



DIRECTION REGIONALE DE
L'HYDRAULIQUE DU
DISTRICT DE BAMAKO
REPUBLIQUE DU MALI



**DIAGNOSTIC ET PLAN DE DEVELOPPEMENT DU SYSTEME
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DANS LA COMMUNE V DU
DISTRICT DE BAMAKO : CAS DE SABALIBOUGOU**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE
DE MASTER

**SPECIALITE : GENIE DE L'EAU DE L'ASSAINISSEMENT ET DES
AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICLES**

OPTION : Eau & Assainissement

Présenté et soutenu publiquement le 28 juillet 2021 par
Siaka COULIBALY (2016 0408)

**Directeur de mémoire : Pr. Harinaivo Anderson ANDRIANISA, Chef de département
(GEEAHA-A)**

Encadrant 2IE : Dr. Angelbert BIAOU, Enseignant chercheur 2iE, département (GEEAH)

**Maitre de stage : M. Abdoulaye TANGARA, Directeur Régional de l'Hydraulique du
District de Bamako**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Dial **NIANG**

Membres et correcteurs : M. Moussa **FAYE**

Promotion : 2020/2021

DEDICACES

C'est dans l'allégresse que je saisis cette opportunité pour dédier ce mémoire :

- ✓ A mon père Souleymane **COULIBALY**, ma mère Salimata **TRAORE**, qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont supporté malgré mes multiples absences, qu'ils trouvent en ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.
- ✓ A mon oncle Birama **TRAORE**, pour ses encouragements, ses précieux conseils et son aide indéfectible.

!! Amen !!!

Siaka COULIBALY

REMERCIEMENTS

Nous voudrions remercier toute les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de notre formation. Nous leur signifions notre sincère reconnaissance et notre gratitude.

Ainsi, nous tenons à remercier particulièrement :

Tout le corps professoral, le personnel de l'administration et les promotionnaires de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) qui ont apportés une importance à notre formation;

Pr. Harinaivo Anderson **ANDRIANISA**, Chef de département (GEAAHA-A), pour avoir validé mon thème de stage ;

Mr **Angelbert BIAOU**, notre encadreur, pour l'encadrement reçu, les différentes directives communiquées et la disponibilité dont il a fait preuve malgré ses multiples occupations ;

Mr **YAYA Boubacar**, Directeur National de l'Hydraulique du Mali, pour m'avoir accepté au sein de la structure ;

Mr **Djouro BOCOUM**, Directeur Adjoint à la Direction Nationale de l'Hydraulique du Mali, pour son soutien et ses conseils ;

Mr **Abdoulaye TANGARA**, Directeur Régional de l'Hydraulique du District de Bamako, notre maître de stage, pour ses conseils et son encadrement ;

A l'ensemble du personnel de la DRH-DB et de la DNH pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et leur hospitalité ;

Ma reconnaissance s'adresse aussi à tous mes compatriotes maliens et amis(es) dont les noms n'ont pas pu être cités mais que je n'oublie pas ;

RESUME

Les systèmes d'alimentation en eau potable sont installés pour apporter à la population une eau saine et en quantité suffisante. Or, celui de Sabalibougou présente des insuffisances en quantité depuis ces dernières années. L'un des objectifs de ce présent rapport est de proposer des solutions pouvant pallier à ce problème. Pour mener à bien ce diagnostic nous avons fait au préalable un état des lieux. Au terme du diagnostic, il ressort que la solution la plus appropriée serait donc la réalisation des nouveaux forages afin d'augmenter la capacité de production. Des entretiens et des visites de terrain ont été faits pour s'imprégner de l'état actuel du système, les besoins en eau de la population et la quantité d'eau à mobiliser pour les besoins actuels et future. Après avoir comparé les besoins en eau potable par rapport à la capacité de production des forages nous avons conclu qu'il y a une forte insuffisance sur la production. Par conséquent nous avons procédé à un redimensionnement du système et proposer des forages pouvant satisfaire les besoins en eau jusqu'à l'horizon 2031. La quantité d'eau à mobiliser pour l'horizon 2031 a ainsi été évaluée et estimée à **2512,94 m³/j**, ce qu'il serait difficile pour le réseau existant de véhiculer dans les meilleures conditions. L'eau sera acheminée vers un recevoir prismatique en béton armée d'une capacité de **900 m³** afin de desservir toute la population dans les meilleures conditions. Le réseau proposé est de type mixtes. Il s'étend sur une longueur totale d'environ **7838 ,53 m** et est essentiellement constitué de canalisation en **PVC/PN10** dont les sections varient entre **63 mm et 315 mm**. Le coût total du projet est estimé à **2 152 917 117 FCFA** (Deux Milliards, cent cinquante-deux-millions, neuf cent dix-sept milles, cent dix-sept FCFA) toutes taxes comprises. TTC.

Mots Clés :

- 1 – Appropriée**
- 2 – Diagnostic**
- 3 – Forage**
- 4 – Réseau**
- 5 – Sabalibougou**

ABSTRACT

Drinking water supply systems are installed to provide the population with sufficient and safe water. However, the Sabalibougou water system has been experiencing shortages in quantity for the past few years. One of the objectives of this report is to propose solutions to this problem. In order to carry out this diagnosis, we first conducted an inventory of the situation. At the end of the diagnosis, it appears that the most appropriate solution would be the realization of new drillings in order to increase the production capacity. Interviews and field visits were made to get an idea of the current state of the system, the water needs of the population and the quantity of water to be mobilized for current and future needs. After having compared the needs in drinking water compared to the production capacity of the wells, we concluded that there is a strong insufficiency on the production. Consequently, we proceeded to a re-sizing of the system and propose boreholes that can satisfy the water needs until 2031.

The quantity of water to be mobilized for the horizon 2031 were thus evaluated and estimated at **2512,94** m³/d, which it would be difficult for the existing network to convey under the best conditions. The water will be conveyed to a reinforced concrete prismatic receiver with a capacity of **900 m³** in order to serve the entire population under the best conditions. The proposed network is of mixed type. It extends over a total length of approximately **7838.53 m** and is essentially made up of **PVC/PN10** pipes with sections varying between **63 mm** and **315 mm**. The total cost of the project is estimated at **2,152,917,117 FCFA** (**Two billion, one hundred and fifty-two million, nine hundred and seventeen thousand, one hundred and seventeen FCFA**) all taxes included.

Key words:

1 – Appropriate

2 – Diagnosis

3 – Drilling

4 - Network

5 – Sabalibougou

LISTE DES ABREVIATIONS

DNH : Direction Nationale de l'Hydraulique ;

DRH : Direction Régionale de l'Hydraulique ;

SOMAGEP. SA: Société Malienne de Gestion de l'Eau Potable. Société Anonyme ;

SOMAPEP : Société Malienne de Patrimoine de l'Eau Potable ;

PN- AEP : Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable ;

AEP : Alimentation en Eau Potable ;

Km : Kilomètre ;

CSCOM : Centre de Santé Communautaire ;

CS Réf : Centre de Santé de Référence ;

DRPSIAP : Direction Régionale de la Planification de la statistique de l'Informatique, de l'Aménagement et de la population ;

EDM.SA : Energie Du Mali .Société Anonyme ;

INSTAT : Institut National de la Statistique ;

BF : Borne Fontaine ;

BP : Branchement Particulier ;

BS GLOBAL : Bara Service Global ;

OMS : Organisation Mondiale de la Santé ;

TN : Terrain Naturel ;

DN : Diamètre Nominal ;

PVC : Polychlorure de vinyle ;

LNE : Laboratoire National des Eaux ;

TTC : Toutes Taxes Comprises ;

m³/s : mètre cube par seconde ; **m³/h** : mètre cube par heure ; **m³/l** : mètre cube par litre

mCE : mètre de Colonne d'Eau ;

m : mètre.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME	iv
ABSTRACT	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
Table des matières	vii
I - Introduction générale :.....	1
1. Contexte et problématique :.....	2
2. Objectifs :	2
II - Présentations de la structure d'accueil et de la zone d'étude :.....	3
II - 1 Présentation général de la structure d'accueil :.....	3
II - 2 Présentation de la zone d'étude :.....	4
II - 3 Caractéristique du milieu physique :	5
1. Données climatiques :	5
2. Relief et Sol :	6
3. Végétation :	6
4. Réseau hydrographique :.....	6
5. Géologie et Hydrogéologie :	6
II - 4 Caractéristique du milieu humain :	6
1. Aspect sociaux et démographique :.....	6
2. Aspect économiques :	7
III - Méthodologie et Matériels :.....	8
III - 1 Matériels :	8
III - 2 Méthodologie :	8
1. Recherche documentaire :	8
2. Visites de terrain :	8
3. Analyse technique et méthode de conception:	9
4. Etude d'impact environnemental :	11

III- 3 Chronogramme de stage :	11
IV- Résultats et discussions :	12
IV- 1 Enquêtes socio-économiques :	12
IV- 2 Diagnostic du réseau existant :	14
IV- 3 Etat de lieux du réseau d'AEP de Sabalibougou :	15
IV- 4 Les équipements de gestion technique (robinetteries et compteurs) :	17
IV - 4. 1 Robinetterie :	17
IV - 4.2 Le comptage :.....	17
IV - 4.3 Compteurs de production :	18
IV - 4.4 Compteurs des abonnés :.....	19
IV - 5 Plan du réseau existant :	20
IV - 6 Etude diagnostic du système :	21
IV - 7 Besoins actuels :	23
IV - 8 Insuffisances et anomalies rencontrés au système actuel :	24
IV - 8.1 Adduction :	25
IV- 8.2 Stockage :.....	25
IV - 8.3 Réseau de distribution :	26
IV - 8.4 Alimentation des pompes par l'électricité fournie par EDM :.....	26
IV - 9 Plan de développement ou schéma directeur :	26
IV - 9.1 Un plan d'action court terme : (Réalisation de nouveaux forages et la pose des conduites)	26
IV- 9.2 Un plan d'action moyen terme : (construction du réservoir prismatique en béton armé et du local gardien)	27
IV - 9.3 Un plan d'action long terme : (gestion des ouvrages)	27
V - Etude technique du réseau :	28
V - 1 Evaluation des besoins futurs :	28
V - 2 Proposition technique viable : (Redimensionnement du système).....	31
V - 2.1 Exhaure :.....	31
V - 2.2 Mode d'adduction :	32
V - 2.3 Mode de traitement :.....	32
V - 2.4 Stockage :	32
V - 2.5 Mode de distribution :.....	32

V - 3 Dimensionnement des réseaux :	33
V - 3.1 Dimensionnement du réseau de refoulement :.....	33
V- 3.2 Détermination de la capacité du recevoir :	37
V - 3.3 Site d'implantation du réservoir prismatique :.....	39
V - 3.4 Dimension du réservoir :	40
V – 4 Structure des réseaux :	39
V - 4.1 Le réseau ramifié :	40
V - 4.2 Le réseau maillé :.....	40
V - 5 Dimensionnement du réseau de distribution :	41
V - 5.1 Détermination du débit des Bornes fontaines :	41
V - 5.2 Détermination du nombre de borne fontaine :	42
V - 5.3 Tracé du réseau :	42
V - 5.4 Le débit de pointe :	42
V - 5.5 Le débit spécifique :	42
V - 5.6 Le débit en route :	43
V - 6 Choix de type de conduite :	51
V - 7 Mode de pose des canalisations :	51
V - 8 Avant métré :	52
VI - Etude financières – étude des coûts :	53
VI – 1 Investissements :	53
VI – 2 Prix du mètre cube d'eau :	55
VI – 3 Charges d'exploitation :	55
VI – 4 Amortissement des équipements :	55
VI – 5 Le volume d'eau produit en 10 ans :	56
VII - Notice d'impact environnemental :	56
VIII - Conclusion :	59
IX - Recommandations :	60
X - Bibliographie :	61
XI - Liste des Annexes :	62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Quelques données démographiques de la commune V	7
Tableau 2 : Chronogramme du stage	11
Tableau 3: Source d'approvisionnement en eau	12
Tableau 4 : La permanence du service	13
Tableau 5 : la qualité de l'eau.....	13
Tableau 6 : Besoins prioritaires en eau	13
Tableau 7: Répartition des ouvrages hydrauliques sur la distribution	17
Tableau 8 : Compteurs d'eau à l'exhaure	18
Tableau 9 : Compteur à la sortie du château	18
Tableau 10 : Compteur des abonnés	19
Tableau 11: Échelle de rendement de réseau (Selon Guérin - Schneider, 2001)	21
Tableau 12: Evolution des volumes facturées et mise en distribution annuelle.....	21
Tableau 13: Besoins actuels	23
Tableau 14: Capacité des forages en fonction des besoins.....	24
Tableau 15: Situation des forages existants	25
Tableau 16: Évolution de la population à l'horizon 2030	29
Tableau 17: Calcul des besoins à l'horizon 2030	30
Tableau 18: Evaluation des besoins à l'horizon 2030.....	31
Tableau 19: les forages en fonction de leurs capacités d'exploitation	31
Tableau 20: formule du calcul des diamètres des conduites de refoulement	33
Tableau 21 : Calcul du diamètre de la conduite d'adduction des forages 1 et 3	34
Tableau 22: Calcul du diamètre de la conduite d'adduction du forage 2	34
Tableau 23: Calcul du diamètre de la conduite d'adduction du forage 4 (forages complémentaires)	35
Tableau 24: Point de jonction du F1 et F3 en allant vers le recevoir.....	35
Tableau 25: Récapitulatif des différents diamètres.....	36
Tableau 26 : Equipements de contrôle des pompes.....	37
Tableau 27: calcul de la capacité du recevoir	38
Tableau 28 : Calcul de débit spécifique	43

