caractéristiques de l'eau (viscosité, régime d'écoulement, température etc.), et des caractéristiques de la conduite (longueur, rugosité des parois, diamètre intérieur etc.).

Pour le calcul des pertes de charges linéaires, différentes formules peuvent être utilisées parmi lesquelles:

- la formule de Darcy – Weisbach :

Elle est largement utilisée en Europe. Elle s'applique à tous les régimes d'écoulement et à tous les liquides.

- La formule de Chézy – Manning :

Elle est généralement utilisée pour les écoulements dans les canaux découverts et pour les grands diamètres. Elle est aussi utilisée dans ce projet.

$$\Delta H = \frac{10,29 * L * Q^2}{k_s^2 * D^{\frac{16}{3}}}$$

ΔH = pertes de charges linéaires en (m) ;

Q = débit du tronçon en (m^3s^{-1}) ;

L = longueur du tronçon en (m) ;

k_s = l'inverse du coefficient de Manning = $\frac{1}{n}$ avec n le coefficient de Manning;

D = diamètre intérieur du tronçon en (m).

- la formule de Hazen – Williams :

Cette formule est la plus utilisée aux Etats-Unis.

$$\Delta H = Kf \times Q^{1,852} \text{ avec } Kf = \frac{10,667 \times Li}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,871}}$$

Avec :

ΔH = pertes de charges linéaires en (m) ;

Kf = résistance en ($m^{-3,871}$);

Q = débit du tronçon en (m^3 /s^{-1}) ;

Li = longueur du tronçon en (m) ;

C_{HW} = coefficient de Hazen – Williams;

D = diamètre intérieur du tronçon en (m).

3.3.4.2 Les pertes de charges singulières

Elles sont dues aux modifications brusques de l'écoulement au niveau des singularités telles que :

- Changement de section : rétrécissement, élargissement;
- Changement de direction : coudes, Tés, etc.;
- Au niveau des appareils de contrôle et de suivi : vannes.

L'importance d'inclure ou non de telles pertes dans les calculs dépend de l'exactitude exigée.

Elles sont données par la formule suivante : $\Delta H_s = K_i \frac{Q^2}{2gS^2}$ où :

ΔH_s = pertes de charges singulières en (m) ;

K_i = coefficient de perte de charge singulière ;

S = section la plus rétrécie des sections des deux conduites en (m^2) ;

Q = débit correspondant à la section S en (m^3/s);

g = accélération de la pesanteur en (m/s^2).

Pour les conduites de distribution d'eau les pertes de charges singulières représentent 5 à 10% des pertes de charges linéaires.

$$\Delta H_s = 10 \% \Delta H_L$$

Cette estimation est utilisée dans nos calculs pour être plus sécuritaire.

Leurs valeurs sont consignées dans le tableau N° 14.

Conduites	Débits ($10^{-3} m^3/s$)	Diamètres Nominiaux (mm)	Longueurs (m)	Pertes de Charge ΔH (m.c.e)
D9-D8	0,29	63	7 100	1.16
D8-D6	0,29	63	900	0.15
D6-D7	0,75	63	1 600	1.78
D6-D4	1,033	63	1 400	2.98

Extrait du Tableau N° 14 : Pertes de charge dans les conduites (voir annexe 13)

3.3.5 Calcul des pressions

Considérant un écoulement d'un nœud $i - 1$ à un nœud i , la pression au nœud i est donnée par :

$$P_i = P_{i-1} + \Delta Z - H_f + \frac{V^2}{2g} \text{ avec :}$$

P_i = la pression en (m) ;

ΔZ = dénivelé entre le nœud $i - 1$ et le nœud i en (m) ;

H_f = la somme des pertes de charge linéaires et singulières dans le tronçon $i - 1, i$ en [m] ;

V = vitesse dans le tronçon $i - 1, i$ en ($m^2 s^{-1}$).

Pour une meilleure exploitation du système, cette pression doit être supérieure ou égale à 4 m (pression de service recommandée à la borne fontaine) en tout point de puisage.

Les résultats de ces calculs sont consignés dans le tableau N°15 suivant :

Conduites	Nœuds	Débits ($10^{-3} m^3/s$)	Débits pour chaque nœud (10^{-3} m^3/s)	cote (m)	Pertes de Charge ΔH (m.c.e)	Pressions (m)	Vitesses réelles (m/s)
	D9		0.14	2.88		-25.10	
D9-D8		0.29			1.16		0.09
	D8		0.27	2.88		-23.94	
D8-D6		0.29			0.15		0.09
	D6		1.03	0.45		-21.37	
D6-D7		0.75			1.78		0.24
	D7		0.37	0.45		-23.14	
D6-D4		1.03			2.98		0.33
	D4		1.85	1.34		-19.28	

Extrait du Tableau N°15 : Pression aux nœuds (voir annexe 14)

On constate que la majeure partie des pressions sont négatives, c'est-à-dire il n'y aura pas d'eau à ces points. Ce qui est dû aux pertes de charges trop grandes. On note aussi que les capacités des châteaux d'eau existant à savoir celui de Mbane (75 m^3) et celui de Diaglè (150 m^3) sont insuffisantes pour l'alimentation de ces centaines de village.

Pour palier à cette situation, nous avons dimensionné un autre réservoir en tenant compte de l'extension.

3.4 Dimensionnement du château d'eau

3.4.1 Rôle et utilité des châteaux d'eau

Au cours d'une même journée le débit des apports d'eau est uniforme, alors que celui de la distribution est essentiellement variable dans le temps.

Les réservoirs ont pour but de réaliser, avec un coefficient de sécurité suffisant, la liaison entre ces deux régimes.

Ils permettent d'emmagasinier les eaux pendant les périodes où la consommation est inférieure au débit des apports, et de la restituer dans le cas contraire. Ils jouent, de ce fait, le rôle de « volant de la distribution ».

Ils permettent aussi de répondre momentanément aux besoins de la consommation lorsqu'il faut interrompre les apports pour procéder à certains travaux d'entretien ou de réparation sur la conduite d'amenée ou sur les installations faisant partie de ce circuit.

3.4.2 Capacité du château d'eau

Principe : La capacité théorique est fonction de la variation horaire de consommation, du débit et des périodes de pompage. Cette capacité est ensuite majorée si nécessaire d'une valeur dite réserve d'incendie. Dans le cas de notre projet, comme c'est en milieu rural, on considère que la réserve d'incendie est nulle.

Méthode de détermination de la capacité du château d'eau : Considérant un temps de pompage de 15 h par jour, le débit horaire sera de : $Q = 2833,26 / 15 = 188,924 \text{ m}^3/\text{h}$

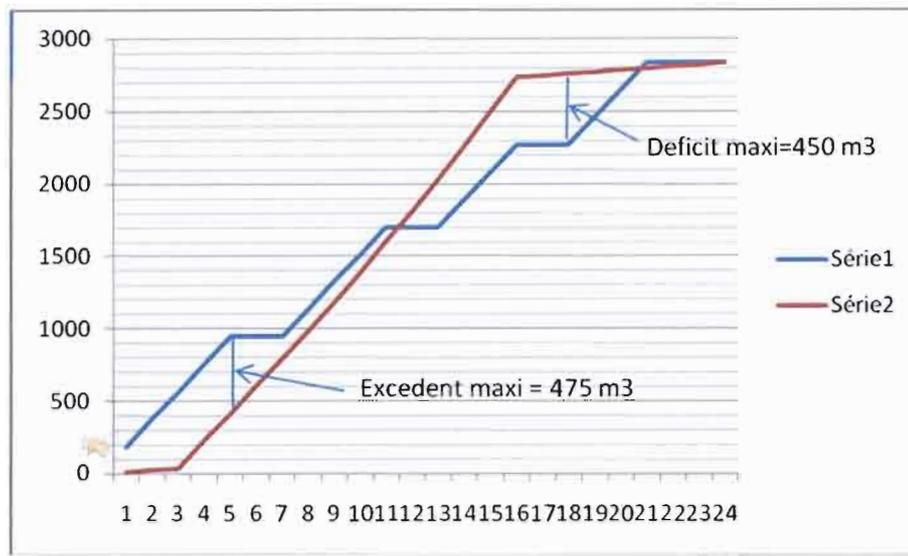
Pour déterminer la capacité du réservoir on procède comme suit :

- ✓ On trace sur un même graphique la courbe cumulative des débits pompés et celle des consommations sur 24h.
- ✓ On mesure la plus grande distance en excès entre les deux courbes puis en déficit.

Le cumul des deux distances correspond au volume théorique.

Heures	Débits pompés (m ³ /h)	Débits consommés (m ³ /h)
3	188.924	12.88
4	377.848	25.76
5	566.772	38.64
6	755.696	227.57
7	944.620	416.49
8	944.620	605.42
9	944.620	794.34
10	1 133.544	983.26
11	1 322.468	1 172.19
12	1 511.392	1 384.73
13	1 700.316	1 597.27
14	1 700.316	1 809.81
15	1 700.316	2 022.35
16	1 889.240	2 258.50
17	2 078.164	2 494.66
18	2 267.088	2 730.81
19	2 267.088	2 743.69
20	2 267.088	2 756.57
21	2 456.012	2 769.45
22	2 644.936	2 782.34
23	2 833.860	2 795.22
0	2 833.860	2 808.10
1	2 833.860	2 820.98
2	2 833.860	2 833.86

Tableau N°16 : Cumul des débits pompés et des débits consommés



Les valeurs obtenues sont consignées dans le tableau N°17

Conduites	Nœuds	Débits (10^{-3} m^3/s)	Débits pour chaque nœud (10^{-3} m^3/s)	cote (m)	Pertes de Charge ΔH (m.c.e)	Pression (m)	Vitesses réelles (m/s)
	D9		0.14	2.88		6.37	
D9-D8		0.3			1.16		0.09
	D8		0.29	2.88		7.53	
D8-D6		0.3			0.15		0.09
	D6		1.03	0.45		10.10	
D6-D7		0.7			1.78		0.24
	D7		0.37	0.45		8.33	
D6-D4		1			2.98		0.33
	D4		1.85	1.34		12.19	
D4-D5		0.8			2.36		0.26
	D5		0.41	1.35		9.84	

Extrait du Tableau N°17 : Valeurs des pressions aux nœuds avec les nouveaux réservoirs (voir annexe 15)

Solution préconisée :

Avec cette nouvelle situation, nous proposons comme solution, une augmentation des diamètres des conduites suivantes : C4-C2, C2-C, C-R3, E4-E3, E3-E2, E2-E1, E1-E, E-A3, E0-A3, A3-O, R2-A1, B8-A6, B7-B6, B2-B1, B1-B, B-R4 et A1-A. Ce qui entraîne une diminution des pertes de charges d'où une augmentation des pressions. (Schéma du réseau voir Annexe 19)

Les nouvelles valeurs obtenues sont consignées dans le tableau N°18.

Conduites	Nœuds	Débits (10^{-3} m ³ /s)	Débits pour chaque nœud (10^{-3} m ³ /s)	cote (m)	Pertes de Charge ΔH (m.c.e)	Pression (m)	Vitesses réelles (m/s)
	D9		0.14	2.88		6.37	
D9-D8		0.29			1.16		0.09
	D8		0.29	2.88		7.53	
D8-D6		0.29			0.15		0.09
	D6		1.03	0.45		10.10	
D6-D7		0.75			1.78		0.24
	D7		0.37	0.45		8.33	
D6-D4		1.03			2.98		0.33
	D4		1.85	1.34		12.19	

Extrait du Tableau N°18 : Corrigé des pressions aux nœuds (voir annexe 16)

D'après ce tableau, on constate que certaines vitesses sont faibles. Comme les pressions respectent les normes, cependant en bout de réseau, l'eau sort par un robinet dont l'orifice (en général 25 mm) est inférieur au diamètre de la conduite. Cette réduction de section augmente ainsi la vitesse de l'eau.

3.5 Vérification avec EPANET

3.5.1 Présentation du logiciel EPANET

EPANET version 2.00 est un logiciel de simulation du comportement des systèmes de distribution d'eau, d'un point de vue hydraulique mais également d'un point de vue qualité de l'eau. Il est distribué gratuitement par Environmental Protection Agency (EPA) depuis le mois de septembre 1993. Depuis il est largement utilisé dans le monde.

3.5.2 Méthode de calcul

La méthode utilisée par le logiciel pour calculer les équations des pertes de charge et de conservation de masse qui caractérisent l'état hydraulique du réseau est décrite par l'approche de Todini ou encore la méthode du gradient.

Cette méthode commence par une estimation initiale des débits dans chaque tuyaux qui peut ou non répondre à l'équation de conservation de la masse.

Ainsi, EPANET calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes.

3.5.3 Paramètres d'entrée du réseau

EPANET modélise un système de distribution d'eau comme un ensemble d'arcs reliés par des nœuds. Les arcs représentent des tuyaux, des pompes et des vannes de contrôle. Les nœuds représentent des nœuds de demande, des réservoirs et des bâches.