Tableau 29: Répartition des débits du réseau maillé	44
Tableau 30 : Répartition du débit de réseau ramifié	45
Tableau 31 : Dimensionnement du réseau maillé	48
Tableau 32 : dimensionnement du réseau ramifié	50
Tableau 33 : Récapitulatif de la longueur du réseau d'adduction	51
Tableau 34 : Récapitulatif de la longueur du réseau distribution	51
Tableau 35 : Récapitulatif du devis d'investissements: Récapitulatif du devis d'investissements	54
Tableau 36 : Récapitulatif des Charges d'exploitation	55
Tableau 37 : coût d'amortissement	56
Tableau 38 : Impacts environnementaux et sociaux négatifs et mesures d'attention	58
Tableau 39: Impacts environnemental et sociaux positifs et mesure de bonifications	59

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de localisation de Sabalibougou	5
Figure 2: Schéma général d'alimentation en eau potable.....	15
Figure 3: Plan de la zone A	20
Figure 4: plan de la zone B.....	20
Figure 5: Evolution du rendement sur les 3 derrières années	22
Figure 6: exemple d'un réseau ramifié	40
Figure 7: exemple d'un réseau maillé	40
Figure 8 : Profil en travers d'une conduite enterrée	52

I - INTRODUCTION GENERALE :

L'eau est une denrée indispensable à la survie de chaque être vivant, son caractère vital pour assurer la subsistance biologique de l'homme a fait que sa disponibilité en quantité et en qualité a toujours été au cœur des préoccupations des hommes et de toutes les sociétés. Elle constitue plus de 65 % de l'organisme de l'homme (<http://www.cnrs.fr>).

Cependant l'inaccessibilité des populations à cette précieuse eau est de nos jours une menace qui mine le développement économique et social des pays Africains. Selon le rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) publié en juillet 2017, environ 2,1 milliards d'habitants, soit 30 % de la population mondiale, n'a toujours pas accès à des services d'alimentation en eau potable. Pire, en Afrique subsaharienne, le nombre de personnes utilisant de l'eau probablement contaminée a augmenté de 45 % entre l'année 2000 et 2017. Une conséquence de cet accès insuffisant est l'origine des maladies hydriques telles que la diarrhée, le choléra et la typhoïde qui causent des millions de morts dont la majorité sont des enfants.

A l'instar des autres pays de la sous-région, l'Etat Malien avait doté en septembre 2004 d'un Plan National d'accès à l'Eau Potable (PNAEP) qui avait comme objectif principal d'augmenter le taux de couverture des besoins en eau de 64 % en 2004 à 82 % en 2015 (*Rapport de la Direction Nationale de l'Hydraulique, 2006*). Malgré les politiques mises en place par divers gouvernements, nous constatons toujours que les objectifs de desserte sont loin d'être atteints, laissant ainsi les populations dans un besoin insatisfait.

En effet, Sabalibougou demeure un quartier durement touché par cette insatisfaction des besoins en eau potable malgré des multiples moyens déployés par l'Etat à travers (SOMAGEP / SOMAPEP, DNH et les collectivités territoriales).

Par ailleurs il convient de dire que la situation des habitants de Bamako et plus précisément ceux des quartiers périphériques, est un calvaire tant en période d'hivernage que de saison sèche, ils sont en général confrontés à des pénuries incessantes et difficultés d'accès à l'eau potable. En outre, le système d'alimentation de ces localités a connu une baisse de rendement technique au cours de ces dernières années.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre thème intitulé : Diagnostic et plan de développement du système d'alimentation en eau potable dans la commune V du District de Bamako : Cas de Sabalibougou. Dans ce présent mémoire, il sera donc question de faire un diagnostic sur le système d'alimentation en eau potable et proposer un plan de développement.

1. Contexte et problématique :

Au Mali, la plupart de nos réseaux d'alimentation en eau potable remontent à des années 1991 et ceux-ci rencontrent d'énormes problèmes liés à la gestion et aux pertes d'eaux importantes.

Sabalibougou est un quartier située dans la commune V du district de Bamako avec les coordonnées suivantes : longitude 7° 8' 50'' ouest et de latitude 19° 33' 23'' nord. Il fait partie de l'un des quartiers les plus pauvres de Bamako. Depuis des années, les populations de cette localité sont confrontées à des pénuries incessantes et des pannes récurrentes sur leurs systèmes d'alimentations. L'urbanisation anarchique et l'accroissement de la population au fil des années entraînent une insatisfaction des besoins en eau avec le système presque à saturation du point de vue qualitatif et quantitatif. Donc il faudrait des fois procéder à l'extension du réseau et augmenter la capacité de production. Cependant, une étude diagnostic sur le système d'alimentation s'avère préalablement nécessaire pour ressortir les insuffisances et les anomalies de fonctionnement vu que le système n'arrivait plus à alimenter une bonne partie de la population.

2. Objectifs :

2.1 Objectif général :

L'objectif général de cette étude est de mettre en place un système de distribution d'eau potable efficace afin améliorer la gestion du service.

2.2 Objectifs spécifiques :

- Etablir un diagnostic du réseau existant ;
- Définir un plan de développement ou schéma directeur ;
- Evaluer les besoins futures en eau et vérifier les performances des infrastructures actuelles (à l'horizon 2031) ;
- Optimiser la gestion du réseau.

II - PRESENTATIONS DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE

D'ETUDE :

II - 1 PRESENTATION GENERAL DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL :

1. La Direction National de l'Hydraulique (DNH) :

La Direction Nationale de l'Hydraulique est le service central chargé de l'exécution des missions assignées au Ministère en charge de l'Eau. Elle a été Créée par l'Ordonnance N°10-001/P-RM du 18 janvier 2010. Ses principales missions portent sur l'élaboration des éléments de la politique nationale en matière d'eau, la coordination et le contrôle de sa mise en œuvre.

A ce titre, elle est chargée de :

- élaborer des stratégies d'alimentation en eau potable, de mobilisation et de gestion des ressources en eau et de veiller à leur mise en œuvre ;
- élaborer les normes régissant le secteur de l'eau et veiller à leur application ;
- faire l'inventaire, évaluer et suivre, les ressources en eau et les ouvrages hydrauliques ;
- planifier, contrôler et développer le service public de l'eau ;
- évaluer les programmes et les projets de réalisation ou d'aménagement d'infrastructures hydrauliques ;
- participer à la promotion de la coopération sous régionale dans le domaine de la maîtrise et de la gestion des ressources en eau.

2. Direction Régionale de l'Hydraulique du District de Bamako (DRH -DB) :

La Direction Régionale de l'Hydraulique du district de Bamako (DRH-DB) est un service déconcentré de l'Etat chargé des questions de l'Eau au niveau du District. C'est aussi un démembrement de la Direction Nationale de l'Hydraulique qui, elle, traite de toutes les questions liée à l'approvisionnement en Eau potable en république du Mali. Elle a été Créée par le décret No 10-065/P-RM du 1 février 2010 .Selon ce décret les DRH ont pour mission de traduire sous forme de programmes et projets les politiques et stratégies en matière d'hydraulique. (*Voir l'organigramme dans l'annexe 5*)

A ce titre, elles sont chargées de :

- suivre et évaluer le potentiel hydraulique ;
- collecter, conserver et traiter les informations sur les ressources hydrauliques ;

- assister, coordonner et contrôler les différents intervenants et leurs activités dans le secteur de l'eau ;
- contribuer à l'élaboration des schémas directeurs régionaux d'aménagement des bassins fluviaux et d'approvisionnement en eau potable ;
- apporter un appui conseil aux Collectivités Territoriales dans l'élaboration, la recherche de financement et la mise en œuvre de leurs programmes de réalisation d'infrastructures hydrauliques ;
- faire connaître et appliquer les normes et la réglementation dans le secteur de l'eau ;
- contribuer à l'élaboration et au suivi des indicateurs du secteur de l'eau ;
- alimenter les bases de données et le système d'information sur l'eau ;
- suivre les conventions et les protocoles passés avec des tiers en matière d'alimentation en eau potable des populations en milieu rural et semi urbain et en milieu pastoral ;
- suivre la mise en œuvre des programmes et projets d'aménagements hydrauliques et de protection contre les inondations ;
- suivre la mise en œuvre des activités d'inspection, d'entretien et d'amélioration des grands barrages, des voies navigables et des infrastructures portuaires fluviales;
- suivre la mise en œuvre des programmes de désensablement et de restauration des cours d'eau, des lacs, des mares et des canaux naturels et artificiels ;
- assurer la police des eaux ;
- analyser les dossiers relatifs aux demandes de prélèvement

II - 2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :

1. Présentation du Mali :

Pays de l'Afrique de l'Ouest, le Mali est un pays soudano-sahélien couvrant une superficie d'environ 1 241 238 km², dont 51 pour cent sont constitués de terres désertiques. Sa population était estimée en 2018 à **19 419 003** habitants avec une densité de **15,64** habitants/ km² (*DRPSIAP, 2018*).

Il partage **7 420 km** de ses frontières avec sept pays limitrophes : l'Algérie au nord, le Niger et le Burkina Faso à l'est, la Cote d'ivoire, la Guinée au sud, la Mauritanie et le Sénégal à l'ouest.

2. Présentation de Sabalibougou :

Sabalibougou est un quartier qui révèle de la commune V du District de Bamako, créée depuis les années 1978. Il se situe entre 12°34'50,44'' et 12°36'30,08'' N et 8°1'35,78'' et 7°58'32,45'' W et couvre une superficie de **3,71 km²**. Il est parmi les quartiers lotis mais non viabilisés et fait partie des quartiers les

plus peuplés avec une population estimée à **136 900** habitants dont 66 958 femmes, 69 943 hommes (*DRPSIAP, 2018*).

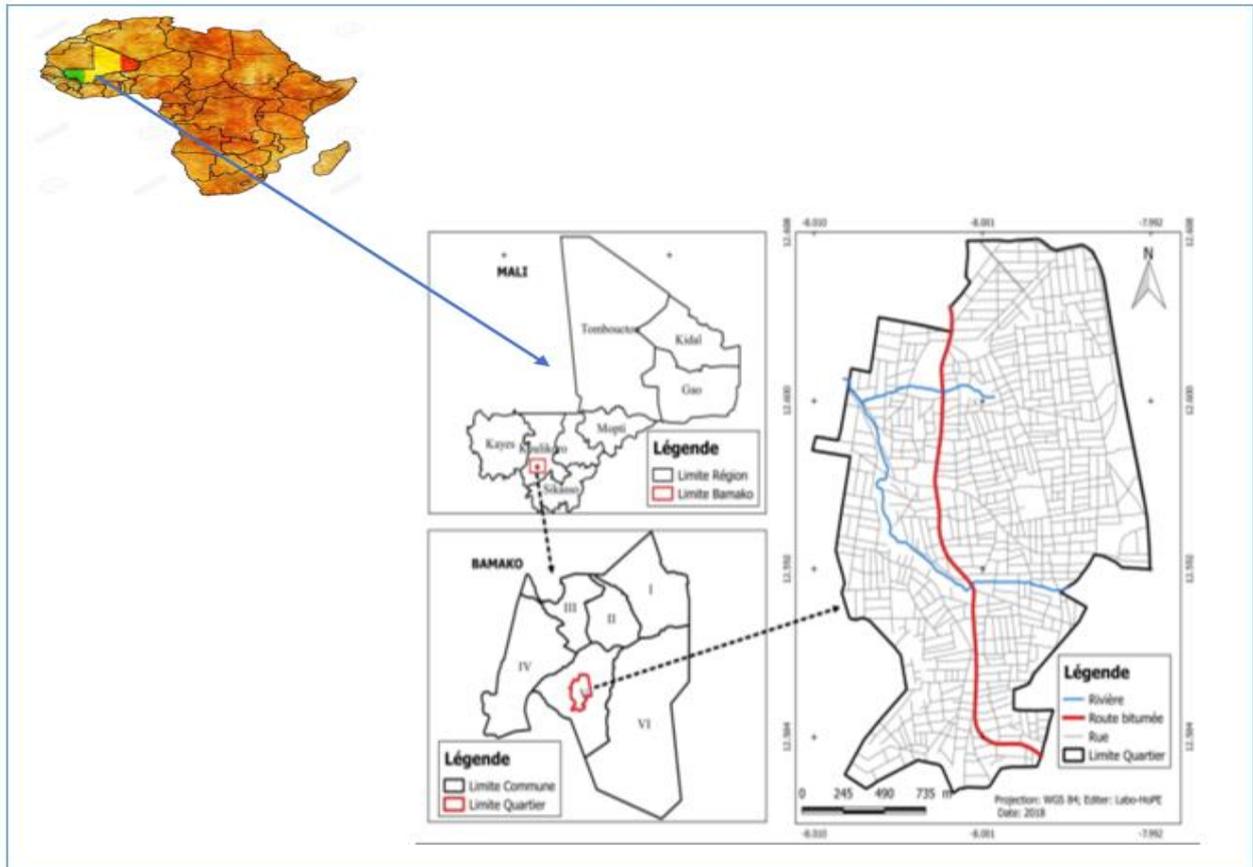


Figure 1: Carte de localisation de Sabalibougou

II - 3 CARACTERISTIQUE DU MILIEU PHYSIQUE :

1. Données climatiques :

Le climat est caractérisé par l'alternance de deux (2) saisons distinctes : une saison sèche allant de novembre à Avril et une saison pluvieuse (l'hivernage) de mai à octobre avec la plus forte pluviométrie en août. La pluviométrie annuelle varie de 722 mm à 1500 mm avec une moyenne annuelle de 1100 mm. La température moyenne annuelle est de 27.7°C avec des valeurs extrêmes de 34.7°C et 21°C. Les vents sont généralement orientés de la direction Sud - Ouest. Il existe deux types de vents : le harmattan (entre fin novembre et le milieu du mois de mars) et la mousson (pendant l'hivernage allant de juin en août).

2. Relief et Sol :

Le relief de la localité se présente sous la forme des plateaux et collines de type grès avec un sol accidenté de type latéritique dont les classes d'altitude varie de 330 m au Sud et de 388m au Nord, ce qui représente quelques difficultés pour l'aménagement d'infrastructures d'assainissement.

3. Végétation :

Le couvert végétal est à l'image de la ville et des politiques d'aménagement de l'espace. C'est une végétation de type tropical. On rencontre quelques essences comme le néré (parkia biglobosa), le caicedra (khaya senegalensis), accacia (accacia senegalensis), le manguier (mangifera indica), le nyme (azadirachta indica) etc.

4. Réseau hydrographique :

Le fleuve Niger divise la ville de Bamako entre la rive gauche et la rive droite dont une partie de la commune V. Il atteint sa crue (hautes eaux) pendant l'hivernage au mois d'août, septembre et son étiage (basses eaux) pendant la saison sèche au mois d'avril et mai, ce qui explique son irrégularité. Il est d'une importance capitale pour les populations riveraines ; puisqu'il favorise le maraichage, la pêche, l'irrigation, l'exploitation des sables, la teinture etc.

5. Géologie et Hydrogéologie :

Selon les cartes géologiques simplifiées du Mali, la ville de Bamako est fixée principalement dans deux grandes aquifère à savoir :

- L'aquifère de l'Infracambrien ou encore du Précambrien A que constituent les grès de Sotuba et les grès de Koulouba ;
- L'aquifère des formations récentes (Quaternaire et recouvrement récent).

II - 4 CARACTERISTIQUE DU MILIEU HUMAIN :

1. Aspect sociaux et démographique :

La commune regroupe huit (8) quartiers administratifs dont : Cinq (05) sont lotis et viabilisés (Quartier-Mali, Badalabougou, Torokorobougou, Badalabougou SEMA I et SEMA II et trois (03) lotis, mais non viabilisés (Daoudabougou, Sabalibougou, Kalaban - Coura), dirigées par des maires élus. Plusieurs confessions religieuses sont représentées à Sabaligougou, les plus importantes sont : l'islam, le christianisme, et l'animisme. La population est largement dominée par les jeunes de moins de 30 ans. Nous pouvons aussi noter que Sabalibougou est un quartier doté de nombreuses infrastructures administratives à savoir : la présence des écoles publiques, privées et communautaires, des administrations communales (mairie, services conjoint, etc.), des administrations déconcentrées de

l'Etat (Commissariat de police, gendarmerie etc.) et des administrations sanitaires (CSCOM, CS Réf, Pharmacie, etc.)

Tableau 1: Quelques données démographiques de la commune V

COMMUNE V	Population résidente en 2014 (estimation)			Population résidente en 2018 (estimation)		
	Masculin	Féminin	Total	Masculin	Féminin	Total
BADALABOUGOU	14 730	15 410	30 140	19 671	20 580	40 251
BADALABOUGOU SEMA I	395	458	853	527	612	1 139
BADALABOUGOU SEMA II	1 476	1 515	2 990	1 971	2 023	3 994
DAOUDABOUGOU	56 643	55 876	112 519	75 645	74 621	150 265
KALANBA-COURA	91 813	93 547	185 360	122 613	124 929	247 542
QUARTIER –MALI	6 567	6 457	13 024	8 769	8 624	17 393
SABALIBOUGOU	52 373	50 138	102 511	69 943	66 958	136 900
TOROKOROBOUGO U	13 027	13 265	26 292	17 397	17 715	35 112
Total Général	296 815	296 482	593 297	316 536	316 061	632 597

Source : DRPSIAP, 2018

En observant le tableau ci-dessus le quartier de Sabalibougou fait partie des quartiers les plus peuplés de la commune avec une population estimée à 136 900 habitants en 2018.

2. Aspect économiques :

Sabalibougou possède le plus grand marché de la commune V. Les activités économiques de ce quartier sont essentiellement focalisées sur le commerce exercé à 75% par les femmes, la pêche, l'agriculture (maraîchage), l'élevage et l'artisanat. Il y a moins de personnes ayant le statut de fonctionnaire dans le quartier et la majorité de la population est constitué d'ouvriers.

III - METHODOLOGIE ET MATERIELS :

III - 1 MATERIELS :

Les matériels suivants ont été utilisés :

- Un GPS Garmin 60 pour relever les coordonnées géographiques des éléments sur le terrain;
- Un appareil photo ;
- Matériels et logiciels de bureau : Ordinateurs portable, imprimante, photocopieuse, Google Earth, Word, Excel, Autocad etc....

III - 2 METHODOLOGIE :

La méthodologie adoptée pour mener à bien ce travail se résume comme suite :

- Recherche documentaire ;
- Travaux de terrain et la collecte des données ;
- Analyse technique et méthode de conception

1. Recherche documentaire :

La phase préparatoire a consisté au début de notre travail à réaliser les termes de référence de l'étude à savoir le contexte et la problématique, l'objectif général et les objectifs spécifiques, les résultats attendus ainsi que les approches qui seront utilisés pour l'étude.

Les différents documents consultés pour mener à bien ce rapport ont été obtenus :

- à la Direction Nationale de l'Hydraulique ;
- à la Direction Régionale de l'Hydraulique du District de Bamako ;

Néanmoins les recherches sur internet au travers de Google et la consultation des documents abordant des thèmes similaires ou ayant quelques points communs avec le sujet ont permis la rédaction de ce présent mémoire.

2. Visites de terrain :

D'une part, les visites de terrain nous ont permis d'actualiser les données recueillies lors de la recherche documentaire et d'autre part elles nous a aussi permis de faire une reconnaissance des lieux des installations présentes afin de connaître les réalités que traversait le système d'alimentation en eau potable.

3. Analyse technique et méthode de conception:

Analyse technique :

Après la collecte des informations et les visites sur terrain, une analyse technique nous a permis de mettre à profit toutes les informations recueillies, pour élucider les anomalies et apporter des résolutions afin que le système soit en mesure de couvrir toute la population.

Hypothèse de calcul :

Pour une estimation des besoins à l'horizon 2031 ; nous formulons les hypothèses suivantes :

1. Horizon du projet :

Le dimensionnement d'un réseau d'AEP se fait en fonction d'une période donnée et la durée est déterminé en tenant compte la durée de vie des différents constitutif du système (vannes, pompes, compteur etc... Pour notre cas c'est un projet de 10 ans. La population est estimée environ à 30 000 habitants en 2021

2. Taux de désert :

Le taux de desserte à l'horizon du projet est à 100 % dont 60 % pour les branchements privés et 40 % pour les bornes fontaines. Le temps de pompage est fixé à 20 h et sera alimenté par l'énergie fournie par l'EDM et un groupe électrogène sera aussi utilisé comme source alternative.

Consommations spécifiques :

Pour l'estimation des besoins globaux journaliers des projets AEP en milieu semi urbain, une consommation spécifique de **20 litres par jour par habitants**, pour les bornes fontaines et **50 litres par jour par habitant**, pour les branchements privé est adoptée conformément à l'objectif de la Stratégie Nationale de l'eau au Mali.

Evaluation des consommations domestiques :

La consommation domestique est la quantité d'eau utilisée au niveau des familles pour les activités domestiques y compris l'eau de boisson. Cette consommation est fonction du niveau de vie, de la culture des populations et des niveaux d'équipement sanitaire. Elle est quantifiée en litre par jour et par habitant (l/j/hab).

$$\mathbf{B_{dom} = C_{BP} + C_{BF}}$$

B_{dom} : Besoin domestique ;

C_{BP} : Consommation branchement privé ;

C_{BF} : consommation borne fontaine.

❖ **Evaluation des consommations non domestiques ou besoins annexes :**

Les consommations non domestiques regroupent l'ensemble des consommateurs tels que : les centres de santé, les écoles, les lycées ou collèges, les boulangeries les bâtiments administratifs, les centres commerciaux. N'ayant pas connu le nombre exact de ces consommateurs, nous avons formulé l'hypothèse que le taux de consommation domestique représente 20 % de la consommation non domestique.

$$B_a = 20 \% D_{\text{domestique}}$$

❖ **Coefficient de pointe journalière :**

Le coefficient de pointe journalière (Cpj) est lié au comportement des usagers au cours de la semaine. Elle peut être déterminée par la formule suivante :

$$(C_{pj}) = \frac{C_{jmp}}{C_{jm}}$$

Avec le coefficient de pointe journalière (Cpj) qui est compris entre 1,05 et 3 dans les zones semi rurales de pays sahélien (OUEDRAOGO, 2005). Nous retenons la valeur **1,2** pour le quartier de Sabalibougou.

❖ **Coefficient de pointe horaire :**

Il traduit la pointe de la consommation enregistrée au cours d'une journée. Sa valeur est comprise entre 1,5 et 3 de dépend de la taille de la localité (Zoungrana, 2008).

Il est donné par la formule suivante :

$$(C_{ph}) = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mh}}}$$

Avec Q_{mh} (m^3/h), **Cph = 1,5**

❖ **Débit de pointe journalier :**

$$(Q_{pj}) = Q_{mj} \times C_{pj}$$

❖ **Débit moyen horaire (Q_{mh}) :**

$$(Q_{mh}) = \frac{\text{Débit de pointe journalier}}{\text{Temps de fonctionnement}}$$

❖ **Débit de pointe horaire (Qph) :**

$$(Qph) = Qmh \times Cph$$

3. Dimensionnement des ouvrages hydrauliques : (le contenu sera plus détaillé en dessous)

- ❖ **Réseau d'adduction :** Pour combler le déficit nous chercherons six (6) forages complémentaires ayant chacun un débit d'exploitation environ 16 m³/h
- ❖ **Capacité du réservoir :** Un réservoir prismatique dont la capacité est estimée à 900 m³ sera implanté à une altitude de 380 m pour desservir toute la zone du projet.
- ❖ **Réseaux de distribution :** le choix s'est porté sur un réseau mixte (maillé et ramifié)
- ❖ **Etude financière :** une étude financière est réalisé afin d'évaluer le coût global du projet et déterminer le prix de mètre cube d'eau.

4. Etude d'impact environnemental : Tout projet d'AEP engendre des impacts positifs et négatifs sur l'environnement, une notice d'impact environnemental sera aussi donnée.