3.5.3.1 Les nœuds de demande

Les nœuds de demande sont des points du réseau où les arcs se rejoignent. Ce sont des points d'entrée ou de sortie d'eau et peuvent également ne pas avoir de débit. Les données d'entrée minimales exigées pour les nœuds de demande sont :

- l'altitude du nœud ;
- la demande en eau (qui peut varier dans le temps).

Les résultats calculés aux nœuds de demande, à chacun des intervalles de temps d'une simulation sont :

- la charge hydraulique (ou hauteur piézométrique) ;
- la pression au niveau du nœud.

On peut aussi voir le graphique d'évolution de la pression au nœud de demande.

3.5.3.2 Les réservoirs

Les réservoirs sont des nœuds avec une capacité de stockage, dont le volume d'eau stocké peut varier au cours du temps. Les données de base sont :

- l'altitude du radier (m);
- le diamètre (m) ;
- les niveaux initial, minimal et maximal de l'eau en m.

Les principaux éléments calculés dans la simulation sont :

- la charge hydraulique (altitude de l'eau) en m ;
- la pression (niveau de l'eau) en m;
- courbe d'évolution du niveau de l'eau.

Le niveau d'eau dans le réservoir doit rester entre les niveaux minimal et maximal. EPANET arrête la sortie d'eau si le réservoir est à niveau minimal et arrête l'arrivée s'il est à son niveau maximal.

3.5.3.3 Les baches infinies

Ce sont des nœuds représentant une source externe de capacité infinie. Elles sont utilisées pour modéliser des éléments tels que les lacs, les couches aquifères souterraines ou les arrivées de réseaux extérieurs.

Les données de base pour une bache sont : la charge totale et la qualité initiale de l'eau. Une bache étant un élément de frontière d'un réseau, ses données de base ne sont pas affectées par la simulation. Par conséquent, aucune propriété n'est calculée au cours de celle-ci.

3.5.3.4 Les conduites

Les conduites sont des arcs qui transportent l'eau d'un point du réseau à un autre. EPANET suppose que tous les tuyaux sont pleins à tout instant. L'eau s'écoule de l'extrémité qui a la charge hydraulique la plus élevée à celle qui a la charge la plus faible.

Les données de base pour une conduite sont :

- les nœuds initial et final,
- le diamètre (mm);
- la longueur (m) ;
- le coefficient de rugosité (pour déterminer la perte de charge) ;
- l'état (ouvert, fermé ou avec un clapet anti-retour).

Les principales valeurs calculées dans la simulation sont :

- le débit (m^3/h dans ce projet);
- la vitesse d'écoulement (m/s) ;
- la perte de charge (m).

3.5.3.5 Les vannes

Les vannes sont des arcs qui limitent la pression ou le débit en un point précis du réseau.

Leurs principaux paramètres d'entrée sont :

- les nœuds d'entrée et de sortie ;
- le diamètre (mm);
- la consigne de fonctionnement ;
- l'état de la vanne ;
- coefficient de perte de charge singulière.

Les éléments calculés en sortie de simulation sont :

- le débit ;
- la perte de charge hydraulique.

3.5.3.6 Les Résultats de la simulation

État des Nœuds du Réseau à 10:00 Heures					
	Altitude	Demande Base	Demande	Charge	Pression
ID Nœud	m	M3H	M3H	m	m
Nœud D9	2,88	0,515	0,19	41,94	39,06
Nœud D8	2,88	1,032	0,39	42,04	39,16
Nœud D6	0,45	3,72	1,4	42,12	41,67
Nœud D7	0,45	1,34	0,5	42,03	41,58
Nœud D4	1,34	6,64	2,49	43,85	42,51
Nœud D5	1,34	1,46	0,55	43,74	42,4
Nœud D3	1,81	1,5	0,56	48,57	46,76
Nœud D2	1,81	9,64	3,62	48,68	46,87

Extrait du tableau N°19: état des nœuds du réseau à 10 heures

État des Arcs du Réseau à 10:00 Heures					
ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Débit M3H	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km
Tuyau D-D2	400	63	9,69	0,86	15,44
Tuyau D2-D4	900	63	5,52	0,49	5,36
Tuyau D4-D6	1400	63	2,48	0,22	1,24
Tuyau D6-D8	900	63	0,58	0,05	0,08
Tuyau D8-D9	7100	63	0,19	0,02	0,01
Tuyau D6-D7	1600	63	0,5	0,04	0,05
Tuyau D4-d5	1800	63	0,55	0,05	0,07
Tuyau D2-d3	1500	63	0,56	0,05	0,07

Extrait du tableau N°20 : Etat des arcs (conduites) du réseau à 10 heures

Ces résultats sont donnés sous forme de tableau. Ils présentent l'état des nœuds et des conduites pendant toutes les heures de la journée. Nous présentons les résultats à 10 h : 00, heure qui fait partie des heures les plus critiques c'est-à-dire les pointes.

3.6 Caractéristiques des différentes pompes

On dispose de 5 pompes de caractéristiques suivantes :

- ✓ Pompe1 et pompe2 : ce sont les pompes pour le captage d'eau brute et pour le remplissage de la bache. Leur temps de fonctionnement est de 13 h par jour.

Pour un débit journalier de 2833,86 m³/jour on a :

$$Q = 2833,86/13 = 218 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Le niveau de captage au niveau du lac est supposé être égal à 6 m et la hauteur d'élévation de la station est 7 m. Alors une pompe de Hmt = 6 + 7 + pertes serait bonne. Les pertes sont égales à 1,37 m, d'où une pompe de Hmt = 15 m suffirait.

Donc les deux pompes ont pour caractéristiques : $\begin{cases} Hmt = 15 \text{ m} \\ Q = 218 \text{ m}^3/\text{h} \end{cases}$

- ✓ La pompe qui mène vers le réservoir R1 (voir Annexe 20):

Le débit est de 15 m³/h ;

$$Hmt = H_g + \text{pertes} = 30 + 6 + 0,53 + 0,2 = 36,73 \text{ m soit une Hmt} = 40 \text{ m}$$

Donc les deux pompes ont pour caractéristiques : $\begin{cases} Hmt = 15 \text{ m} \\ Q = 218 \text{ m}^3/\text{h} \end{cases}$

✓ La pompe qui mène vers le réservoir R1 (voir Annexe 20):

Le débit est de $15 \text{ m}^3/\text{h}$;

$Hmt = Hg + \text{pertes} = 30 + 6 + 0,53 + 0,2 = 36,73 \text{ m}$ soit une $Hmt = 40 \text{ m}$

Donc la pompe a pour caractéristiques : $\begin{cases} Hmt = 40 \text{ m} \\ Q = 15 \text{ m}^3/\text{h} \end{cases}$

✓ La pompe qui mène vers le réservoir R2 et R4 (voir Annexe 20):

Le débit est de $65 \text{ m}^3/\text{h}$;

$Hmt = Hg + \text{pertes} = 40 + 18 + 0,53 + 14,21 = 72,74 \text{ m}$ soit une $Hmt = 75 \text{ m}$

Donc la pompe a pour caractéristiques : $\begin{cases} Hmt = 75 \text{ m} \\ Q = 65 \text{ m}^3/\text{h} \end{cases}$

✓ La pompe qui mène vers le réservoir R3 (voir Annexe 20):

Le débit est de $35 \text{ m}^3/\text{h}$;

$Hmt = Hg + \text{pertes} = 40 + 7 + 0,53 + 0,016 = 47,546 \text{ m}$ soit une $Hmt = 50 \text{ m}$

Donc la pompe a pour caractéristiques : $\begin{cases} Hmt = 50 \text{ m} \\ Q = 35 \text{ m}^3/\text{h} \end{cases}$

Pour toutes ces pompes, le rendement est supposé être égal à 80 %.

La puissance mécanique de chaque pompe est calculée comme suit :

$$P_m = \frac{Q * Hmt * \gamma}{\eta}$$

Avec :

η = rendement de la pompe ;

Q = débit de la pompe ;

Hmt = hauteur manométrique totale de la pompe ;

γ = poids volumique de l'eau.

Les résultats sont consignés dans le tableau N° 21 ci-dessous.

Pompes	Débits (m ³ /h)	Hmt (m)	Rendement	Puissance mécanique (kW)
1	218	15	0.8	11.14
2	218	15	0.8	11.14
3	65	75	0.8	16.61
4	35	50	0.8	5.96
5	15	40	0.8	2.04
TOTAL				46.89

Tableau N° 21 : Calcul de la puissance des pompes

3.7 Dimensionnement de la station de traitement

Ce dimensionnement consiste à déterminer le débit de la pompe doseuse de sulfate d'alumine, les dimensions du décanteur, la surface de filtration et le nombre de filtres.

Hypothèses :

La consommation journalière = 2833,86 m³

Temps de pompage = 13 h/j ;

Soit un débit $Q = 218 \text{ m}^3/\text{h}$;

La station traite un débit de 218 m³/h pendant 15 h/j ;

Hauteur du décanteur = 4 m ;

Rapport L/H = 1,75 ;

vitesse ascensionnelle $v = 7 \text{ m/h}$;

vitesse de filtration = 15 m/h ;

3.7.1 Débit de la pompe doseuse

D'après les essais au laboratoire (Jar test), on a comme dose de coagulant (sulfate d'alumine) pour 800 ml d'eau, de 2,8 ml pour avoir des résultats optimaux. La pompe doseuse permet un dosage automatique du sulfate d'alumine.

Pour un volume de $2833,86 \text{ m}^3$, il nous faut : $\frac{2833,86 \cdot 2,8}{800} = 9,92 \text{ m}^3$ de coagulant.

Avec un temps de traitement de 15 h/j, on a un débit de : $\frac{9,92}{15} = 0,7 \text{ m}^3/\text{h}$.

Soit une pompe doseuse de débit égal à $0,7 \text{ m}^3/\text{h}$

3.7.2 Dimensions des décanteurs

On a $Q = 218 \text{ m}^3/\text{h}$

$$H = 4 \text{ et } L/H = 1,75 ;$$

$$\text{Alors } L = 4 \cdot 1,75$$

$$L = 7 \text{ m}$$

La surface horizontale $S_h = Q/v$

$$\text{Alors : } S_h = 218/7 = 31,14 \text{ m}^2 \text{ soit } S_h = 35 \text{ m}^2$$

D'où la largeur $l = 35/7$

$$l = 5 \text{ m}$$

Le volume du décanteur est : $V = 7 \cdot 5 \cdot 4$

$$V = 140 \text{ m}^3$$

On a un décanteur de caractéristiques suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} L = 7 \text{ m} \\ l = 5 \text{ m} \\ H = 4 \text{ m} \\ S_h = 35 \text{ m}^2 \\ V = 140 \text{ m}^3 \end{array} \right.$$

Surface de chaque filtre

On a : $Q = 218 \text{ m}^3/\text{h}$

$$V = 15 \text{ m/h}$$

Alors la surface S du filtre est de : $S = \frac{Q}{v}$

D' où $S = 14.5 \text{ m}^2$

Le nombre de filtres :

Considérons des filtres de diamètre $d = 2 \text{ m}$, alors le nombre de filtres sera de :

$$n = \frac{S}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

$$n = \frac{14.5}{\frac{\pi \cdot 2^2}{4}}$$

$n = 5$ filtres .

Le lit filtrant qu'on va adopter est composé :

- De gravier 3,4 à 5 mm en partie basse ;
- Du sable 0,5 mm en partie intermédiaire ;
- De l'antracite en partie haute.

EVALUATION FINANCIERE

CHAPITRE IV : EVALUATION FINANCIERE

Pour cette partie, nous essayerons de donner une estimation globale du réseau (les deux châteaux d'eau de 250 m³ et de cote de radier 40 m et 30 m, celui de 275 m³ de cote de radier 40 m, les canalisations, les accessoires annexes, le génie civil et la désinfection du réseau) et le prix du m³ d'eau.

4.1 Estimation globale des châteaux d'eau

Pour l'estimation de ces châteaux d'eau, nous nous sommes basés sur le tableau en annexe 17 donné dans le cadre du cours d'hydraulique urbaine en DUT 2 par Mr TAMBA.

- Le château d'eau de 250 m³ et de cote de radier 30 m

$$V = 250 \text{ m}^3 \text{ et } H = 30 \text{ m.}$$

Donc le prix est : $19,2 + 1 \cdot 10 + 1,8 \cdot 10 + 2,6 \cdot 10 = 73,2$ millions.

- Le château d'eau de 250 m³ et de cote de radier 40 m

$$V = 250 \text{ m}^3 \text{ et } H = 40 \text{ m.}$$

Pour ce dernier une valeur forfaitaire a été choisie pour atteindre les 40 m car le niveau maximum est de 30 m.