III- 3 CHRONOGRAMME DE STAGE :

Tableau 2 : Chronogramme du stage

Méthodes	Durée de stage Chronogramme						
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
Recherches documentaires	■						
Echanges avec les autorités de la commune et l'entreprise BS GLOBAL		■					
Visite des installations de production et de distribution				■			
Diagnostic sur le réseau de Sabalibougou					■		
Rédaction du mémoire	■						

IV - RESULTATS ET DISCUSSIONS :

Dans cette partie il sera question pour nous de mettre en exergue toutes les activités qui ont été mises en œuvre dans ce diagnostic et les propositions d'amélioration. Ceci dit, pour une meilleure lisibilité et dans le souci de cadrer avec nos objectifs de stage, nous allons évoluer dans cette partie suivant les composantes du système d'AEP.

IV- 1 ENQUETES SOCIO-ECONOMIQUES :

Une enquête socio-économique est une démarche intellectuelle qui a pour but de s'enquérir de faits, des résolutions. Pour mener à bien cette enquête nous avons fait recours au type d'échantillonnage représentatif sur le nombre de la population et en fonction de la zone la plus représentative. Ce type d'échantillonnage stipule que pour donner une analyse qualitative, il faut avoir au moins 10 à 25% de la population à enquêter, (*MINOUGOU. W, 2016, p8*). Nous avons une population estimée à environ 30 000 habitants en 2021. Dans le cas du présent rapport, nous allons opter pour la marge minimale de 10 % de la population tout en formulant l'hypothèse qu'il y a en moyenne huit (8) personnes par ménage ce qui nous donne 375 ménages à enquêter. Les objectifs de ces sondages sont : la permanence (régularité) du service, possession de branchement particulier, la qualité de l'eau produit par BS global, et les besoins prioritaires en eau.

Tableau 3: Source d'approvisionnement en eau

Source d'approvisionnement en eau	Effectifs	Pourcentage (%)
BP (BS GLOBAL)	113	30
BF (BS GLOBAL)	71	19
SOMAGEP (BF +BP)	174	46
Puits	17	5
TOTAL	375	100

Au regard de ce tableau, nous constatons qu'environ 49 % des ménages enquêtés ont comme source d'approvisionnement BS GLOBAL. Ensuite nous avons un taux de 46 % pour le réseau de la SOMAGEP et quelques - uns utilisent les puits dont ils disposent en cas de coupure d'eau.

Tableau 4 : La permanence du service

Permanence du service	Effectifs	Pourcentage (%)
Oui	39	21
Non	145	79
TOTAL	184	100

Au terme de cette enquête, nous constatons que les populations se plaignent du non permanence du service de l'eau avec un taux de 79 %. Cela est dû à la vétusté du réseau et des coupures fréquentes vu que le système est alimenté uniquement par l'énergie fournie par EDM.

Tableau 5 : la qualité de l'eau

Qualité de l'eau	Effectifs	Pourcentage (%)
Bonne	162	88
Moins bonne	17	9
Mauvaise	5	3
TOTAL	184	100

Tableau 6 : Besoins prioritaires en eau

Besoins prioritaires en eau	Effectifs	Pourcentage (%)
Travaux ménagers	181	98
Usage commercial	3	2
TOTAL	184	100

Au regard de ces tableaux, nous constatons que la qualité de l'eau est appréciée par les habitants avec un taux de 88 %. Par contre 3% n'apprécie pas la qualité de l'eau. Ensuite nous remarquons que 98 % de la population utilisent l'eau pour la consommation et les travaux ménagers.

IV-2 DIAGNOSTIC DU RESEAU EXISTANT :

Avant d'effectuer le diagnostic du réseau, il nous a semblé judicieux de définir quelques terminologies que nous allons rencontrer dans le réseau.

Quelques définitions :

✚ **Réseau d'eau potable** : On appelle un réseau l'ensemble de conduites et d'équipements organisés formant une série de nœud et de mailles pour permettre la circulation et la distribution de l'eau potable vers la population d'une collectivité ou de plusieurs collectivités. Ce réseau peut contenir les éléments suivants : les emboitements bruts, les poteaux d'incendies, les compteurs, les ventouses, les vannes de sectionnement etc...

Un réseau d'alimentation en eau potable doit être en mesure de desservir toutes les parties de l'agglomération.

Il est composé des éléments suivants : Production Captage d'eau souterraine ou prise d'eau de surface), transport et distribution d'eau potable.

✚ **Captage d'eau** : Le captage consiste à prélever l'eau d'un point A (eau de surface ou souterraine) et à la transporter à un point B (bâche ou château) par l'intermédiaire d'une conduite. De façon générale, cette conduite de transport est en charge.

✚ **Potabilisation** : L'eau captée nécessite généralement un traitement pour rendre potable à la consommation. Ainsi, la potabilisation de l'eau est l'ensemble des ouvrages et le procédé physico-chimique et/ou biologique qui permet de rendre cette eau potable à la consommation.

✚ **Réservoir de stockage d'eau potable** : il joue un rôle très primordial dans un réseau de distribution. En effet, il permet essentiellement de réguler la pression et le débit entre la phase de production (du forage vers le stockage) et la phase de consommation (du stockage à la consommation). Leur rôle est d'emmagasiner l'eau lorsque la consommation est inférieure à la production et de la restituer lorsqu'elle en devient supérieure.

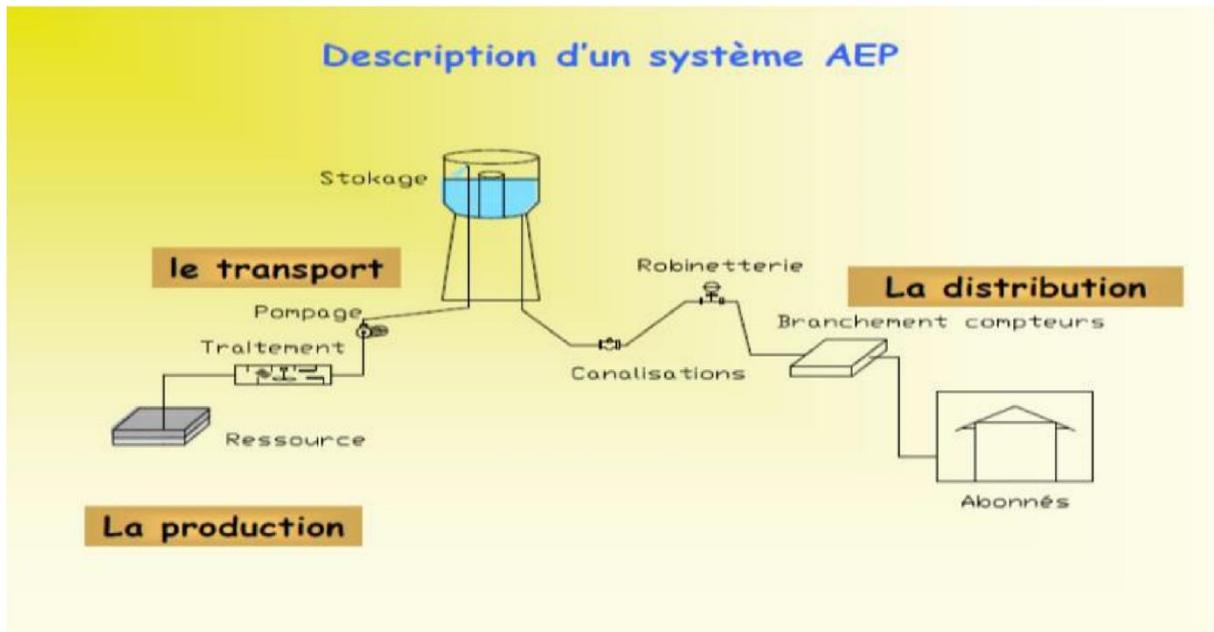


Figure 2: Schéma général d'alimentation en eau potable

Le Diagnostic est une opération très délicate qui a pour but de présenter l'état des lieux du service d'alimentation en eau potable et de proposer des solutions techniques appropriées qui répondent aux préoccupations du maître d'ouvrage.

Pour cette étude, notre diagnostic consistera à faire un état des lieux d'AEP existant, évaluer la capacité de production des forages, les consommations afin de voir si la production peut satisfaire les besoins de la population. Aussi il s'agira de vérifier le dimensionnement du réseau d'adduction et de proposer des éventuelles solutions.

IV- 3 ETAT DE LIEUX DU RESEAU D'AEP DE SABALIBOUGOU :

IV - 3.1 La reconnaissance du site :

La reconnaissance du site a été menée par une équipe composée des agents de la Direction Régionale de l'hydraulique de District de Bamako (DRH –DB) en compagnie des responsables de la commune et un agent de l'entreprise s'occupant de l'exploitation et la distribution (Bara Service Global).

Cette reconnaissance nous a permis :

- de prendre contact avec le maire de ladite commune, les autorités locales et quelques bénéficiaires ;
- de visiter les ouvrages pour diagnostiquer les anomalies ;
- de relever les coordonnées géographiques de la zone concernée par le projet.

IV - 3.2 Situation de l'AEP de Sabalibougou :

D'après les résultats des enquêtes qui se sont déroulées en décembre 2020, il ressort que le système d'AEP de Sabalibougou a été réalisé depuis les années 1996 dans le but de desservir une population estimée à environ 30 000 habitants.

L'approvisionnement en eau potable est assuré par Cinq (5) forages indexés F1 à F5 et répartis entre quatre (4) châteaux cylindrique à axe horizontal.

Le forage (F₁) situé au centre, forage (F₂) et le forage (F₃) ont un débit d'exploitation cumulé de 25 m³/h et sont interconnectés sur un réseau ramifié. La raison principale en était les besoins insatisfaits en période de forte consommation et la faible pression au niveau des abonnées qui se trouvaient au bout du réseau.

Le forage (F₄) qui n'est point relié au réseau précédent à un débit d'exploitation de 12 m³/h. Quant au forage (F₅) qui a un débit d'exploitation de 9 m³/h, ceci a été délaissé pour motif la mauvaise qualité de l'eau suite aux résultats des analyses faites au laboratoire national des eaux (LNE). La distribution est assurée par quatre (4) châteaux métalliques dont les volumes cumulés sont de 65 m³ avec des points de distribution (potence sous les châteaux d'eau) permettant le remplissage rapide de fûts de 200 litres transportés par charrette. L'exploitation et la distribution de l'eau sont assurées par une entreprise privée **BS Global** en partenariat avec la mairie de la commune V.

A ce jour, d'après les informations recueillies auprès du gestionnaire, ces forages ont un débit d'exploitation cumulé de 33 m³/h.

L'exhaure au niveau de ces différents ouvrages est assurée par des pompes immergées appropriés. Jadis, ces pompes étaient alimentées par des panneaux solaire, suite à des vols et du vandalisme ceux-ci ont dû être délaissés au profit de l'énergie fournit par EDM. Les forages ont une capacité moyenne de production journalière de 660 m³. Ces eaux sont refoulées directement vers les châteaux à travers des conduites en fonte ductiles DN63 mm et acheminé dans les points de distribution sans subir aucun traitement préalable.

Le réseau a une longueur totale d'environ 4280 m. Les artères principales et secondaires sont tous en polyéthylène avec des diamètres respectifs DN 63 mm et 40 mm. Le nettoyage et la désinfection du château se font à chaque 6 mois. Sabalibougou est une zone très accidentée, les côtes TN sont comprises entre 310 m à 380 m.

Nous enregistrons dans le réseau de dessert :

- ❖ Plus de 120 ménages qui sont raccordés au réseau BS Global;
- ❖ 11 bornes fontaines dont 8 sont non fonctionnelles, ces bornes fontaines non fonctionnelles sont simplement raccordées au réseau.

En dehors de ce système d'AEP nous avons pu recenser 280 points d'eau à savoir :

- ❖ 39 forages privés soit 14% ;
- ❖ 13 puits modernes permanents soit 5% ;
- ❖ 73 puits traditionnels temporaires soit 26% ;
- ❖ 155 points de la SOMAGEP (Borne fontaine et Branchement particulier) soit 55%.

IV- 4 LES EQUIPEMENTS DE GESTION TECHNIQUE (ROBINETTERIES ET COMPTEURS) :

IV – 4. 1 Robinetterie :

Une robinetterie est l'ensemble de l'installation (robinets et appareil divers) que l'on dispose sur un circuit de canalisations afin d'établir ou interrompre l'écoulement d'un fluide. Notre réseau comporte divers organes hydrauliques tels que les vannes, les ventouses, vidanges, etc.

Tableau 7: Répartition des ouvrages hydrauliques sur la distribution

Types d'ouvrages	Définitions	Quantité
Vannes	Ce sont des dispositifs de régulation permettant de maîtriser l'écoulement de l'eau dans les conduites.	8
Vidange	Installé aux points bas du réseau, organes de protection permettant de vider les canalisations autant lors d'interruption du service qu'en exploitation	4
Ventouses	Installées aux points hauts du réseau, les ventouses permettent de chasser l'air que contient le réseau.	4

IV - 4.2 Le comptage :

Les compteurs installés au niveau des forages sont en DN 40 mm, et ceux des bornes fontaines et des branchements particuliers sont respectivement en DN 20 mm et DN15 mm. Ceux-ci permettent de chiffrer la quantité du flux produit et distribué et donne des estimations par rapport à des pertes d'eau au cours du

transport. De façon générale, on distingue deux types de compteurs à savoir : Compteurs de la production et de distribution.

IV - 4.3 Compteurs de production :

Ceux-ci sont installés à la tête de forage et permet de mesurer les flux de volumes d'eau à l'exhaure et ceux introduits dans les conduites d'adduction.

Tableau 8 : Compteurs d'eau à l'exhaure

Marques	DN	Année	Classe métrologique
GEDEYA	40	1996	C
GEDEYA	40	2016	C
GEDEYA	40	2016	C

Tableau 9 : Compteur à la sortie du château

Marques	DN	Année	Classe métrologique
GEDEYA	40	1996	C
GEDEYA	40	2016	C
GEDEYA	40	2016	C

Ces compteurs sont installés en aval des différents réservoirs, et permet de mesurer la quantité d'eau écoulée dans les conduites de distribution.

Il existe au total quatre classes **métrologiques de compteurs d'eau** sur le marché :

- La classe A
- La classe B
- La classe C
- La classe D

✚ **Les compteurs d'eau de classe A** : le compteur d'eau froide ou d'eau chaude de cette classe propose un niveau de précision relativement moins élevé. Les mesures effectuées par ce type de compteur accusent d'importantes pertes quand le débit reste moins de 50 litres ou plus de 150 litres par heure en fonction notamment du type de fluide mesuré.

- ✚ **Les compteurs d'eau de classe B** : Un compteur de classe B incorpore un système de mesure d'un niveau de précision plus ou moins élevé. Le niveau de précision de ce genre d'appareil reste à plus ou moins 5 % quand vous utilisez de l'eau avec un débit compris entre 30 et 120 litres par heure. Ces équipements s'adaptent aussi bien au réseau d'eau chaude qu'au conduit froide.
- ✚ **Les compteurs d'eau de classe C** : Ce sont les plus précis existants, puisqu'ils arrivent à calculer jusqu'à 99,85 % de la consommation. Les pertes liées à ce type d'installation sont détectables si le débit de la canalisation se situe entre 15 et 22,5 litres par heure. Ils conviennent au comptage à la fois d'eau chaude et froide.
- ✚ **Les compteurs d'eau de classe D** : Sont réservés uniquement au comptage d'eau chaude, les compteurs d'eau de classe D sont conçu avec un niveau de précision très élevé, souvent supérieur à 99,85 %.

IV - 4.4 Compteurs des abonnés :

Ces compteurs mesurent la quantité d'eau consommée au niveau des ménages et leurs diamètres varient de 20 à 25mm.

Tableau 10 : Compteur des abonnés

Marque	DN	Année	Classe métrologique
GEDEYA	20	2017	C
GEDEYA	25	2018	C

IV - 5 PLAN DU RESEAU EXISTANT :

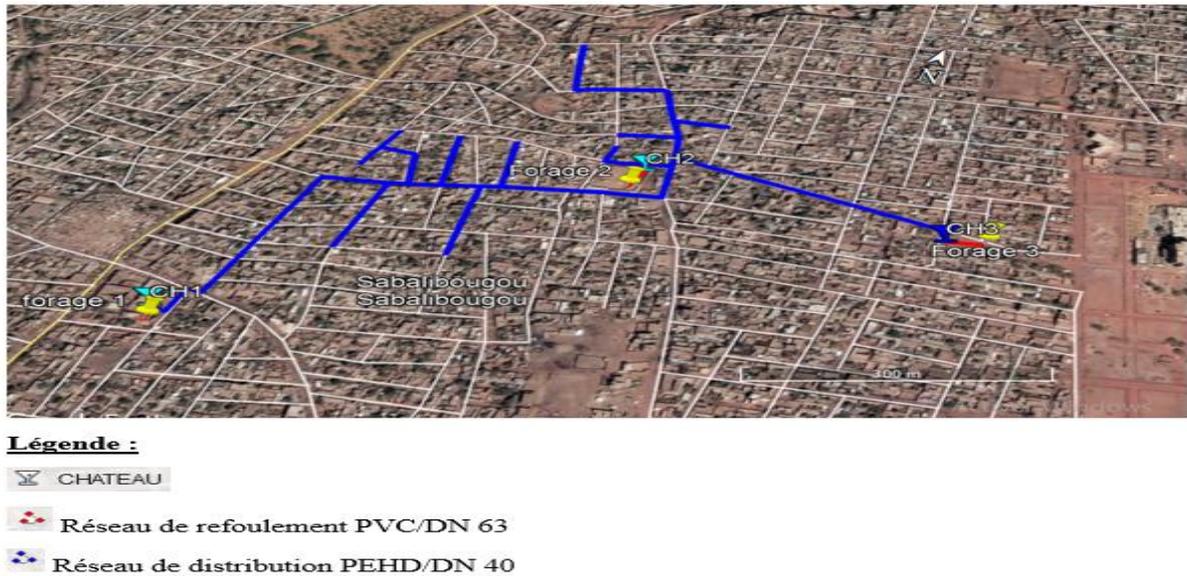


Figure 3: Plan de la zone A



Figure 4: plan de la zone B

N'ayant pas eu le plan du réseau nous avons jugés nécessaire à ce qu'un technicien de l'entreprise Bara service global puisse nous guider sur le terrain afin de prendre connaissance de l'emplacement du réseau, et faire un levé topographique pour les éventuelles améliorations. Il ressort que les conduites de distribution sont en Polyéthylène de haute densité (PEHD) DN 63 mm.

IV - 6 ETUDE DIAGNOSTIC DU SYSTEME :

Pour cette section, l'entreprise s'occupant de l'exploitation et la distribution était vraiment réticente à nous faire part des données. Néanmoins à travers nos échanges avec le releveur des compteurs nous avons pu estimer les quantités d'eau produits et distribuées annuellement afin d'en dégager les différents chiffres caractéristiques pour une appréciation efficace. Compte tenu de l'indisponibilité des données, nous n'allons prendre en compte que les trois dernières années, à savoir année 2017, 2018 et 2019 pour les différentes analyses.

- ✚ **Le rendement de réseau :** est un indicateur simple et très utilisé qui permet d'apprécier la qualité d'un réseau d'alimentation d'eau potable. Il existe de nombreuses définitions du rendement qui dépendent du volume pris en compte pour son calcul. Pour notre analyse il s'agit du rendement primaire. Il est défini selon la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{\text{Volume facturée}}{\text{Volume mise en distribution}} * 100$$

Tableau 11: Échelle de rendement de réseau (Selon Guérin - Schneider, 2001)

Rendement du réseau	Très bon	Bon	Passable	Mauvais	Médiocre
%	> 90	85 à 90	80 à 85	70 à 80	< 70

L'échelle de rendement de réseau nous permettra de savoir à quel degré de satisfaction se trouve notre réseau.

Tableau 12: Evolution des volumes facturés et mise en distribution annuelle

Année	Volume facturée (m ³)	Volume mise en distribution (m ³)	Rendement (%)
2017	226 324	282 695	80
2018	199 677	265 600	75
2019	184 677	252 945	73

Source : Entreprise Bs Global

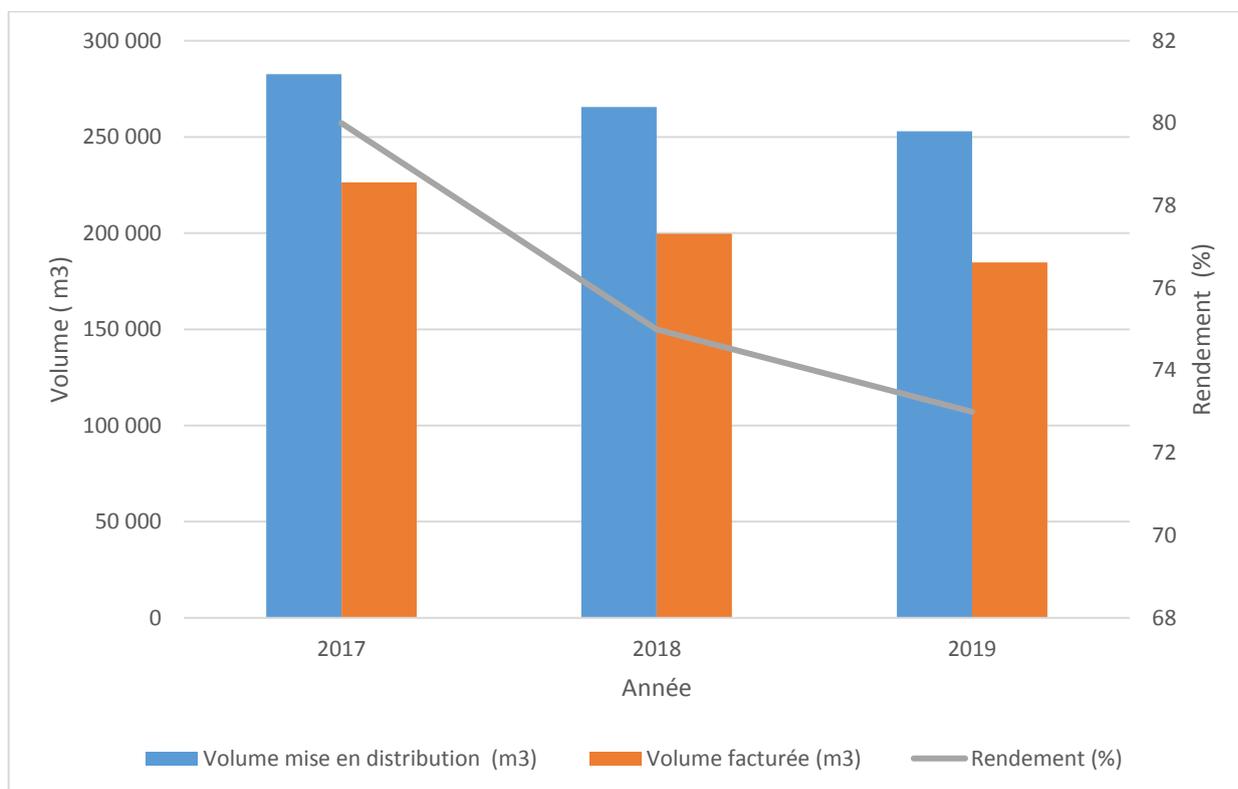


Figure 5: Evolution du rendement sur les 3 dernières années

En se référant sur l'échelle de rendement de réseau (Selon Guérin - Schneider, 2001), nous pouvons conclure que le système mise en place présente un mauvais rendement.

Justification : Cela s'explique d'une part la vétusté du réseau et d'autre part les branchements illicites constatés sur le réseau.

IV - 7 BESOINS ACTUELS :

Sur la base de l'objectif des autorités de la commune, nous avons estimé les besoins en eau et résumés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 13: Besoins actuels

ANNEE	FORMULE	2021
Population	PT	30 000
Population desservie par Branchement Particulier	$PBP = PT \times 60\%$	18 000
Population desservie par Borne Fontaine	$PBF = PT \times 40\%$	12 000
Consommation spécifique BP (l/hbt/j)		50
Consommation spécifique BF (l/hbt/j)		20
Consommation moyenne par jour BP (m ³ /j)	$CM = PBP \times 50$	900
Consommation moyenne par jour BF (m ³ /j)	$CM = PBF \times 20$	240
Consommation non domestique (m ³ /j)	20% consommation domestique	228
Besoins totaux actuel (m ³ /j)		1368

Au terme des investigations, les besoins actuels du secteur ont été estimés à **1368 m³/j**

Tableau 14: Capacité des forages en fonction des besoins

Année	Besoins en en eau m ³ /jour	Capacité des forages m ³ /jour	Besoin – Capacité des forages(en m ³ /jour)	Observations
2021	1368	660	708	Déficitaire

Les calculs nous montrent que les besoins actuels en eau sont supérieurs par rapport à la quantité d'eau produite par les forages ce qui porte à croire que l'exploitation est déficitaire avec une différence de 708 m³/j.