Le prix est : $19,2 + 1 \cdot 10 + 1,8 \cdot 10 + 2,6 \cdot 10 + 10 \cdot 3,2 = 105,2$ millions

- Le château d'eau de 275 m³ et de cote de radier 40 m

$$V = 275 \text{ m}^3 \text{ et } H = 40 \text{ m.}$$

Un volume de 275 m³ n'existe pas dans le tableau. Nous allons faire une interpolation.

Le prix est : $20,2 + 1,05 \cdot 10 + 1,9 \cdot 10 + 2,8 \cdot 10 + 3,6 \cdot 10 = 113,7$ millions

Le coût total des châteaux d'eau est : **292,1 millions.**

4.2 Le Génie Civil

Il concerne principalement les tranchées à exécuter pour la pose des conduites du moment où le coût du château d'eau inclut sa construction.

Pour ce qui concerne les excavations, on a calculé le volume total de terres enlevées comme suit :

Volume = Σ (linéaire totale de chaque diamètre * diamètre * 1m de profondeur).

Pour ce qui est du prix d'un m³ de terre, on s'est référé sur le bordereau de prix en annexe 18.

Les résultats sont consignés dans le tableau N°22.

Diamètres (mm)	Nombre	Linéaire (m)	Volume excave (m ³)	Prix du m ³ (FCFA)	Prix total (FCFA)
63	23	52 795	3 326,085	2 050	6 818 474,25
90	8	17 150	1 543,5		3 164 175
110	10	22 100	2 431		4 983 550
200	7	33 950	6 790		13 919 500
250	1	417,5	104,375		213 968,75
PRIX TOTAL					29 099 668

Tableau N° 22 : Estimation des prix des excavations

4.3 Conduites et accessoires

Le coût des conduites est fonction de la nature et du diamètre. Pour ce projet, on utilise que du PVC.

Pour le prix des conduites, nous nous sommes renseignés auprès de notre encadreur extérieur. Les diamètres des conduites sont : Φ 63, Φ 90, Φ 110, Φ 200, Φ 250.

Les accessoires tels que les coudes, les vannes et autres sont estimés à 30 % du coût des conduites.

Pour la désinfection, on l'a estimée une valeur de 1,5 millions.

Désignation	Unité	Quantité	Coût unitaire (FCFA)	Coût total (FCFA)
Châteaux d'eau				292 100 000
Génie Civil				29 099 668
Conduite Φ 63	ml	52 795	1 500	79 192 500
Conduite Φ 90	ml	17 150	3 500	60 025 000
Conduite Φ 110	ml	22 100	3 900	86 190 000
Conduite Φ 200	ml	33 950	15 000	509 250 000
Conduite Φ 250	ml	417.5	17 000	7 097 500
Accessoires				222 526 500
Désinfection				1 500 000
Pompe d'eau brute et accessoires		1		3 500 000
Pompe doseuse de sulfate d'alumine et accessoires		1		1 200 000
Bac de solution de sulfate d'alumine et accessoires		1		200 000
Décanteur statique au sol de 35 m ² (140 m ³)		1		19 000 000
Pompe de reprise des eaux décantées et accessoires		1		3 500 000
Filtre à sable bi-couche de diamètre 2m		5	2 500 000	12 500 000
Poste de filtration et désinfection				
Pompe doseuse de chlore et accessoires		1		1 200 000
Pompe d'eau traitée à partir de la station vers le bassin		1		2 800 000
Pompe de la bache vers R1		1		1 324 050
Pompe de la bache vers R2 et R4		1		2 420 845
Pompe de la bache vers R3		1		1 558 700
TOTAL				1 336 184 763

Tableau N°23 : Devis estimatif

4.4 Prix du m³ d'eau

Evaluation des frais d'amortissement pour chaque ouvrage.

$$A = \frac{(1+i)^n * i}{(1+i)^n - 1} * I$$

I = investissement ;

i = taux d'intérêt (choisi égale à 8%) ;

n = durée de l'amortissement en années ;

A = amortissement ;

Ouvrages	Investissement (FCFA)	Années	Amortissement (FCFA)
Châteaux d'eau+Génie Civil	321 199 668	50	26 255 778,9
Conduites PVC	741 755 000	30	65 888 192,85
Accessoires	222 526 500	10	33 163 010,52
Désinfection du réseau	1 500 000	30	133 241,1501
Pompes et accessoires	49 203 595	20	5 011 494,833
TOTAL			130 451 718,3

Tableau N°24 : Frais d'amortissement des ouvrages

Evaluation des charges fixes annuelles composées des frais de renouvellement et d'entretien du matériel et du salaire du personnel.

Les frais de renouvellement et d'entretien du matériel sont évalués comme suit :

- 2% du montant des travaux de canalisation ;
- 2% du montant des travaux de Génie Civil ;
- 5 à 6% du montant des travaux d'électromécanique.

Pour les charges fixes de l'électromécanique, on a pris 5 % des travaux.

Les charges fixes sont résumées dans le tableau N°25 ci-dessous.

Ouvrages	Charges fixes (FCFA)
Châteaux d'eau+Génie Civil	6 423 993,36
Conduites PVC	14 835 100
Accessoires	4 450 530
Pompes et accessoires	2 460 179,75
salaire du personnel	60 000
TOTAL	28 169 803,11

Tableau N°25 : Charges fixes annuelles

Nous avons jugé nécessaire qu'il y'aura deux gardiens pour la station de traitement dont leur salaire est estimé à 30 000 FCFA par mois chacun.

Les frais d'exploitation liés aux pompes c'est-à-dire les frais d'énergie sont aussi pris en compte.

On a 5 pompes de caractéristiques suivantes :

- ✓ 2 pompes telles que $Q = 218 \text{ m}^3/\text{h}$ et $H_{mt} = 15 \text{ m}$;
- ✓ 1 pompe telle que $Q = 65 \text{ m}^3/\text{h}$ et $H_{mt} = 75 \text{ m}$;
- ✓ 1 pompe telle que $Q = 35 \text{ m}^3/\text{h}$ et $H_{mt} = 50 \text{ m}$;
- ✓ 1 pompe telle que $Q = 15 \text{ m}^3/\text{h}$ et $H_{mt} = 40 \text{ m}$;

Le nombre de kWh mensuel (N1) avec 13 h pour les deux premières pompes est :

$$N1 = 11,14 * 2 * 13 * 30 = 8689,2 \text{ kWh.}$$

Le nombre de kWh mensuel (N2) avec 15 h pour les trois autres est :

$$N2 = (16,61 + 5,96 + 2,04) * 15 * 30 = 11074,5 \text{ kWh.}$$

Le nombre de kWh mensuel total est : $8689,2 + 11074,5 = 19 763,7 \text{ kWh.}$

Le prix de l'énergie mensuel (Pm) est :

$$Pm = 51 * 98,56 + 103 * 102,2 + (19 763,7 - 51 - 102,2) * 105,1 = 2 076 616,71 \text{ FCFA.}$$

Le prix annuel de l'énergie est (Pa) :

$$Pa = 1\,766\,143 * 365 / 30 = 25\,265\,503,31 \text{ FCFA.}$$

Les frais d'exploitations des pompes s'élèvent à 25 265 503,31 FCFA.

On aura comme frais total annuel la somme des charges fixes, des amortissements et des frais d'exploitation.

$$\text{Frais total} = 130\,451\,718,3 + 28\,169\,803,11 + 25\,265\,503,31 = 183\,887\,025 \text{ FCFA.}$$

$$\text{Le nombre de m}^3 \text{ à considérer est : } 2\,833,86 * 365 = 1\,034\,358,9 \text{ m}^3$$

Le prix du m³ d'eau est alors :

$$P_{m^3} = \frac{183.887.025}{1034358,9} = 178 \text{ FCFA}$$

On a alors le prix du m³ d'eau qui est égal 180 FCFA.

Evaluation du coût du m³ d'eau en considérant le coût du gasoil

On suppose que les pompes consomment 4 litres de gasoil par heure.

Le coût actuel du gasoil est de 537 FCFA.

Pour les deux premières pompes, la consommation journalière en gasoil est :

$$13 * 4 = 52 \text{ litres/jour.}$$

Pour les autres, la consommation journalière en gasoil est :

$$15 * 4 = 60 \text{ litres/jour.}$$

La consommation totale en gasoil est : 52 + 60 = 112 litres/jours.

Le coût annuel (C) du gasoil est :

$$C = 112 * 537 * 365 = 21\,952\,560 \text{ FCFA.}$$

Les frais totaux s'élèvent à : 130.451.718,3 + 28.169.803,11 + 21 952 560

Alors on a comme frais totaux : **180 574 081,4 FCFA.**

Le prix du m³ d'eau est alors:

$$P_{m^3} = \frac{180.574.081,4}{1034358,9} = 174,5 \text{ FCFA}$$

Donc le prix du m³ d'eau est égal à 175 FCFA.

Le prix du m³ d'eau quand on utilise le gasoil est moins cher que le prix du m³ d'eau quand on utilise l'électricité de la SENELEC.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette présente étude traite essentiellement une discipline de l'hydraulique urbaine à savoir l'alimentation en eau potable.

L'alimentation en eau potable revêt une importance toute particulière eue égard à la place prépondérante qu'elle occupe dans ce projet. Son étude obéit à une démarche consistant à la recherche, à l'analyse et à l'exploitation des données; à la détermination des paramètres de calcul et à l'utilisation du logiciel EPANET pour la modélisation du réseau. Les résultats obtenus ont dans leur grande majorité donné des satisfactions par rapport aux exigences de fonctionnalité notamment vis-à-vis des pressions aux nœuds.

Un premier calcul de pression a été fait pour vérifier si le réseau existant à savoir le château de Mbane et celui de Diaglè pourrait suffire en tenant compte de l'extension. Ces résultats ne respectés pas les exigences de fonctionnalité.

Des résultats favorables ont été obtenus en redimensionnant le réseau, en calculant un nouveau réservoir et en éliminant celui de Mbane. Ce réservoir ainsi calculé, scindé en quatre petits réservoirs, tient compte de celui de Diaglè. Il nous a permis de palier aux déficits de pressions qui existaient dans le réseau.

Ces réservoirs calculés sont précédés par une bache placée après la station de traitement. L'eau ainsi traitée est acheminée au niveau de la bache et à partir de là, on l'amène au niveau des châteaux d'eau par des pompes.

Ce projet est dimensionné à l'horizon 2024, soit une durée de 15 années et un budget estimé à plus d'un milliards de FCFA. Les diamètres utilisés sont : Φ 63, Φ 90, Φ 110, Φ 180, Φ 250. Le mètre linéaire total des conduites est de 166 412 .5 m.

Le prix du m³ d'eau est de 175 FCFA quand on utilise du gasoil et de 180 FCFA quand on utilise du courant de la SENELEC.

Avant de terminer, nous recommandons :

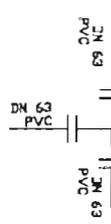
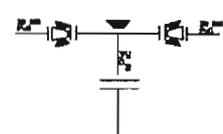
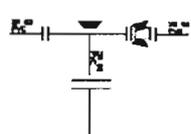
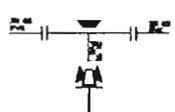
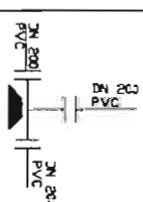
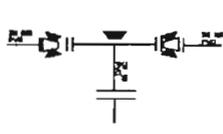
- De bien entretenir le réseau ;

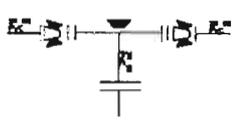
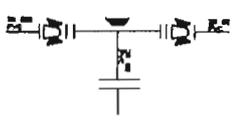
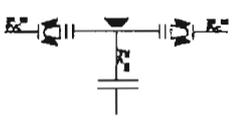
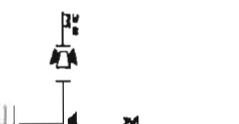
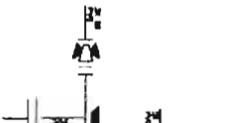
- D'élargir l'étude pour les autres villages qui restent dans la communauté rurale de Mbane ;
- D'installer à la sortie du château d'eau un compteur pour suivre convenablement l'évolution de la consommation afin d'établir exactement l'hydrogramme de consommation.
- Sur le plan de la gestion, il faudrait que le système de tarification de l'eau tienne réellement compte des possibilités des populations. Des mesures très restrictives risquent de détourner certains de l'utilisation de l'eau saine.

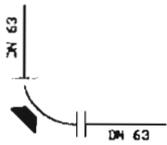
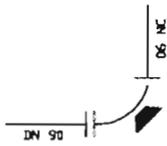
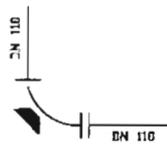
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] A. DUPOINT : « Hydraulique Urbaine » Edition EYROLLES Paris 1979
- [2] Jacques BONNIN : « Aide Mémoire d'Hydraulique Urbaine » Edition EYROLLES Paris 1982
- [3] TAMBA, S. Notes de Cours d'hydraulique urbaine, Ecole Polytechnique de Thiès.
- [4] DOUMBOUYA, L. Notes de Cours d'hydraulique urbaine, Ecole Polytechnique de Thiès.
- [5] Notes de cours de Traitement des Eaux de Consommation EIER.
- [6] Notes de cours d'Hydraulique urbaine de Laval
- [7] Jean Michel BARBIER. Support de cours ETSHER d'Alimentation en eau potable. 1995-1996.
- [8] <http://www.ansd.sn>
- [9] PFE de Ngagne DIOP « Etude Complète de l'Alimentation en eau potable du village de Ritte DIAW » 2002
- [10] PFE de Mamadou DIENG et Mari TINE « Optimisation du système d'AEP multi villages de Keur Mbaye Sall » 2007
- [11] PFE de Daouda BA et Cheikh Dethialaw SECK « Alimentation et Evacuation des Eaux de la ZAC de Nguinth –Thiès » 2005
- [12] Notes de cours ALIMENTATION EN EAU POTABLE : Ecole Polytechnique Fédérale de LAUSANE, Département Génie Rural et Géomètres : Institut du Génie de l'Environnement.

CAHIER DES NOEUDS

Schémas	Noeuds	Qlé	Désignation
	D D2 D4 D6	4 4	Té à 3 brides DN 63 Butées pour Té
	C C2	2 2 2 2 8	Té à 3 brides DN 63 butées pour té cônes convergents DN 200/63 cônes divergents DN 63/200 butées pour cône
	C'	1 1 1 2	Té à 3 brides DN 63 butée pour lé cône divergent DN 63/90 butées pour cône
	B6 B9	2 2 2 4	Té à 3 brides DN 63 butées pour lé cônes convergents DN 90/63 butées pour cône
	A1	1 1	Té à 3 brides DN 200 butée pour lé
	B	1 1 1 1 4	Té à 3 brides DN 90 butée pour lé cône convergent DN 200/90 cône divergent DN 90/110 butées pour cône

Schémas	Noeuds	Q Lé	Désignation
	B3	1 1 1 1 4	Té à 3 brides DN 90 butée pour lé cône convergent DN 110/90 cône convergent DN 90/63 butées pour cône
	C4	1 1 1 1 4	Té à 3 brides DN 110 butée pour lé cône convergent DN 200/110 cône convergent DN 110/63 butées pour cône
	A3 C5	2 2 2 2 8	Té à 3 brides DN 110 butées pour lé cônes divergents DN 90/110 cônes convergents DN 110/63 butées pour cône
	R2	2 2 4 8	Té à 3 brides DN 110 butées pour lé cônes divergents DN 63/110 butées pour cône
	A	2 2 2 2 1 6	Té à 3 brides DN 250 et DN 200 butée pour lé cônes divergents DN 200/250 cônes divergents DN 63/250 cône divergent DN 63/200 butées pour cône

Schémas	Noeuds	Q le	Designation
	<p>C11</p> <p>DS</p> <p>C13</p> <p>B4</p>	<p>4</p> <p>4</p>	<p>coude bride-bride 90 DN 63</p> <p>butée pour coude</p>
	<p>B1</p>	<p>1</p> <p>1</p>	<p>coude bride-bride 90 DN 90</p> <p>butée pour coude</p>
	<p>E1</p> <p>E2</p> <p>E3</p>	<p>3</p> <p>3</p>	<p>coude bride-bride 90 DN 110</p> <p>butée pour coude</p>

ANNEXES

Annexe 1

Villages	Population Actuelle (hbts)	Cheptel			
		Bovins	Ovins+Caprins	Asins	Equins
Mbane	1533	80	110	58	97
Pome	272	350	600	190	60
Mare	250	3500	1420	330	150
Ndiakhaye	1697	130	500	35	25
Lawleedji	300	1300	1633	136	180
Vendou Mare	2200	5500	320	320	60
Keba	270	30	70	30	
Temeye Lewa	1350	270	134	20	6
Sanine	1018	65	400	50	45
Temeye Salane	1131	235	79	17	9
Sanda	1200	75	45	15	5
Doumboulene	303	130	200	45	45
Sam Sam	240	110	135	41	35
Fédia	280	280	2000	100	70
Longur	336	2010	1800	300	190
Vendou Samba	1709	1800	3500		
Yayarde	400	1900	860	200	169
Langdé	310	2100	950	46	24
Samba Ould Brahim	190	1890	400	100	10
Dangdé	230	1515	1400	200	104
Tétiane Amadi	410	740	500	110	40
Kouel	700		1500	700	30
Medina Yelour	116	115	110	95	42
Keur Birama Souleye	366	995	600	97	68
Beli Namar	800	2100	1500	150	100
Sanéne	268	240	850	70	40
Diaglè	1697	300	760	25	15
Keur Dièna	535	100	90	10	10
Mbane Aléana	237	1284	2000		600
Keur Ali Matel	456	210	97	9	4
Levane	200	3000	5000	80	60
Yelour	850	800	1200	40	40
Temeye Toucouleur	1248	40	167	18	10
totaux	23102	33194	30930	3637	2343

Annexe 2

Villages	Population actuelle (hbts)	consommation journalière/village (litre/jours)
Mbane	1533	53655
Pome	272	9520
Mare	250	8750
Ndiakhaye	1697	59395
Lawleedji	300	10500
Vendou Mare	2200	77000
Keba	270	9450
Temeye Lewa	1350	47250
Sanine	1018	35630
Temeye Salane	1131	39585
Sanda	1200	42000
Doumboulene	303	10605
Sam Sam	240	8400
Fédia	280	9800
Longur	336	11760
Vendou Samba	1709	59815
Yayarde	400	14000
Langdé	310	10850
Samba Ould Brahim	190	6650
Dangdé	230	8050
Tétiane Amadi	410	14350
Kouel	700	24500
Medina Yelour	116	4060
Keur Birama Souleye	366	12810
Beli Namar	800	28000
Sanéne	268	9380
Diaglé	1697	59395
Keur Diéna	535	18725
Mbane Aléana	237	8295
Keur Ali Matel	456	15960
Levane	200	7000
Yelour	850	29750
Temeye Toucouleur	1248	43680
totaux	23102	808570

Annexe 3

Villages	Consommation du Cheptel (l/j)			
	Bovins	Ovins+Caprins	Asins	Equins
Mbane	60	11	29	97
Pome	263	60	95	60
Mare	2625	142	165	150
Ndiakhaye	98	50	18	25
Lawleedji	975	163	68	180
Vendou Mare	4125	32	160	60
Keba	23	7	15	0
Temeye Lewa	203	13	10	6
Sanine	49	40	25	45
Temeye Salane	176	8	9	9
Sanda	56	5	8	5
Douboulene	98	20	23	45
Sam Sam	83	14	21	35
Fédia	210	200	50	70
Longur	1508	180	150	190
Vendou Samba	1350	350	0	0
Yayarde	1425	86	100	169
Langdé	1575	95	23	24
Samba Ould Brahim	1418	40	50	10
Dangdé	1136	140	100	104
Tétiane Amadi	555	50	55	40
Kouel	0	150	350	30
Medina Yelour	86	11	48	42
Keur Birama Souleye	746	60	49	68
Beli Namar	1575	150	75	100
Sanéne	180	85	35	40
Diaglè	225	76	13	15
Keur Dièna	75	9	5	10
Mbane Aléana	963	200	0	600
Keur Ali Matel	158	10	5	4
Levane	2250	500	40	60
Yelour	600	120	20	40
Temeye Toucouleur	30	17	9	10
totaux	24896	3093	1819	2343

Annexe 4

Villages	Consommation actuelle du Cheptel (l/j)			
	Bovins	Ovins+ Caprins	Asins	Equins
Mbane	1800	55	580	3880
Pome	7875	300	1900	2400
Mare	78750	710	3300	6000
Ndiakhaye	2925	250	350	1000
Lawleedji	29250	816.5	1360	7200
Vendou Mare	123750	160	3200	2400
Keba	675	35	300	0
Temeye Lewa	6075	67	200	240
Sanine	1462.5	200	500	1800
Temeye Salane	5287.5	39.5	170	360
Sanda	1687.5	22.5	150	200
Doumboulene	2925	100	450	1800
Sam Sam	2475	67.5	410	1400
Fédia	6300	1000	1000	2800
Longur	45225	900	3000	7600
Vendou Samba	40500	1750	0	0
Yayarde	42750	430	2000	6760
Langdé	47250	475	460	960
Samba Ould Brahim	42525	200	1000	400
Dangdé	34087.5	700	2000	4160
Tétiane Amadi	16650	250	1100	1600
Kouel	0	750	7000	1200
Medina Yelour	2587.5	55	950	1680
Keur Birama S	22387.5	300	970	2720
Beli Namar	47250	750	1500	4000
Sanéne	5400	425	700	1600
Diaglè	6750	380	250	600

Suite de l'Annexe 4

Villages	Consommation actuelle du Cheptel (l/j)			
Keur Dièna	2250	45	100	400
Mbane Aléana	28890	1000	0	24000
Keur Ali Matel	4725	48.5	90	160
Levane	67500	2500	800	2400
Yelour	18000	600	400	1600
Temeye	900	83.5	180	400
Toucouleur				
Totaux	746865	15465	36370	93720

Annexe 5

NORMES	OMS (1993)	UE(1998)
Matières en suspension	Pas de lignes directrices	Non mentionnées
DCO	Pas de lignes directrices	Non mentionnée
DBO	Pas de lignes directrices	Non mentionnée
Pouvoir oxydant		5.0 mg/l O ₂
Graisse/huiles	Pas de lignes directrices	Non mentionnées
Turbidité	Pas de lignes directrices ⁽¹⁾	Non mentionnée
pH	Pas de lignes directrices ⁽²⁾	Non mentionnée
Conductivité	250 micros/cm	250 micros/cm
Couleur	Pas de lignes directrices ⁽³⁾	Non mentionnée
oxygène dissous	Pas de lignes directrices ⁽⁴⁾	Non mentionnée
Dureté	Pas de lignes directrices ⁽⁵⁾	Non mentionnée
Conductivité électrique	Pas de lignes directrices	Non mentionnée
Aluminium (Al)	0.2 mg/l	0.2 mg/l
Ammoniac (NH ₄)	Pas de lignes directrices	0.50 mg/l
Antimoine (Sb)	0.005 mg/l	0.005 mg/l
Arsenic (As)	0.01 mg/l	0.01 mg/l
Baryum (Ba)	0.3 mg/l	Non mentionnée
Béryllium (Be)	Pas de lignes directrices	Non mentionnée
Bore (B)	0.3 mg/l	0.001 mg/l
Brome (Br)	Pas de lignes directrices	0.01 mg/l
Cadmium (Cd)	0.003 mg/l	0.005 mg/l
Chrome (Cr)	0.05 mg/l	0.05 mg/l
Cuivre (Cu)	2 mg/l	2.0 mg/l
Fer (Fe)	Pas de lignes directrices ⁽⁶⁾	0.2mg/l
Plomb (Pb)	0.01 mg/l	0.01 mg/l
Manganèse (Mn)	0.5 mg/l	0.05 mg/l
Mercuré (Hg)	0.001 mg/l	0.001 mg/l
Molybdène (Mo)	0.07 mg/l	Non mentionnée
Nickel (Ni)	0.02 mg/l	0.02 mg/l
Azote (total N)	50 mg/l	Non mentionnée
Sélénium (Se)	0.01 mg/l	0.01 mg/l
Argent (Ag)	Pas de lignes directrices	Non mentionnée
Sodium (Na)	200 mg/l	200 mg/l
Etain (Sn) inorganique	Pas de lignes directrices	Non mentionnée
Uranium (U)	1.4 mg/l	Non mentionnée
Zinc (Zn)	3 mg/l	Non mentionnée

Suite de l'annexe 5

NORMES	OMS (1993)	UE(1998)
anions (ions négatifs)		
Chlore (Cl)	250 mg/l	250 mg/l
Cyanure (CN)	0.07 mg/l	0.05 mg/l
Fluor (F)	1.5 mg/l	1.5 mg/l
Sulfate (SO4)	500 mg/l	250 mg/l
Nitrate (NO3)	(Voir azote)	50 mg/l
Nitrite (NO2)	(voir azote)	0.50 mg/l
Paramètres		
microbiologiques		
<i>Escherichia coli</i>	Non mentionnée	0 in 250 ml
Enterococci	Non mentionnée	0 in 250 ml
<i>Pseudomonas</i>		
<i>aeruginosa</i>	Non mentionnée	0 in 250 ml
<i>Clostridium</i>		
<i>perfringens</i>	Non mentionnée	0 in 100 ml
bactérie coliforme	Non mentionnée	0 in 100 ml
Nombre de colonie à 22oC	Non mentionnée	100/ml
Nombre de colonie à 37oC	Non mentionnée	20/ml
Autres paramètres		
Acrylamide	Non mentionnée	0.0001 mg/l
Benzène (C6H6)	Non mentionnée	0.001 mg/l
Benzo(a)pyrène	Non mentionnée	0.00001 mg/l
dioxyde de chlore (ClO2)	0.4 mg/l	
1,2-dichloroéthane	Non mentionnée	0.003 mg/l