IV - 8 INSUFFISANCES ET ANOMALIES RENCONTRES AU SYSTEME ACTUEL :

Le diagnostic de l'AEP du quartier de Sabalibougou a révélé des anomalies réelles en termes d'alimentation en eau potable des populations. En effet, les estimations par rapport à l'exploitation des AEP existants, nous montrent qu'elles sont sous alimentés c'est à dire les besoins journaliers relevés sont supérieur à la quantité d'eau produite par les forages, ce qui explique par le fait que le système était conçu uniquement pour desservir les bornes fontaines mais avec l'urbanisation , les autorités de la commune ont sollicitées que l'entreprise s'occupant de l'exploitation fasse des branchements privés sans pourtant songer à renforcer la capacité de la production. En outre il y avait un forage qui était mal équipé ce qui rendait difficile l'exploitation en bon échéance.

Au cours de notre visite sur le terrain, nous avons pu recenser de nombreuses insuffisances au niveau de l'adduction, stockage, réseau de distribution et la source d'énergie.

IV - 8.1 Adduction :

Tableau 15: Situation des forages existants

Numéro de forage	Débit prévu (m ³ /h)	Débit actuel (m ³ /h)	Coordonnées des forges		Observations
			Latitude	Longitude	
F1	9	9	12°35'42,32''N	8°0'9,42''O	Fonctionnel
F2	12	12	12°35'56,22''N	7°59'57,81''O	Fonctionnel
F3	4	-	12°35'56,59''N	7°59'44,01''O	En panne (mal équipé lors de la réalisation)
F4	12	12	12°35'17,6''N	8°0'5,37''O	Fonctionnel
F5	9	-	12°36'4,70''N	7°59'52,03''O	Abandonné (mauvaise qualité de l'eau)
Total	46	33			

Nous remarquons une différence de 13 m³/h entre les débits prévus à l'amont du projet et les débits actuels laissant ainsi le système en sous production. Du point de vue, protection et hygiène nous constatons que les forages ne sont pas protégés et les conditions d'hygiènes ne sont pas aussi respectées. Alors qu'un système d'AEP est dit de meilleure qualité, quand il est bien protégé. Avec une protection moindre, les pompes font plus face aux pannes probables et la pollution de la nappe.

Nous observons également des fuites importantes au niveau des compteurs de production et la maintenance préventive des ouvrages ne sont pas aussi respectées.

IV- 8.2 Stockage :

- ✚ Implantation inappropriée du château (Ch4) qui se trouve à une altitude basse alors que les abonnés sont à une altitude élevée du coup ce qui pose des problèmes pour desservir normalement ces abonnés qui sont raccordés à ce château ;
- ✚ Château 2 et 4 sont en état de dégradation très avancé (troué sur les côtés) ;

- ✚ Les compteurs de distribution se trouvant en amont du château sont tous en mauvais état (*voir dans l'annexe 3 : les équipements des ouvrages hydrauliques*).

IV - 8.3 Réseau de distribution :

- ✚ Des fuites importantes aussi ont été constatées sur les canalisations et sur certains ouvrages ;
- ✚ La quasi-totalité des bornes fontaines sont mal entretenues, voir totalement négligées ;
- ✚ Manque de regard de visite ;
- ✚ Absence des vannes de sectionnement du réseau.

IV - 8.4 Alimentation des pompes par l'électricité fournie par EDM :

Sabalibougou est un quartier frappé par d'énormes coupures répétées d'énergie. Etant donné que le système est alimenté uniquement par l'électricité fournie par l'EDM, nous assistons parfois à un manque d'approvisionnement en eau potable des populations.

❖ *Synthèse du diagnostic :*

Au terme de notre diagnostic, il ressort que le réseau d'AEP existant n'est plus en mesure de satisfaire les besoins en eau de la population. Ensuite nous enregistrons d'énormes problèmes constatés sur le réseau :

- Une perte énorme en eau se traduisant par les fuites de grande envergure non réparé à temps ;
- L'état défectueux de certains équipements notamment les équipements des ouvrages de captages, de stockage, coffret de commande etc...
- Une baisse drastique de la quantité d'eau à mobiliser due à l'abandon de certains forages.
(*Voir dans annexe 2 et 3 quelques illustrations de notre diagnostic*)

IV - 9 PLAN DE DEVELOPPEMENT OU SCHEMA DIRECTEUR :

Le plan de développement est à prévoir en trois (3) phases, un plan d'action court terme de (6 mois), un plan moyen terme (14 mois) et un plan d'action long terme (8 ans).

IV - 9.1 Un plan d'action court terme : (Réalisation de nouveaux forages et la pose des conduites)

A ce point nous prévoyons la réalisation des nouveaux forages pour rehausser la production et réaliser des forages piézomètres afin de suivre la fluctuation de l'eau. Ensuite inventorier le nombre de forages

privés se trouvant dans ladite commune et plus particulièrement dans le quartier de Sabalibougou afin de règlementer la réalisation des forages privés.

IV- 9.2 Un plan d'action moyen terme : (construction du réservoir prismatique en béton armé et du local gardien)

La desserte pour toute la zone sera assurée par un recevoir prismatique en béton armé d'une capacité de 900 m³, implanté sur une élévation de 380 m.

IV - 9.3 Un plan d'action long terme : (gestion des ouvrages)

La gestion est un élément très capital dans la viabilité du système. A cet effet nous allons viser ou planifier une survie à long terme de notre système à travers des actions ci-dessous.

✚ Accessibilité du système à toute la population :

Elle se traduira par des actions suivantes :

➤ La promotion des branchements privés :

Au terme des enquêtes socio-économiques nous avons constaté que les branchements se voient détournés de tout regard par certains habitants compte tenu du prix de raccordement au réseau qui ne rentrait pas dans la capacité financière de ces usagers. Nous envisageons mettre en place un système de branchement avec une possibilité de paiement par tranche.

➤ Le suivi de la gestion des fontainiers :

Nous envisageons mettre en place un comité chargé à la formation de gérant des bornes fontaines ensuite les fontainiers seront choisis suivant des critères afin de s'assurer de la bonne gestion de la borne fontaine qui leur sont attribuées.

✚ La mise en place de système de suivi et d'évaluation de la production et la distribution :

Le suivi rigoureux de la production et la distribution en eau de la population est une étape très importante. Cela permet de suivre de près le système afin de déceler en temps réel les éventuels problèmes pour y remédier. Dans le suivi, nous optons pour les relevés hebdomadaires des quantités d'eau à la sortie des forages et les compteurs de sectorisation. Avec cette stratégie nous pourrions suivre de près les pertes en eaux sur le réseau et en temps d'en faire des estimations sur la stabilité du rendement.

Entretien et maintenance du réseau et des équipements :

L'entretien et la maintenance auront pour l'objectif de pallier aux défaillances que peuvent rencontrer le système tout en augmentant la durée de vie du réseau. Il se fera suivant un programme établi de façon semestrielle.

Implication des bénéficiaires dans la gestion :

Pour que les ouvrages soient bien gérés il faudra impérativement que les bénéficiaires prennent conscience de l'importance du système mise en place afin d'éviter certaines mauvaises pratiques qui pourront entraver son fonctionnement. Nous allons mettre en place un comité de sensibilisation sur le comportement à adopter.

Capitalisation de données :

Il s'agira de créer une base de données dans laquelle seront enregistrés les données relatives au système tels que la nature de conduites (PVC, PEHD etc.), la longueur des tronçons, équipements de réseaux (vannes, des organes de régulations, ventouses, etc...) et la date de pose. Ces informations ainsi enregistrées vont nous permettre de bien gérer les conduites en place en distinguant les caractéristiques des conduites selon leurs vétustés, leur type etc.

Il faudra aussi, mentionner régulièrement les branchements exécutés sur le plan.

V - ETUDE TECHNIQUE DU RESEAU :

V - 1 EVALUATION DES BESOINS FUTURS :

Selon les objectifs de l'avant-projet, la population concernée par la zone d'étude était estimée à environ 30 000 habitants en 2021. Partant de cette logique nous pouvons estimer la population jusqu'à l'horizon (2031) tout en faisant une hypothèse à partir d'une loi de croissance exponentielle, avec une invariance du taux d'accroissement qui est de 3,36% (INSTAT, 2019).

$$P_n = P_0 (1+\alpha)^n$$

P_n : Population à l'année t_n ;

P_0 : Population de l'année de référence t_0 ;

α : Taux d'accroissement de la population

n = Nombre d'année à partir de l'année de référence jusqu'à l'horizon du projet (10 ans).

Tableau 16: Évolution de la population à l'horizon 2031

Désignation	Taux d'accroissement naturel (%)	Habitants
Population 2021	3,36	30 000
Population 2026		35 390
Population 2031		41 749

En 2031, cette population sera estimée à 41749 habitants, ce qui justifie le choix d'un système d'alimentation en eau potable, qui est donné dans la stratégie nationale de développement de l'alimentation en eau potable au Mali, une installation d'AEP en fonction de la taille de la population voir la page 37 dans le document de la stratégie nationale de développement et d'alimentation en eau potable du Mali. (*Voir ci-dessous le tableau 17 : calcul des besoins à l'horizon du projet*)

Tableau 17: Calcul des besoins à l'horizon 2031

Désignation	Unité	2031
Population totale	U	41 749
Taux de desserte BP	%	60
Taux de desserte BF	%	40
Population desservie par BP	U	25049
Population desservie par BF	U	16700
Consommation moyenne spécifique BP	l/hab/j	50
Consommation moyenne spécifique BF	l/hab/j	20
Consommation moyenne par jour BP	m ³ /j	1252 ,45
Consommation moyenne par jour BF	m ³ /j	334
Consommation non domestiques (20%)	m ³ /j	317,29
Consommation moyenne journalière	m ³ /j	1903,74
Pertes distribution (10%)	U	190,374
Débit moyen journalier	m ³ /j	2094,114
Coefficient de pointe journalière		1,2
Débit de pointe journalier	m ³ /j	2512,94
Débit moyen horaire	m ³ /h	125,65
Coefficient de pointe horaire	U	1,5
Débit de pointe horaire	m ³ /h	188,48

Ainsi, les besoins à satisfaire en eau du jour de pointe à l'horizon du projet sont estimés à **2512,94 m³/j**. Alors il faudra des forages pouvant couvrir cette demande. Pour cela nous chercherons des forages

complémentaires dont les débits cumulés doivent atteindre au minimum **2512,94 m³ /j** afin de pouvoir couvrir la totalité de la population.

V - 2 PROPOSITION TECHNIQUE VIABLE : (REDIMENSIONNEMENT DU SYSTEME)

Après une visite minutieuse sur le réseau et les différentes défaillances constatées, Nous avons décidé de redimensionner le système.

V - 2.1 Exhaure :

Tableau 18: Evaluation des besoins à l'horizon 2031

Désignation	Besoin de jour de pointe 2031	Capacité horaire
	m ³ /j	m ³ /h
Zone du projet	2512,94	125,647

Après avoir calculé les besoins nous nous rendons compte que la demande est supérieure à la capacité des forages du coup pour combler ce déficit nous allons chercher des forages dont les débits cumulés donnent en moyenne 2512,94 m³/jour soit 125,647 m³/h.

Tableau 19: les forages en fonction de leurs capacités d'exploitation

Désignation	Capacité (en m ³ /h)	Capacité (en m ³ /j)
F1	12	240
F2	9	180
F3	12	240
FY (6 forages complémentaires)	96	1920
Total		2580

Le choix de la ressource est porté sur l'eau souterraine, les besoins à satisfaire sont ceux du jour de pointe qui s'élèvent à **2512,94 m³/j** alors il nous faut une source pouvant couvrir cette demande. Pour combler ce déficit, nous chercherons six (6) forages de **16 m³/h** chacun. Nous avons choisi cette ressource en raison de sa pérennité et de sa qualité qui se rapproche à celle des eaux potables et qui nécessite une simple chloration.

V - 2.2 Mode d'adduction :

L'adduction de ce réseau se fera par refoulement, puisque les forages se situent à un niveau inférieur du réservoir de distribution.

V - 2.3 Mode de traitement :

De façon générale, la qualité des eaux souterraines ne nécessite pas de traitement particulier. La plupart du temps le traitement est simple et se résume à une chloration. Ce traitement est alors nécessaire pour rendre l'eau moins vulnérable à une contamination lors du stockage et de la distribution. Ainsi, il est utile d'utiliser les pastilles de chlore pour maintenir cette eau potable tout au long du processus. Nous justifierons ce choix par le mode d'utilisation simple, un faible prix d'achat des pastilles et des charges nulles en termes de source d'énergie.