Annexe 6

Villages	Population actuelle	Population en 2024
Mbane	1533	2220
Pome	272	394
Mare	250	362
Ndiakhaye	1697	2458
Lawleedji	300	434
Vendou Mare	2200	3186
Keba	270	391
Temeye Lewa	1350	1955
Sanine	1018	1474
Temeye Salane	1131	1638
Sanda	1200	1738
Doumboulene	303	439
Sam Sam	240	348
Fédia	280	406
Longur	336	487
Vendou Samba	1709	2475
Yayarde	400	579
Langdé	310	449
Samba Ould Brahim	190	275
Dangdé	230	333
Tétiane Amadi	410	594
Kouel	700	1014
Medina Yelour	116	168
Keur Birama Souleye	366	530
Beli Namar	800	1159
Sanéne	268	388
Diaglé	1697	2458
Keur Dièna	535	775
Mbane Aléana	237	343
Keur Ali Matel	456	660
Levane	200	290
Yelour	850	1231
Temeye Toucouleur	1248	1807
totaux	23102	33458

Annexe 7

Villages	cheptel en 2024			
	Bovins	Ovins+ Caprins	Asins	Equins
Mbane	110	27	47	166
Pome	480	146	155	103
Mare	4796	345	269	256
Ndiakhaye	178	122	29	43
Lawleedji	1781	397	111	308
Vendou Mare	7537	78	261	103
Keba	41	17	24	0
Temeye Lewa	370	33	16	10
Sanine	89	97	41	77
Temeye Salane	322	19	14	15
Sanda	103	11	12	9
Doumboulene	178	49	37	77
Sam Sam	151	33	33	60
Fédia	384	486	82	120
Longur	2754	438	245	325
Vendou Samba	2467	851	0	0
Yayarde	2604	209	163	289
Langdé	2878	231	38	41
Samba Ould Brahim	2590	97	82	17
Dangdé	2076	340	163	178
Tétiane Amadi	1014	122	90	68
Kouel	0	365	571	51
Medina Yelour	158	27	78	72
Keur Birama Souleye	1363	146	79	116
Beli Namar	2878	365	122	171
Sanéne	329	207	57	68
Diaglè	411	185	20	26
Keur Dièna	137	22	8	17
Mbane Aléana	1759	486	0	1026
Keur Ali Matel	288	24	7	7
Levane	4111	1215	65	103
Yelour	1096	292	33	68
Temeye Toucouleur	55	41	15	17
totaux	45486	7518	2968	4006

Annexe 8

Villages	Population en 2024	consommation de la population en 2024 (l/j)	consommation des services publics (l/j)
Mbane	2220	77700	4180
Pome	394	13790	4050
Mare	362	12670	
Ndiakhaye	2458	86030	4180
Lawleedji	434	15190	
Vendou Mare	3186	111510	4050
Keba	391	13685	
Temeye Lewa	1955	68425	4050
Sanine	1474	51590	
Temeye Salane	1638	57330	4180
Sanda	1738	60830	
Doumboulene	439	15365	
Sam Sam	348	12180	
Fédia	406	14210	
Longur	487	17045	
Vendou Samba	2475	86625	
Yayarde	579	20265	
Langdé	449	15715	
Samba Ould Brahim	275	9625	
Dangdé	333	11655	
Tétiane Amadi	594	20790	
Kouel	1014	35490	
Medina Yelour	168	5880	
Keur Birama Souleye	530	18550	
Beli Namar	1159	40565	4100
Sanéne	388	13580	
Diaglè	2458	86030	4180
Keur Dièna	775	27125	
Mbane Aléana	343	12005	
Keur Ali Matel	660	23100	
Levane	290	10150	
Yelour	1231	43085	4050
Temeye Toucouleur	1807	63245	4050
totaux	33458	1171030	41070

Annexe 9

Consommation du Cheptel (l/j) en 2024			
Bovins	Ovins+Caprins	Asins	Equins
3288,769588	133,6883145	946,6598456	6633,500868
14388,36695	729,2089884	3101,12708	4103,196413
143883,6695	1725,794606	5386,168087	10257,99103
5344,25058	607,674157	571,2602517	1709,665172
53442,5058	1984,663797	2219,754121	12309,58924
226102,9092	388,9114605	5222,950872	4103,196413
1233,288595	85,07438198	489,6516443	0
11099,59736	162,8566741	326,4344295	410,3196413
2672,12529	486,1393256	816,0860738	3077,39731
9660,760665	96,01251681	277,4692651	615,479462
3083,221489	54,69067413	244,8258221	341,9330344
5344,25058	243,0696628	734,4774664	3077,39731
4522,058183	164,0720224	669,1905805	2393,531241
11510,69356	2430,696628	1632,172148	4787,062482
82630,3359	2187,626965	4896,516443	12993,45531
73997,31573	4253,719099	0	0
78108,27771	1045,19955	3264,344295	11557,33656
86330,20168	1154,580898	750,7991879	1641,278565
77697,18151	486,1393256	1632,172148	683,8660689
62281,07407	1701,48764	3264,344295	7112,207116
30421,11869	607,674157	1795,389362	2735,464275
0	1823,022471	11425,20503	2051,598207
4727,606283	133,6883145	1550,56354	2872,237489
40904,07175	729,2089884	1583,206983	4650,289268
86330,20168	1823,022471	2448,258221	6838,660689
9866,308764	1033,046067	1142,520503	2735,464275
12332,88595	923,6647187	408,0430369	1025,799103
4110,961985	109,3813483	163,2172148	683,8660689
52784,75189	2430,696628	0	41031,96413
8633,020168	117,8887865	146,8954933	273,5464275
123328,8595	6076,74157	1305,737718	4103,196413
32887,69588	1458,417977	652,8688591	2735,464275
1644,384794	202,9631684	293,7909866	683,8660689
1364593	37591	59362	160230

Annexe 10

Conduites	Débits (l/s)
D9-D8	0,286622628
D8-D6	0,286622628
D6-D7	0,747160544
D6-D4	1,033783172
D4-D5	0,811574132
D4-D2	1,845357304
D3-D2	0,835181967
D2-D	2,68053927
D-D1	0,977710742
D-A	3,658250012
C12-C11	0,179317299
C11-C9	1,164809347
C9-C10	0,982285266
C9-C7	2,147094613
C7-C8	2,013004898
C7-C5	4,160099511
C5-C6	0,37259753
C5-C4	6,54570194
C14-C13	1,13938484
C13-C4	1,13938484
C4-C2	7,685086779
C2-C3	0,464836799
C2-C	8,149923578
C-C1	0,678723935
C-A	8,828647514
E4-E3	1,222128013
E3-E2	2,21766173
E2-E1	2,869856712
E1-E	3,852141978
E-A3	4,027652344
E0-A3	1,644735452
A3-O	6,441100493
F2-O	0,328209949
F1-O	1,043106008
O-R2	9,026541367
R2-A1	9,026541367
B8-B6	1,386029336

B7-B6	1,90828744
B6-B3	3,294316776
B5-B4	0,400122972
B4-B3	0,630780982
B3-B	5,24732181
B2-B1	1,677830269
B1-B	2,051341275
B-A1	8,551584528
A1-A	17,95072342
A-R1	31,51265126

Annexe 11

Conduites	Débits (m ³ /s)	Vitesses Fict (m/s)	Diamètres (mm)	Diamètres (mm)
D9-D8	0.000286623	1	19.10822771	63
D8-D6	0.000286623	1	19.10822771	63
D6-D7	0.000747161	1	30.85120535	63
D6-D4	0.001033783	1	36.28940945	63
D4-D5	0.000811574	1	32.15357519	63
D4-D2	0.001845357	1	48.48477736	63
D3-D2	0.000835182	1	32.61787964	63
D2-D	0.002680539	1	58.43543195	63
D-D1	0.000977711	1	35.2915201	63
D-A	0.00365825	1	68.26559235	90
C12-C11	0.000179317	1	15.1138903	63
C11-C9	0.001164809	1	38.52056026	63
C9-C10	0.000982285	1	35.37398494	63
C9-C7	0.002147095	1	52.29868424	63
C7-C8	0.002013005	1	50.63928761	63
C7-C5	0.0041601	1	72.7975949	90
C5-C6	0.000372598	1	21.78638417	63
C5-C4	0.006545702	1	91.31524412	110
C14-C13	0.001139385	1	38.09784319	63
C13-C4	0.001139385	1	38.09784319	63
C4-C2	0.007685087	1	98.94402187	110
C2-C3	0.000464837	1	24.33410751	63
C2-C	0.008149924	1	101.8924347	110
C-C1	0.000678724	1	29.40436155	63
C-A	0.008828648	1	106.0503877	110
E4-E3	0.001222128	1	39.45695087	63
E3-E2	0.002217662	1	53.15116922	63
E2-E1	0.002869857	1	60.46377778	63
E1-E	0.003852142	1	70.05131857	90

Suite de l'annexe 11

Conduites	Débits (m ³ /s)	Vitesses Fictives (m/s)	Diamètres théoriques (mm)	Diamètres Nominiaux (mm)
E-A3	0.004027652	1	71.62937468	90
E0-A3	0.001644735	1	45.77340273	63
A3-O	0.0064411	1	90.58268906	110
F2-O	0.00032821	1	20.44753888	63
F1-O	0.001043106	1	36.45267428	63
O-R2	0.009026541	1	107.232359	110
R2-A1	0.009026541	1	107.232359	110
B8-B6	0.001386029	1	42.01954862	63
B7-B6	0.001908287	1	49.30455774	63
B6-B3	0.003294317	1	64.78103025	90
B5-B4	0.000400123	1	22.57677552	63
B4-B3	0.000630781	1	28.3468279	63
B3-B	0.005247322	1	81.7587083	110
B2-B1	0.00167783	1	46.2316277	63
B1-B	0.002051341	1	51.11920968	63
B-A1	0.008551585	1	104.3730724	110
A1-A	0.017950723	1	151.2189261	180
A-R1	0.031512651	1	200.3584408	250

Annexe 12

Conduites	Débits (m ³ /s)	Diamètres Nominiaux (mm)	Vitesses Réelles (m/s)
D9-D8	0.00028662	63	0.091994045
D8-D6	0.00028662	63	0.091994045
D6-D7	0.00074716	63	0.239807728
D6-D4	0.00103378	63	0.331801773
D4-D5	0.00081157	63	0.260481834
D4-D2	0.00184536	63	0.592283607
D3-D2	0.00083518	63	0.268058975
D2-D	0.00268054	63	0.860342582
D-D1	0.00097771	63	0.313804835
D-A	0.00365825	90	0.575332234
C12-C11	0.00017932	63	0.057553459
C11-C9	0.00116481	63	0.373855773
C9-C10	0.00098229	63	0.315273069
C9-C7	0.00214709	63	0.689128842
C7-C8	0.002013	63	0.646091572
C7-C5	0.0041601	90	0.654258003
C5-C6	0.0003726	63	0.119588444
C5-C4	0.0065457	110	0.689130067
C14-C13	0.00113938	63	0.365695555

C13-C4	0.00113938	63	0.365695555
C4-C2	0.00768509	110	0.809084253
C2-C3	0.00046484	63	0.149193446
C2-C	0.00814992	200	0.85802217
C-C1	0.00067872	63	0.217842398
C-A	0.00882865	110	0.929478077
E4-E3	0.00122213	63	0.392252701
E3-E2	0.00221766	63	0.711777977
E2-E1	0.00286986	63	0.921105675
E1-E	0.00385214	90	0.605825584
E-A3	0.00402765	90	0.633428064
E0-A3	0.00164474	63	0.527892264
A3-O	0.0064411	110	0.678117649
F2-O	0.00032821	63	0.105341861
F1-O	0.00104311	63	0.334794019
O-R2	0.00902654	110	0.950312298
R2-A1	0.00902654	110	0.950312298
B8-B6	0.00138603	63	0.444858268
B7-B6	0.00190829	63	0.612481586
B6-B3	0.00329432	90	0.518096528
B5-B4	0.00040012	63	0.128422976

B4-B3	0.00063078	63	0.202454687
B3-B	0.00524732	110	0.552436891
B2-B1	0.00167783	63	0.538514336
B1-B	0.00205134	63	0.658395968
B-A1	0.00855158	110	0.900308946
A1-A	0.01795072	200	0.57167909
A-R1	0.03151265	250	0.642296077

Annexe 13

Conduites	Débits (m ³ /s)	Diamètres Nominiaux (mm)	Longueurs (m)	Pertes de Charge ΔH
D9-D8	0.000286623	63	7100	1.161025964
D8-D6	0.000286623	63	900	0.147172305
D6-D7	0.000747161	63	1600	1.777912894
D6-D4	0.001033783	63	1400	2.978170721
D4-D5	0.000811574	63	1800	2.359888775
D4-D2	0.001845357	63	900	6.100509153
D3-D2	0.000835182	63	1500	2.082649149
D2-D	0.002680539	63	400	5.720934519
D-D1	0.000977711	63	1200	2.283308834
D-A	0.00365825	90	6400	25.44166854
C12-C11	0.000179317	63	5600	0.358422315
C11-C9	0.001164809	63	30	0.081020251
C9-C10	0.000982285	63	4300	8.258598494
C9-C7	0.002147095	63	1300	11.92911854
C7-C8	0.002013005	63	1100	8.872479117
C7-C5	0.0041601	90	1400	7.197046771
C5-C6	0.000372598	63	4000	1.105357017
C5-C4	0.006545702	110	2100	9.165362781
C14-C13	0.001139385	63	2600	6.718570189

C13-C4	0.001139385	63	800	2.067252366
C4-C2	0.007685087	110	1700	10.22737987
C2-C3	0.000464837	63	1400	0.602131956
C2-C	0.008149924	110	3200	21.65085068
C-C1	0.000678724	63	350	0.320934948
C-A	0.008828648	110	3400	26.99511528
E4-E3	0.001222128	63	2600	7.729820043
E3-E2	0.002217662	63	2800	27.41014119
E2-E1	0.002869857	63	1400	22.95150138
E1-E	0.003852142	90	2000	8.815631287
E-A3	0.004027652	90	2800	13.49213988
E0-A3	0.001644735	63	3700	19.92307954
A3-O	0.0064411	110	7400	31.27301718
F2-O	0.00032821	63	465	0.09970549
F1-O	0.001043106	63	5600	12.12851299
O-R2	0.009026541	110	50	0.414983349
R2-A1	0.009026541	110	2850	23.65405091
B8-B6	0.001386029	63	1000	3.823908415
B7-B6	0.001908287	63	800	5.798827745
B6-B3	0.003294317	90	3400	10.96045248
B5-B4	0.000400123	63	3400	1.083499031

B4-B3	0.000630781	63	3000	2.375970663
B3-B	0.005247322	110	4600	12.90182493
B2-B1	0.00167783	63	3000	16.81047334
B1-B	0.002051341	63	3200	26.80331144
B-A1	0.008551585	110	5000	37.24612562
A1-A	0.017950723	200	10500	14.21146341
A-R1	0.031512651	250	417.5	0.529734862

Annexe 14

Conduites	Nœuds	Débits (m ³ /s)	Débits pour chaque nœud (m ³ /s)	cote (m)	Pertes de Charge ΔH (m)	Pression	Vitesses Réelles (m/s)
	D9		0.00014331	2.88		-25.10114	
D9-D8		0.00029			1.16102596		0.09199405
	D8		0.00028662	2.88		-23.94054	
D8-D6		0.00029			0.14717231		0.09199405
	D6		0.00103378	0.45		-21.36379	
D6-D7		0.00075			1.77791289		0.23980773
	D7		0.00037358	0.45		-23.13882	
D6-D4		0.00103			2.97817072		0.33180177
	D4		0.00184536	1.34		-19.28112	
D4-D5		0.00081			2.35988878		0.26048183
	D5		0.00040579	1.35		-21.62762	
D4-D2		0.00185			6.10050915		0.59228361
	D2		0.00268054	1.81		-13.66815	
D3-D2		0.00084			2.08264915		0.26805898
	D3		0.00041759	1.81		-15.74721	
D2-D		0.00268			5.72093452		0.86034258
	D		0.00365825	2		-8.174226	
D-D1		0.00098			2.28330883		0.31380484
	D1		0.00048886	2		-10.45261	
D-A		0.00366			25.4416685		0.57533223
	A		0.03097514	7.73		11.520892	
	C12		8.9659E-05	21		-75.66464	
C12-C11		0.00018			0.35842232		0.05755346
	C11		0.00067206	20.6		-74.90638	
C11-C9		0.00116			0.08102025		0.37385577
	C9		0.00214709	15		-69.23235	
C9-C10		0.00098			8.25859849		0.31527307

	C10		0.00049114	15		-77.48598	
C9-C7		0.00215			11.9291185		0.68912884
	C7		0.0041601	17.96		-60.28698	
C7-C8		0.00201			8.87247912		0.64609157
	C8		0.0010065	17.96		-69.13859	
C7-C5		0.00416			7.19704677		0.654258
	C5		0.0055392	13.5		-48.65133	
C5-C6		0.00037			1.10535702		0.11958844
	C6		0.0001863	19.15		-55.40598	
C5-C4		0.00655			9.16536278		0.68913007
	C4		0.00768509	13.5		-39.50972	
C14-C13		0.00114			6.71857019		0.36569555
	C13		0.00113938	2.96		-31.03028	
C13-C4		0.00114			2.06725237		0.36569555
	C14		0.00056969	2.96		-37.74217	
C4-C2		0.00769			10.2273799		0.80908425
	C2		0.00814992	5.07		-34.38507	
C2-C3		0.00046			0.60213196		0.14919345
	C3		0.00023242	5.07		-34.98609	
C2-C		0.00815			21.6508507		0.85802217
	C		0.00882865	7.5		-15.20103	
C-C1		0.00068			0.32093495		0.2178424
	C1		0.00033936	7.5		-15.51959	
C-A		0.00883			26.9951153		0.92947808
	E4		0.00061106	14		-92.73523	
E4-E3		0.00122			7.72982004		0.3922527
	E3		0.00171989	16		-87.0131	
E3-E2		0.00222			27.4101412		0.71177798
	E2		0.00254376	16.5		-60.12829	
E2-E1		0.00287			22.9515014		0.92110567
	E1		0.003361	18		-38.71921	

E1-E		0.00385			8.81563129		0.60582558
	E		0.0039399	21		-32.92193	
E-A3		0.00403			13.4921399		0.63342806
	A3		0.00605674	26		-24.44985	
E0-A3		0.00164			19.9230795		0.52789226
	E0		0.00082237	18		-36.359	
A3-O		0.00644			31.2730172		0.67811765
	O		0.00841948	21.2		11.600171	
F2-O		0.00033			0.09970549		0.10534186
	F2		0.0001641	21.15		11.551021	
F1-O		0.00104			12.128513		0.33479402
	F1		0.00052155	14.96		5.7172627	
R2-O		0.00903			0.41498335		0.9503123
	R2			21.17			
R2-A1		0.00903			23.6540509		0.9503123
	A1		0.01776442	19.46		-25.1117	
B8-B6		0.00139			3.82390842		0.44485827
	B8		0.00069301	24.18		-94.68491	
B7-B6		0.00191			5.79882775		0.61248159
	B6		0.00329432	25		-91.6909	
B6-B3		0.00329			10.9604525		0.51809653
	B7		0.00095414	24		-96.47097	
B5-B4		0.0004			1.08349903		0.12842298
	B3		0.00458621	9.58		-65.32387	
B4-B3		0.00063			2.37597066		0.20245469
	B5		0.00020006	21		-80.20046	
B3-B		0.00525			12.9018249		0.55243689
	B4		0.00051545	13		-71.11779	
B2-B1		0.00168			16.8104733		0.53851434
	B		0.00792512	5.1		-47.9573	
B1-B		0.00205			26.8033114		0.65839597

	B2		0.00083892	22.79		-109.2249	
B-A1		0.00855			37.2461256		0.90030895
	B1		0.00102567	22		-91.63894	
A1-A		0.01795			24.9275015		0.70577665
	R1		0.01575633	7.76			
A-R1		0.03151			0.52973486		0.64229608

Annexe 15

Conduites	Nœuds	Débits (m ³ /s)	Débits pour chaque nœud (m ³ /s)	cote (m)	Pertes de Charge ΔH (m)	Pression (m)	Vitesses Réelles (m/s)
	D9		0.00014331	2.88		6.36719	
D9-D8		0.0003			1.161026		0.09199
	D8		0.00028662	2.88		7.5278	
D8-D6		0.0003			0.1471723		0.09199
	D6		0.00103378	0.45		10.1045	
D6-D7		0.0007			1.7779129		0.23981
	D7		0.00037358	0.45		8.32951	
D6-D4		0.001			2.9781707		0.3318
	D4		0.00184536	1.34		12.1872	
D4-D5		0.0008			2.3598888		0.26048
	D5		0.00040579	1.35		9.84071	
D4-D2		0.0018			6.1005092		0.59228
	D2		0.00268054	1.81		17.8002	
D3-D2		0.0008			2.0826491		0.26806
	D3		0.00041759	1.81		15.7211	
D2-D		0.0027			5.7209345		0.86034
	D		0.00365825	2		23.2941	
D-D1		0.001			2.2833088		0.3138
	D1		0.00048886	2		21.0157	
D-R1		0.0037			12.082509		0.3138
	R1		0.00182913	6			
R1-A		0.0037			0.198763		0.19876
	A		0.03097514	7.73		17.7609	
	C12		8.9659E-05	21		-47.519	
C12-C11		0.0002			0.3584223		0.05755
	C11		0.00067206	20.6		-46.76	

C11-C9		0.0012			0.0810203		0.37386
	C9		0.00214709	15		-41.086	
C9-C10		0.001			1.2324309		0.31527
	C10		0.00049114	15		-42.314	
C9-C7		0.0021			11.929119		0.68913
	C7		0.0041601	17.96		-32.141	
C7-C8		0.002			8.8724791		0.64609
	C8		0.0010065	17.96		-40.992	
C7-C5		0.0042			7.1970468		0.65426
	C5		0.0055392	13.5		-20.505	
C5-C6		0.0004			1.105357		0.11959
	C6		0.0001863	19.15		-27.26	
C5-C4		0.0065			9.1653628		0.68913
	C4		0.00768509	13.5		-11.364	
C14-C13		0.0011			6.7185702		0.3657
	C13		0.00113938	2.96		-2.8842	
C13-C4		0.0011			2.0672524		0.3657
	C14		0.00056969	2.96		-9.5961	
C4-C2		0.0077			10.22738		0.80908
	C2		0.00814992	5.07		-6.239	
C2-C3		0.0005			0.602132		0.14919
	C3		0.00023242	5.07		-6.84	
C2-C		0.0081			21.650851		0.85802
	C		0.00882865	7.5		12.9451	
C-C1		0.0007			0.3209349		0.21784
	C1		0.00033936	7.5		12.6265	
	R3			7			
C-R3		0.0088			26.598128		0.92948
	E4		0.00061106	14		-92.735	
E4-E3		0.0012			7.72982		0.39225
	E3		0.00171989	16		-87.013	

E3-E2		0.0022			27.410141		0.71178
	E2		0.00254376	16.5		-60.128	
E2-E1		0.0029			22.951501		0.92111
	E1		0.003361	18		-38.719	
E1-E		0.0039			8.8156313		0.60583
	E		0.0039399	21		-32.922	
E-A3		0.004			13.49214		0.63343
	A3		0.00605674	26		-24.45	
E0-A3		0.0016			19.92308		0.52789
	E0		0.00082237	18		-36.359	
A3-O		0.0064			31.273017		0.67812
	O		0.00841948	21.2		11.6002	
F2-O		0.0003			0.0997055		0.10534
	F2		0.0001641	21.15		11.551	
F1-O		0.001			12.128513		0.33479
	F1		0.00052155	14.96		5.71726	
R2-O		0.009			0.4149833		0.95031
	R2			21.17			
R2-A1		0.009			23.654051		0.95031
	A1		0.01776442	19.46		42.2081	
B8-B6		0.0014			3.8239084		0.44486
	B8		0.00069301	24.18		-30.661	
B7-B6		0.0019			5.7988277		0.61248
	B6		0.00329432	25		-27.667	
B6-B3		0.0033			10.960452		0.5181
	B7		0.00095414	24		-32.447	
B5-B4		0.0004			1.083499		0.12842
	B3		0.00458621	9.58		-1.2997	
B4-B3		0.0006			2.3759707		0.20245
	B5		0.00020006	21		-16.176	
B3-B		0.0052			12.901825		0.55244

	B4		0.00051545	13		-7.0936	
B2-B1		0.0017			16.810473		0.53851
	B		0.00792512	5.1		16.0669	
B1-B		0.0021			26.803311		0.6584
	B2		0.00083892	22.79		-45.201	
B-R4		0.0086			36.873664		0.90031
	R4		0.00427579	18			
R4-A1		0.0086			0.3724613		0.90031
	B1		0.00102567	22		-27.615	
A1-A		0.018			24.927501		0.70578
	bâche		0.01575633	7.76			0.6423
A-bâche		0.0315			0.5297349		