V - 2.4 Stockage :

Le réservoir sera implanté en tenant compte des conditions topographiques du milieu et est dimensionné en fonction de la fluctuation journalière de consommation. Nous avons choisi un réservoir en béton armé vu que le volume journalier de pointe dépasse 250 m³.

V - 2.5 Mode de distribution :

La distribution se fera gravitairement dans les conduites et ces conduites devraient être en mesure de pouvoir transporter le débit de pointe horaire (débit de l'heure de pointe pendant laquelle la demande est plus forte dans la journée) afin de satisfaire les besoins de la population aussi pour lutter contre les incendies.

Le tracé du réseau prend en compte les éléments suivants :

- Point de captage (forages) ;
- Conduite de refoulement (adduction) ;

- Conduites de distribution (conduites principales ; conduites secondaires et les conduites tertiaires). Ces conduites seront enterrées pour les protéger contre les intempéries et éviter l'encombrement des voies de circulation.
- Pour l'emplacement des bornes fontaines. Elles seront raccordées au réseau secondaire tout en respectant un rayon d'influence de 300 m ;

V - 3 DIMENSIONNEMENT DES RESEAUX :

V - 3.1 Dimensionnement du réseau de refoulement :

Les formules ci-dessous ont été exploitées afin de déterminer le diamètre nominal des conduites.

Tableau 20: formule du calcul des diamètres des conduites de refoulement

Bresse	Bresse modifié	Munier
$D (m) = 1,5x \sqrt{Q}$	$D (m) = 0,8 x \sqrt[3]{Q}$	$D (m) = (1+0,02 n) x \sqrt{Q}$

Q : le débit en m³/s

n : le nombre d'heure de pompage par jour

$$V (m/s) = \frac{4*Q}{\pi*D^2}$$

Avec Q (m³/s) et D (mm)

Les vitesses induites par le diamètre de la conduite retenue doivent respecter la condition de Flamant suivant laquelle : **V ≤ 0,60 + D (m)**.

Tableau 21 : Calcul du diamètre de la conduite d'adduction des forages 1 et 3

Q=12 m ³ /h							
Formules	Q (m ³ /s)	D _{th} (m)	DN _{ret} (mm)	D _{int} (m)	Vitesse (m/s)	Condition de flamant	Vérification
Bresse	0,0033	0,087	90	0,0814	0,641	0,681	OUI
Bresse modifié	0,0033	0,120	125	0,113	0,333	0,713	OUI
Munier	0,0033	0,081	90	0,0814	0,641 OK	0,681	OUI

Remarque :

Après calcul nous retenons un diamètre nominal DN 90 obtenu avec la formule de Munier. Ce choix se justifie par sa vitesse contrairement à celle de Bresse modifié qui est largement en dessous des conditions de vitesse avec un diamètre nominal DN 125 qui n'est pas économique pour ce projet.

Tableau 22: Calcul du diamètre de la conduite d'adduction du forage 2

Q=9m ³ /h							
Formules	Q (m ³ /s)	D _{th} (m)	DN _{ret} (mm)	D _{int} (m)	Vitesse (m/s)	Condition de flamant	Vérification
Bresse	0,0025	0,075	90	0,081	0,58 OK	0,681	OUI
Bresse modifié	0,0025	0,109	110	0,099	0,32	0,699	OUI
Munier	0,0025	0,070	75	0,068	0,69	0,668	Non

Remarque :

Au regard de ce tableau le choix s'est porté sur le diamètre nominal DN 90 obtenu avec la formule de Bresse en raison de sa condition de vitesse. Contrairement à celui de Bresse modifié dont la vitesse est faible et de Munier qui ne respecte pas les conditions de Flamant.

Tableau 23: Calcul du diamètre de la conduite d'adduction du forage 4 (forages complémentaires)

Q=16 m ³ /h							
Formules	Q (m ³ /s)	D _{th} (m)	DN _{ret} (mm)	D _{int} (m)	Vitesse (m/s)	Condition de flamant	Vérification
Bresse	0,0044	0,100	110	0,099	0,573 OK	0,699	OUI
Bresse modifié	0,0044	0,132	140	0,113	0,446	0,713	OUI
Munier	0,0044	0,093	110	0,099	0,573	0,699	OUI

NB : Les forages complémentaires auront un débit d'exploitation de 16 m³/h chacun dont au total six (6) forages avec un diamètre nominal DN 110 obtenu par la formule de Bresse.

Tableau 24: Point de jonction du F1 et F3 en allant vers le recevoir

Q=F1+F3							
Formules	Q (m ³ /s)	D _{th} (m)	DN _{ret} (mm)	D _{int} (m)	Vitesse (m/s)	Condition de flamant	Vérification
Bresse	0,0067	0,122	125	0,113	0,665	0,713	OUI
Bresse modifié	0,0067	0,151	160	0,1446	0,406	0,745	OUI
Munier	0,0067	0,114	125	0,113	0,665 OK	0,713	OUI

Remarque :

Au regard de ce tableau ces trois (3) formules respectent les conditions de flamant, mais nous avons opté pour le diamètre nominal DN 125 obtenu par la formule de Minier en raison de sa vitesse contrairement la formule de Bresse modifier donne un gros diamètre mais la vitesse est trop faible si on s'en tient à ceci il y aura des dépôts dans le réseau au fil du temps.

Tableau 25: Récapitulatif des différents diamètres

Forages	Q (m ³ /s)	DN _{ret} (mm)	D _{int} (mm)	Vitesse (m/s)
F1	0,0033	DN90/PVC PN10	81,4	0,641
F2	0,0025	DN90/PVC PN10	81,4	0,58
F3	0,0033	DN90/PVC PN10	81,4	0,641
FY (les forages complémentaires)	0,044	DN110/PVC PN10	99,4	0,573
Point de jonction F1 et F3	0,0066	DN110/PVC PN10	99,4	0,573

Remarque :

Dans le souci d'économiser sur le coût des équipements et le respect des conditions de vitesse pour acheminer normalement l'eau vers le réservoir nous avons porté le choix sur un diamètre moins grand. Car plus le diamètre est grand, plus on serait obligé d'en chercher une pompe plus performante pour vaincre l'eau, pu augmenter la puissance du moteur.

❖ **Équipement à l'amont et à l'aval d'une pompe :**

Plusieurs équipements sont installés à l'amont et à l'aval d'une pompe pour garantir son bon fonctionnement et son contrôle. *(Voir le tableau 26 ci-dessous illustre ces différents équipements)*

Tableau 26 : Equipements de contrôle des pompes

Pièce	Rôle
Amont de la pompe : aspiration	
Crépine	Protection de la pompe contre l'entrée de gros éléments
Clapet de pied	Retenue de l'eau dans la conduite pour l'amorçage de la pompe
Convergent dissymétrique	Suppression de zone morte à l'entrée de la pompe
Vanne d'arrêt	Isolement de la pompe pour entretien
Aval de la pompe : refoulement	
Manomètre	Mesure de la pression à la sortie de la pompe
Vanne de refoulement	Isolement de la pompe pour entretien, amorçage de la
Purgeur d'air	Elimination de l'air
Compteur	Evaluation des quantités d'eau refoulées
Clapet anti-retour	Protection de la pompe
Anti-bélier (éventuel)	Protection de l'installation contre les régimes

Source : Zoungrana, 2010, p55 ;

❖ **Protection de la pompe contre le régime transitoire (coup de bélier) :**

Le coup de bélier est un phénomène de variation de la pression. Il consiste en des oscillations de pression, surpressions et dépressions alternatives, provoquées par une modification brusque du régime d'écoulement dans une conduite. Ces oscillations parcourent la conduite d'une extrémité à l'autre en un mouvement d'aller et retour périodique.

V- 3.2 Détermination de la capacité du recevoir :

N'ayant pas connu la répartition horaire des consommations, nous allons utiliser la méthode de dimensionnement simplifiée pour la vérification. Cette méthode stipule qu'il faut un stockage de l'ordre de 30 à 40 % de la consommation journalière de pointe. Nous optons pour une capacité de stockage de

30 % de la consommation du jour de pointe. Ensuite, cette capacité sera associée au réserve incendie. Ainsi :

✚ Volume du recevoir :

Le volume du réservoir est déterminé par la relation suivante

$$V_r = \frac{QP \times 30}{100}$$

✚ Capacité totale :

La capacité totale du réservoir est déterminée par la relation suivante

$$C_t = C_u + \text{réserve incendie}$$

Pour la lutte contre les sinistres, des réserves d'incendie RI : 60 m³ /h pendant deux (02) heures seront installés dans le réseau.

La capacité totale -C_t- du réservoir prendra en compte la réserve incendie soit :

$$C_t = C_u + \text{réserve incendie}$$

$$C_t = 753,88 + 2 \times 60$$

$$C_t = 873,88 \text{ m}^3$$

Nous avons ainsi

Tableau 27: calcul de la capacité du recevoir

Volume	2031
Volume utile (m ³)	753,88
Volume incendie (m ³)	120
V _T (m ³)	873,88

Il faudrait un réservoir ayant une capacité de stockage d'au moins **873,88 m³** à l'horizon du projet. Compte tenu des dispositions constructives, nous allons opter pour la construction d'un réservoir prismatique en béton armé ayant une capacité utile de **900 m³**.

V - 3.3 Site d'implantation du réservoir prismatique :

Le réservoir prismatique de l'AEP de Sabalibougou sera situé dans une zone haute de la localité et soigneusement implanté pour assurer une distribution économique et gravitaire.

La côte TN la plus judicieuse pour l'implantation du réservoir est 380 [m].

V - 3.4 Dimension du réservoir :

La forme du réservoir est cubique avec des dimensions ci-après :

Longueur : 18 m ;

Largeur : 9 m ;

Hauteur : 5,8 m

NB : Ces dimensions ont été choisies pour avoir la forme du réservoir prismatique tout en laissant une certaine marge pour l'épaisseur des murs du réservoir.

V - 4 STRUCTURE DES RESEAUX :

Un système de distribution est souvent décliné en sous réseaux afin de subdiviser ses fonctions principales pour améliorer ses performances. Le choix des conduites composant chacun des sous-réseaux dépend des débits en cause, de la taille du réseau et de l'importance du maillon de conduite dans le fonctionnement du système. Ainsi de façon générales le réseau de distribution est structuré comme suite :

- Les conduites principales (conduites primaires) qui amènent l'eau dans les zones de consommation; il n'y a généralement pas de branchement sur ces conduites ;
- Les conduites de distribution (conduites secondaires) qui amènent l'eau à proximité des points d'utilisation; les branchements sont effectués sur ces dernières ;
- Les conduites de branchement (conduites tertiaires) qui desservent les appareils des ménages.

Les différents sous-réseaux d'un système de distribution sont agencés sous la forme d'un réseau ramifié, un réseau maillé ou un réseau mixte (combinaison des deux) :

V - 4.1 Le réseau ramifié :

Un réseau ramifié est un réseau qui a la même configuration qu'une branche d'arbre dont l'écoulement de l'eau dans les tronçons se fait en sens unique. Ce réseau présente l'avantage d'être économique mais il manque de sécurité (en cas de rupture d'une conduite principale tous les abonnés situés à l'aval seront privés d'eau).

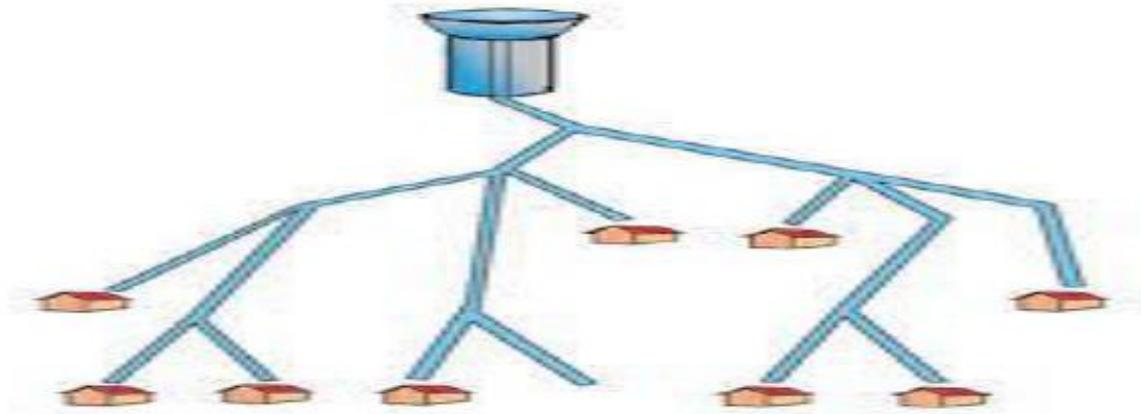


Figure 6: exemple d'un réseau ramifié

V - 4.2 Le réseau maillé :

Un réseau maillé est constitué d'un ensemble de conduites formant des boucles fermées (maille). Son avantage est qu'il est plus sécurisé (en cas de rupture d'une conduite il suffit seulement d'isoler et tous les abonnés situés à l'aval seront alimentés par les autres tronçons). Le réseau maillé est certes sécurisé mais très coûteux.