Annexe 16

Conduites	Nœuds	Débits (m ³ /s)	Débits pour chaque nœud (m ³ /s)	cote (m)	Pertes de Charge ΔH (m)	Pression (m)	Vitesses Réelles (m/s)
	D9		0.000143	2.88		6.36719	
D9-D8		0.000287			1.161026		0.091994
	D8		0.000287	2.88		7.5278	
D8-D6		0.000287			0.147172		0.091994
	D6		0.001034	0.45		10.1045	
D6-D7		0.000747			1.777913		0.2398077
	D7		0.000374	0.45		8.32951	
D6-D4		0.001034			2.978171		0.3318018
	D4		0.001845	1.34		12.1872	
D4-D5		0.000812			2.359889		0.2604818
	D5		0.000406	1.35		9.84071	
D4-D2		0.001845			6.100509		0.5922836
	D2		0.002681	1.81		17.8002	
D3-D2		0.000835			2.082649		0.268059
	D3		0.000418	1.81		15.7211	
D2-D		0.002681			5.720935		0.8603426
	D		0.003658	2		23.2941	
D-D1		0.000978			2.283309		0.3138048
	D1		0.000489	2		21.0157	
D-R1		0.003658			12.08251		0.3138048
	R1		0.001829	6			
R1-A		0.003658			0.198763		0.198763
	A		0.030975	7.73		17.7609	
	C12		8.97E-05	21		6.69115	
C12-C11		0.000179			0.358422		0.0575535

	C11		0.000672	20.6		7.44941	
C11-C9		0.001165			0.08102		0.3738558
	C9		0.002147	15		13.1234	
C9-C10		0.000982			1.232431		0.3152731
	C10		0.000491	15		11.896	
C9-C7		0.002147			11.92912		0.6891288
	C7		0.00416	17.96		22.0688	
C7-C8		0.002013			8.872479		0.6460916
	C8		0.001007	17.96		13.2172	
C7-C5		0.00416			7.197047		0.654258
	C5		0.005539	13.5		33.7045	
C5-C6		0.000373			1.105357		0.1195884
	C6		0.000186	19.15		26.9498	
C5-C4		0.006546			9.165363		0.6891301
	C4		0.007685	13.5		42.8461	
C14-C13		0.001139			6.71857		0.3656956
	C13		0.001139	2.96		51.3255	
C13-C4		0.001139			2.067252		0.3656956
	C14		0.00057	2.96		44.6136	
C4-C2		0.007685			0.739728		0.8090843
	C2		0.00815	5.07		38.4831	
C2-C3		0.000465			0.602132		0.1491934
	C3		0.000232	5.07		37.8821	
C2-C		0.00815			1.565967		0.8580222
	C		0.008829	7.5		37.5822	
C-C1		0.000679			0.320935		0.2178424
	C1		0.000339	7.5		37.2637	
	R3			7			
C-R3		0.008829			1.923795		0.3471199
	E4		0.000611	14		6.0524	
E4-E3		0.001222			0.395571		0.3922527

	E3		0.00172	16		4.44028	
E3-E2		0.002218			1.402706		0.711778
	E2		0.002544	16.5		5.31765	
E2-E1		0.00287			1.174536		0.9211057
	E1		0.003361	18		4.94976	
E1-E		0.003852			3.0231		0.6058256
	E		0.00394	21		4.95451	
E-A3		0.004028			4.626791		0.6334281
	A3		0.006057	26		4.56124	
E0-A3		0.001645			1.019558		0.5278923
	E0		0.000822	18		11.5556	
A3-O		0.006441			2.261921		0.6781176
	O		0.008419	21.2		11.6002	
F2-O		0.000328			0.099705		0.1053419
	F2		0.000164	21.15		11.551	
F1-O		0.001043			12.12851		0.334794
	F1		0.000522	14.96		5.71726	
R2-O		0.009027			0.414983		0.9503123
	R2			21.17			
R2-A1		0.009027			1.710855		0.9503123
	A1		0.017764	19.46		42.2081	
B8-B6		0.001386			0.570642		0.4448583
	B8		0.000693	24.18		6.79918	
B7-B6		0.001908			0.865359		0.6124816
	B6		0.003294	25		6.53993	
B6-B3		0.003294			10.96045		0.5180965
	B7		0.000954	24		6.69332	
B5-B4		0.0004			1.083499		0.128423
	B3		0.004586	9.58		32.907	
B4-B3		0.000631			2.375971		0.2024547
	B5		0.0002	21		18.0304	

B3-B		0.005247			12.90182		0.5524369
	B4		0.000515	13		27.113	
B2-B1		0.001678			2.508627		0.5385143
	B		0.007925	5.1		50.2735	
B1-B		0.002051			3.999859		0.658396
	B2		0.000839	22.79		26.1112	
B-R4		0.008552			2.667006		0.9003089
	R4		0.004276	18			
R4-A1		0.008552			0.372461		0.9003089
	B1		0.001026	22		29.3953	
A1-A		0.017951			4.323002		0.7057767
	bâche		0.015756	7.76			0.6422961
A-bâche		0.031513			0.529735		

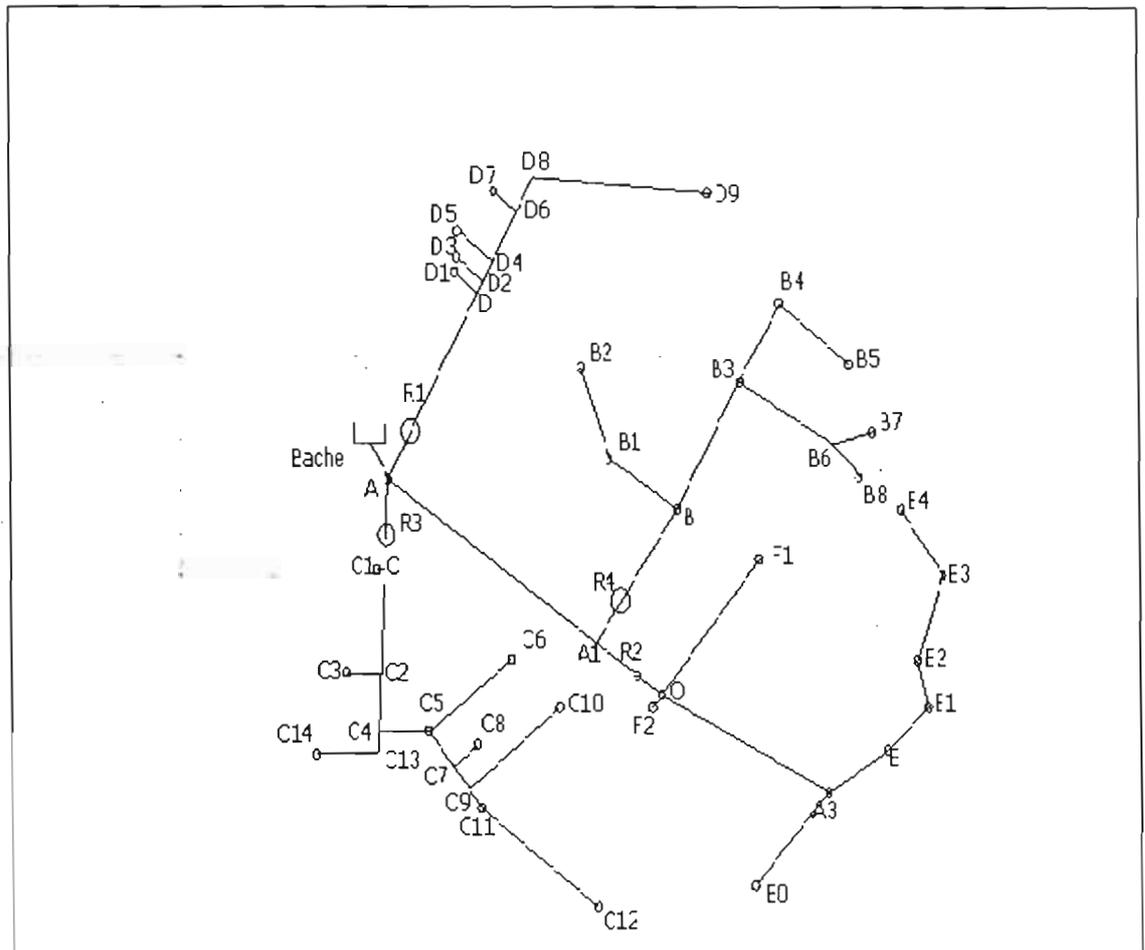
Annexe 17

Annexe 17				
Volume m ³	Prix au sol	De 0 à 10 m	De 10 à 20 m	De 20 à 30 m
100 m ³	12 millions	0,70 / m	1,20 /m	1,40 /m
150	15	0,8	1,4	1,8
200	17	0,9	1,6	2,2
250	19,2	1	1,8	2,6
300	21,2	1,1	2	3
350	22,6	1,2	2,3	3,5
400	24	1,3	2,6	4
450	26	1,4	2,9	4,5
500	28	1,6	3,2	5
600	32	1,8	3,5	5,5
700	36	2	3,8	6
800	40	2,2	4,2	6,6
900	44	2,5	4,6	7,2
1000	48	2,8	5	7,8

Annexe 18

ANNEXE 18			
Bordereau de prix			
1	Débroussaillage et préparation du terrain	m ³	165
2	Coupe de haie vive	m ³	1 600
3	Evacuation des résidus découpes de végétaux	m ³	5 156
4	Décapage par couche successives de 20 cm	m ³	3 200
5	Mise en dépôt de terres décapées	m ³	850
6	Fouilles en rigoles tranchées, terrain sablonneux	m ³	2 050
7	Fouilles en rigoles tranchées, terrain argileux pierreux	m ³	2 565
8	Fouilles en puits y compris blindage terrain sableux	m ³	10 765
9	Fouilles en puits y compris blindage terrain argileux pierreux	m ³	12 567
10	Fouilles en puits y compris blindage terrain caic ou latérite.	m ³	17 950
11	Abattage et dessouchage d'arbres cir. 0 à 0,50 m	PC	12 501
12	Abattage et dessouchage d'arbres cir. 0,50 à 1,00 m	PC	24 002
13	Abattage et dessouchage d'arbres cir. 1,01 à 2,00 m	PC	55 404
14	Abattage et dessouchage d'arbres cir. 2,01 à 3,00 m	PC	80 006
15	Abattage et dessouchage d'arbres cir. De plus de 3,00 m	PC	127 010
16	Remblais avec terre provenant des fouilles	m ³	800
17	Remblais avec sable d'apport	m ³	6 350
18	Evacuation des déblais y compris chargement	m ³	3 452

Annexe 19



Annexe 20

État des Nœuds du Réseau à 10:00 Heures					
	Altitude	Demande Base	Demande	Charge	Pression
ID Nœud	m	M3H	M3H	m	m
Nœud D9	2,88	0,515	0,19	41,94	39,06
Nœud D8	2,88	1,032	0,39	42,04	39,16
Nœud D6	0,45	3,72	1,4	42,12	41,67
Nœud D7	0,45	1,34	0,5	42,03	41,58
Nœud D4	1,34	6,64	2,49	43,85	42,51
Nœud D5	1,34	1,46	0,55	43,74	42,4
Nœud D3	1,81	1,5	0,56	48,57	46,76
Nœud D2	1,81	9,64	3,62	48,68	46,87
Nœud D	2	13,17	4,94	54,86	52,86
Nœud 10	2	1,75	0,66	54,72	52,72
Nœud A	7,73	111,51	41,82	13,54	5,81
Nœud C	7,5	31,78	11,92	69,37	61,87
Nœud C1	7,5	1,22	0,46	69,36	61,86
Nœud C2	5,07	29,34	11	66,84	61,77
Nœud C3	5,07	0,84	0,31	66,81	61,74
Nœud C4	13,5	27,67	10,38	66,07	52,57
Nœud C13	2,96	4,1	1,54	65,2	62,24
Nœud C14	2,96	2,05	0,77	64,79	61,83
Nœud C5	13,5	19,85	7,44	58,89	45,39
Nœud C8	17,96	3,62	1,36	53,39	35,43
Nœud C7	17,96	14,98	5,62	53,86	35,9
Nœud C9	15	7,73	2,9	48,9	33,9
Nœud C10	15	1,77	0,66	48,83	33,83
Nœud C6	19,15	0,67	0,25	58,81	39,66
Nœud A1	19,46	63,95	23,98	40,44	20,98
Nœud B	5,1	28,53	10,7	75,62	70,52
Nœud B1	22	3,69	1,38	74,9	52,9
Nœud B2	22,79	3,02	1,13	74,73	51,94
Nœud O	21,2	30,31	11,37	41,8	20,6
Nœud F2	21,15	0,59	0,22	41,79	20,64
Nœud F1	14,96	1,88	0,71	41,04	26,08
Nœud A3	26	21,8	8,18	39,55	13,55
Nœud E0	18	2,96	1,11	39,48	21,48
Nœud E	21	14,18	5,32	32,43	11,43
Nœud E1	18	12,1	4,54	29,96	11,96
Nœud E2	16,5	9,15	3,43	29,3	12,8
Nœud E3	16	6,19	2,32	28,94	12,94

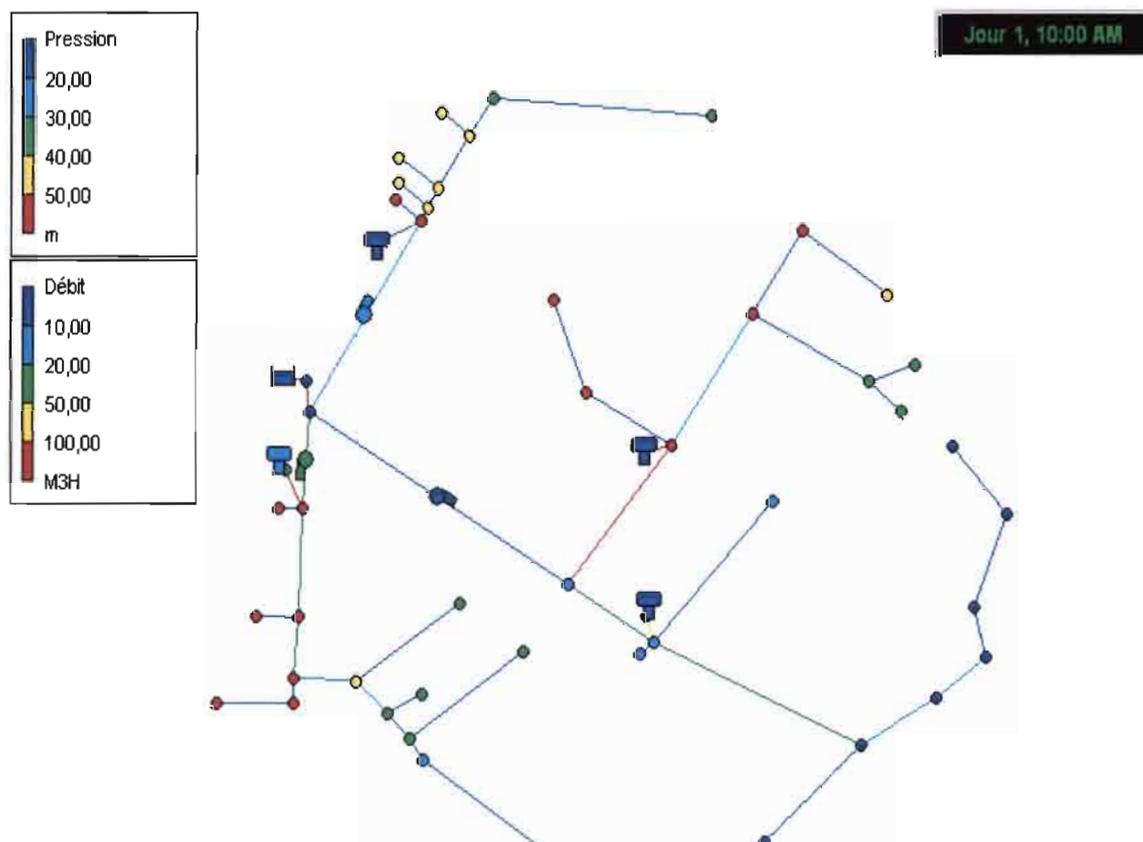
Nœud E4	14	2,2	0,82	28,92	14,92
Nœud B8	24,18	2,49	0,93	62,67	38,49
Nœud B6	25	11,86	4,45	62,71	37,71
Nœud B7	24	3,43	1,29	62,65	38,65
Nœud B3	9,58	16,51	6,19	67,13	57,55
Nœud B4	13	1,86	0,7	66,43	53,43
Nœud B5	21	0,72	0,27	66,36	45,36
Nœud C11	20,6	2,42	0,91	48,89	28,29
Nœud C12	21	0,32	0,12	48,84	27,84
Nœud R4	30	0	0	76,12	46,12
Nœud R2	29	0	0	43,84	14,84
Nœud R1	26	0	0	54,93	28,93
Nœud R3	37	0	0	70,41	33,41
Nœud nb	7	111,11	41,67	9,79	2,79
Bâche 53	7,73	Sans Valeur	239,92	7,73	0
Réservoir Reservoir4	58	Sans Valeur	-164,67	76,62	18,62
Réservoir Reservoir2	34	Sans Valeur	-70,57	45,88	11,88
Réservoir Reservoir1	36	Sans Valeur	-7,14	55	19
Réservoir Reservoir3	47	Sans Valeur	-240,98	71,45	24,45

Annexe 21

État des Arcs du Réseau à 10:00 Heures					
ID Arc	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
	m	mm	M3H	m/s	m/km
Tuyau D-D2	400	63	9,69	0,86	15,44
Tuyau D2-D4	900	63	5,52	0,49	5,36
Tuyau D4-D6	1400	63	2,48	0,22	1,24
Tuyau D6-D8	900	63	0,58	0,05	0,08
Tuyau D8-D9	7100	63	0,19	0,02	0,01
Tuyau D6-D7	1600	63	0,5	0,04	0,05
Tuyau D4-d5	1800	63	0,55	0,05	0,07
Tuyau D2-d3	1500	63	0,56	0,05	0,07
Tuyau D-D1	1200	63	0,66	0,06	0,11
Tuyau C-C2	3200	200	43,26	0,38	0,79
Tuyau C2-C4	1700	200	31,94	0,28	0,45
Tuyau C4-C13	800	63	2,31	0,21	1,09
Tuyau C13-C14	2600	63	0,77	0,07	0,16
Tuyau C2-C3	1400	63	0,31	0,03	0,02
Tuyau C-C1	350	63	0,46	0,04	0,04
Tuyau C4-C5	2100	110	19,26	0,56	3,42
Tuyau C5-C6	4000	63	0,25	0,02	0,02
Tuyau C5-C7	1400	90	11,56	0,5	3,59
Tuyau C7-C9	1300	63	4,59	0,41	3,82
Tuyau C9-C11	30	63	1,03	0,09	0,26
Tuyau C11-C12	5600	63	0,12	0,01	0,01
Tuyau C7-C8	1100	63	1,36	0,12	0,43
Tuyau C9-C10	4300	90	0,66	0,03	0,01
Tuyau A-A1	10500	250	-146,21	0,83	2,56
Tuyau O-A3	7400	200	25,72	0,23	0,3
Tuyau O-F2	465	63	0,22	0,02	0,02
Tuyau O-F1	5600	63	0,71	0,06	0,14
Tuyau A3-E0	3700	110	1,11	0,03	0,02
Tuyau A3-E	2800	110	16,43	0,48	2,54
Tuyau E-E1	2000	110	11,11	0,32	1,23
Tuyau E1-E2	1400	110	6,58	0,19	0,47
Tuyau E2-E3	2800	110	3,15	0,09	0,13
Tuyau E3-E4	2600	110	0,82	0,02	0,01
Tuyau B-B3	4600	110	13,83	0,4	1,85
Tuyau B3-B4	3000	63	0,97	0,09	0,24
Tuyau B4-B5	3400	63	0,27	0,02	0,02
Tuyau B3-B6	3400	90	6,67	0,29	1,3
Tuyau B6-B8	1000	90	0,93	0,04	0,04

Tuyau B6-B7	800	90	1,29	0,06	0,07
Tuyau B-B1	3200	90	2,52	0,11	0,23
Tuyau B1-B2	3000	90	1,13	0,05	0,06
Tuyau A1-B	5000	200	-137,63	1,22	7,04
Tuyau 49	50	200	164,67	1,46	9,93
Tuyau 50	50	200	164,67	1,46	9,93
Tuyau A1-O	2900	200	-32,56	0,29	0,47
Tuyau 56	50	110	70,57	2,06	40,77
Tuyau 57	50	110	70,57	2,06	40,77
Tuyau A-D	6400	63	-6,09	0,54	6,45
Tuyau 59	50	90	7,14	0,31	1,47
Tuyau 60	50	90	7,14	0,31	1,47
Tuyau A-C	3400	200	-213,57	1,89	16,42
Tuyau 62	50	200	240,98	2,13	20,76
Tuyau 63	50	200	240,98	2,13	20,76
Tuyau 1	100	200	-239,92	2,12	20,58
Tuyau A-Bache	417,5	250	-281,59	1,59	9
Pompe 12	Sans Valeur	Sans Valeur	0	0	0
Pompe 28	Sans Valeur	Sans Valeur	14,24	0	-41,31
Pompe 29	Sans Valeur	Sans Valeur	28,22	0	-55,83

Annexe 22



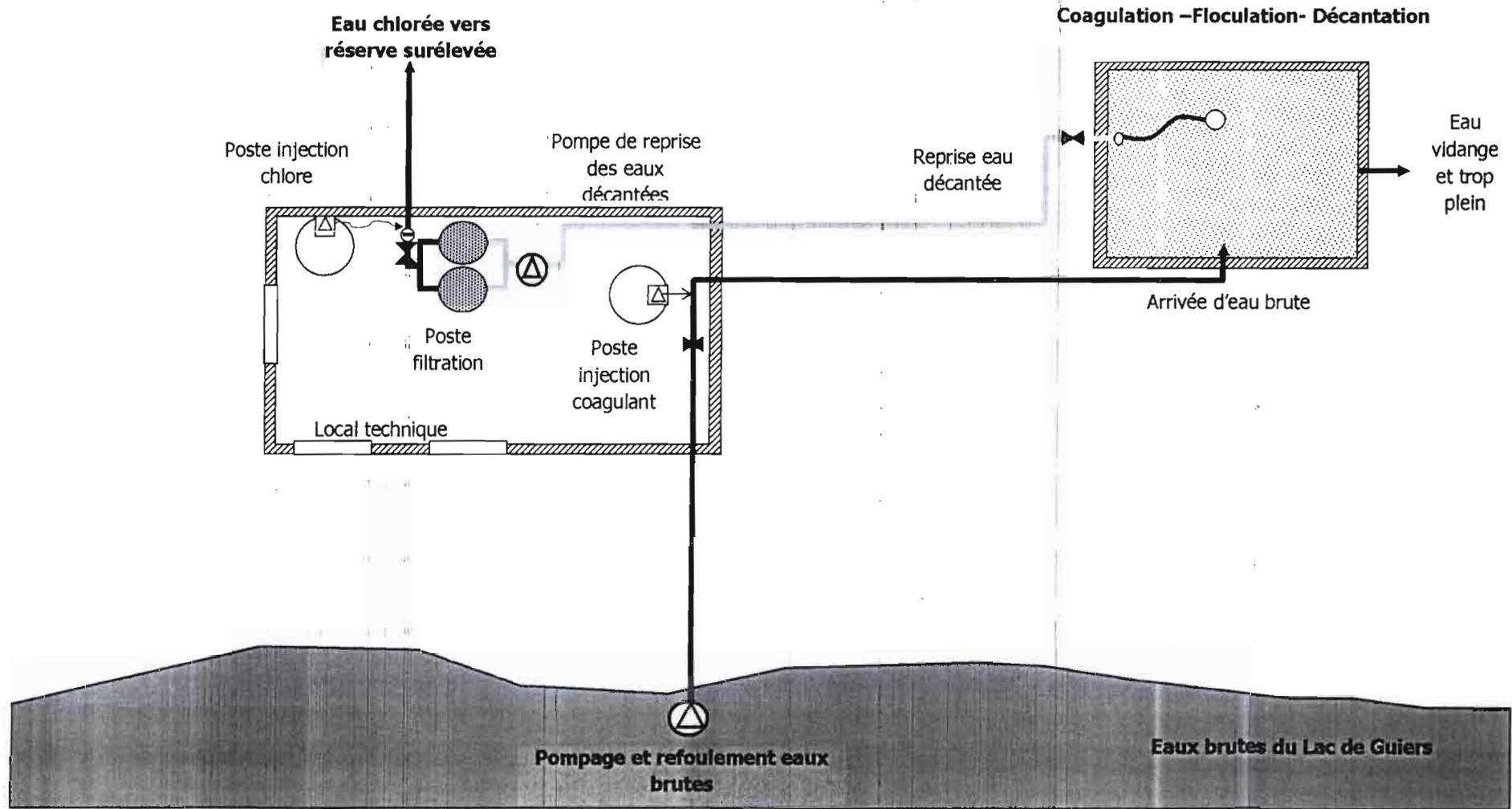


Figure 3 : Schéma de la filière de traitement