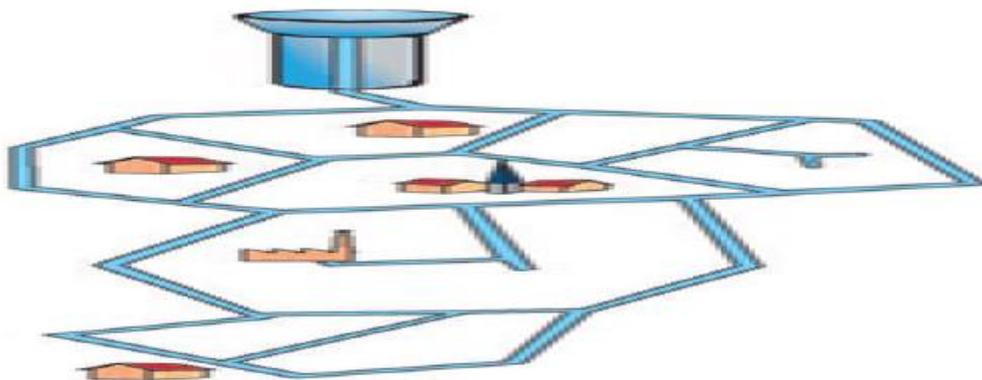


Figure 7: exemple d'un réseau maillé

V - 5 DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION :

Le dimensionnement d'un réseau consiste à déterminer les diamètres de toutes les conduites qui permettent d'assurer un débit suffisant pour l'alimentation des usagers et une pression adéquate qui ne met pas en péril les organes du réseau.

Notons que notre réseau sera de type mixte (maillé et ramifié). Les diamètres seront harmonisés en PVC PN 10. En outre la vitesse de l'eau dans les réseaux sera de l'ordre de 0.3 à 1.5 m/s. Car les faibles vitesses favorisent la formation des dépôts tels que les biophiles, les vitesses trop élevées provoquent un déboitement ou une explosion de la conduite

V - 5.1 Détermination du débit des Bornes fontaines :

Hypothèse de calcul :

Temps de fonctionnement des bornes fontaines : 12 heures par jour ;

Nombre de personnes desservies par borne fontaine : 400 personnes ;

Consommation spécifique (Cs) : 20l/j/personne ;

Distance maximale à parcourir pour atteindre une borne fontaine : 300 m.

Nous avons utilisé cette formule pour déterminer le débit des bornes fontaines

$$Q_{bf} = \frac{CS \times N_{bf}}{3600 \times T_{bf}}$$

Cs : étant la consommation spécifique ;

T_{bf} : le temps de fonctionnement d'une borne fontaine

N_{bf} : nombre de personnes par borne fontaine.

$$Q_{bf} = \frac{20 \times 400}{3600 \times 12} = 0,19 \text{ l/s}$$

On aura un débit de borne fontaine égal à 0,19 l/s mais nous fixons 0,5l /s car de façon générale c'est le débit standard des robinets et de point d'eau soit deux robinets. Ce débit est fixé ainsi pour éviter les longues files d'attentes.

V - 5.2 Détermination du nombre de borne fontaine :

Le nombre de borne fontaine est obtenu avec la relation ci-après :

$$N_{bf} = \frac{P_{2031} \times 40 \%}{N}$$

N_{bf} : Nombre de borne fontaine

P₂₀₃₁ : Population estimée en 2031

N : Nombre d'habitant qui s'approvisionne au Borne fontaine (400 personnes).

$$N_{bf} = \frac{41\,749 \times 40 \%}{400} = 41,7 \text{ soit } 42 \text{ Bornes fontaines.}$$

❖ Débit total des bornes fontaines :

$$Q_{bf} = 0,5 \times 42 = 21 \text{ l/s}$$

V - 5.3 Tracé du réseau :

Le tracé du réseau s'est fait à partir de l'image satellitaire de la zone du projet avec le logiciel Google Earth Pro 2018 puis importé sur Autocad 2018. Le principe du tracé est d'assurer l'accès au réseau des usagers dans les conditions de desserte optimales tout en prévenant les difficultés d'exploitation et d'entretien. Le réseau est constitué au total de Vingt-six (26) tronçons repartis en Cinq (5) mailles, les nœuds sont numérotés de 1 à 29 et Vingt-cinq (25) tronçons d'extension. Il a une longueur totale de 6912 m y compris la longueur de la conduite allant du château au nœud 12. *(Le plan du réseau a été joint à l'annexe 4)*

V - 5.4 Le débit de pointe :

Le dimensionnement des réseaux de distribution se fait toujours en fonction du débit de pointe. Dans le cas, de notre étude nous avons un débit de pointe horaire de 43,62 l/s pour les besoins domestiques et pour les besoins non domestiques un débit de pointe horaire de 8.72 l/s. Le débit de pointe totale est de 52.36 l/s.

V - 5.5 Le débit spécifique :

C'est le débit de pointe pour les besoins domestiques rapporté à la longueur totale du réseau :

$$q_s \text{ (l/s/ml)} = \frac{Q_{ph_domesstique} \text{ (l/s)}}{\sum L \text{ (m)}}$$

Tableau 28 : Calcul de débit spécifique

$\Sigma L(m)$	$Q_{ph-domestique} (l/s)$	$qs (l/s/ml)$	$Q_{ph-non domestique} (l/s)$	$Q_{ph-total} (l/s)$
3793	43,63	0,012	8,73	52,36

V - 5.6 Le débit en route :

Le débit en route est le débit consommé le long d'un tronçon. Il est obtenu par la formule suivante

$$Q_{route} (l/s) = qs \times L_{tronçon} (m)$$

Avec Q_{route} : débit en route

qs : débit spécifique

$L_{tronçon}$: longueur du tronçon

Ce débit est uniformément reparti tout au long du tronçon mais contrairement au débit ponctuel qui est débit prélevé aux nœuds comme les branchements dans des établissements scolaires, administratifs, espace vert etc. ...

V - 5.7 Répartition du débit :

Nous avons préalablement réparti le débit de telle sorte à ne pas avoir un débit négatif qui transite sur une conduite. Ensuite, nous avons formulé l'hypothèse que si une conduite alimente plusieurs conduites, le débit transité par la conduite qui est égal au débit de la conduite moins la demande au nœud, sera réparti entre ces conduites selon le pourcentage de la demande aux nœuds sur la conduite alimentée. Ainsi nous avons pour certaines conduites équitablement réparti au nœud mais pour d'autre, nous avons dû attribuer les pourcentages plus élevés a un nœud pour réduire la demande sur un nœud particulièrement les nœuds des conduites adjacentes. (Voir dans le tableau 29 ci-dessous la répartition des débits du réseau maillé)

Tableau 29: Répartition des débits du réseau maillé

N° Conduite	L (m)	q _{sp} (l/s)	Q _r (l/s)	Côte (m)	Q _{ponctuel} (l/s)	Q _{nœud} (l/s)	Nœud
2	287	0,012	3,301	357	0,5	3,363	1
5	160	0,012	1,840	345	0,4	5,071	2
8	85	0,012	0,978	348	0,2	1,928	3
9	118	0,012	1,357	349	0,2	2,193	4
10	27	0,012	0,311	351	0,2	2,655	5
11	188	0,012	2,163	362	0,4	2,119	6
12	46	0,012	0,529	360	1	2,796	7
13	44	0,012	0,506	360	0,12	4,105	8
14	320	0,012	3,681	355	0,33	2,782	9
15	185	0,012	2,128	349	0,12	0,120	10
16	117	0,012	1,346	362	0,4	2,423	11
17	61	0,012	0,702	366	0,12	2,532	12
18	394	0,012	4,532	359	0,33	3,256	13
28	60	0,012	0,690	357	0,33	2,165	14
29	143	0,012	1,645	357	0,33	2,130	15
30	238	0,012	2,738	355	0,12	2,173	16
31	279	0,012	3,209	354	0,33	1,985	17
33	71	0,012	0,817	353	0,5	1,823	18
34	128	0,012	1,472	355	0,12	3,292	19
35	71	0,012	0,817	359	0,4	2,413	20
36	74	0,012	0,851	358	0,33	2,529	21
39	122	0,012	1,403	355	0,1	1,151	22
40	191	0,012	2,197	353	0,12	1,451	23
42	115	0,012	1,323	356	0,4	0,400	24
43	113	0,012	1,300	355	0,35	0,350	25
46	27	0,012	0,311	354	0,12	0,120	26
51	129			353	0,4	0,4	27
				353	0,12	0,12	28
				354	0,33	0,33	29

 *Calcul des débits fictifs :*

$$Q_f = 0,55 * Q_e + 0,45 * Q_s$$

Q_f : débit fictif dans le tronçon considéré en (l/s)

Q_e : débit d'entrée du tronçon en (l/s)

Q_s : débit de sortie du tronçon en (l/s)

Tableau 30 : Calcul du débit de réseau ramifié

Tronçons	Q _{entrant} (l/s)	Q _{sortant} (l/s)	Q _f (l/s)
1	3,36	0,61	2,12
3	5,07	1,01	3,24
4	5,07	2,40	3,86
6	1,92	0,73	1,38
19	2,78	0,46	1,73
20	1,58	0,91	1,27
21	1,46	1,14	1,31
22	1,13	0,73	0,95
23	0,12	0,10	0,11
24	0,12	0,12	0,12
25	0,33	0,20	0,27
26	0,4	0,40	0,40
27	0,4	0,30	0,36
38	2,17	0,83	1,57
37	1,82	0,58	1,26
44	1,45	0,98	1,24
45	1,15	0,52	0,87
47	0,40	0,40	0,40
48	0,35	0,35	0,35
49	0,35	0,35	0,35
50	0,40	0,40	0,40
41	1,15	0,96	1,07
32	2,41	1,61	2,05
7	1,92	0,59	1,33

V - 5.8 Calage du réseau :

Après avoir déterminé les débits transitant dans chaque tronçon, l'étape suivante est le calcul des diamètres des conduites du réseau, des débits corrigés sur les tronçons avec la loi de HARDY CROSS, ainsi que les pressions aux nœuds et les vitesses. Après calage du réseau suites à plusieurs itérations, les vitesses seront comprises entre 0,3 et 1,5 m/s et les pressions aux nœuds varient de 16 à 33 m.

✚ Loi de HARDY CROSS :

Elle permet de calculer les débits corrigés sur les tronçons qui représentent le débit réel qui circulent sur les tronçons.

$$Q_{\text{corrigé}} = dq + Q_{\text{tronçon}}$$

$$dq = \frac{\sum \Delta H}{-2 \sum \frac{\Delta H}{Q}}$$

✚ Calcul du diamètre théorique :

$$D_{\text{th}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

Avec $v = 1$

✚ Calcul des pertes de charge :

$$\frac{10.29 \cdot Q \cdot |Q| \cdot L}{Ks^2 \cdot Dint^{\frac{16}{3}}}$$

Avec $ks : 120$

✚ Calcul de la vitesse :

$$V \text{ (m/s)} = \frac{4 \cdot Q \text{ (m}^3\text{/s)}}{\pi \cdot Dint^2}$$

✚ Calcul des pertes de charge :

La perte de charge notée ΔH désigne la perte d'énergie progressive que connaît un fluide en écoulement. Elle est due notamment à la résistance causée par la rugosité des parois des canalisations lors du transit : les pertes de charges linéaires (ΔH_l) et aux singularités sur le réseau : les pertes de charges singulières (ΔH_s).

✚ Pertes de charge linéaires :

Les pertes de charges linéaires seront calculées avec la formule de **MANNING-STRICKLER** sous la forme de la formule de **CALMON-LECHAPT** :

$$\Delta H = \frac{10.29 * Q^2 * L}{Ks^2 * Dint^{\frac{16}{3}}} = a * l * Q^n * D^{-m}$$

Avec : $a = 10,294 / 120^2$; $n = 2$; $m = 16/3$

✚ Pertes de charges singulières :

Pertes de charge singulière = 10% des pertes de charges linéaires

Les pertes de charges totales : $\Delta H = 1,1 * J$

✚ Calcul des charges aux nœuds avals :

Pour la détermination des charges nous avons considéré la hauteur du recevoir comme étant nulle.

$$H_i (m) = Z_r (m) + h_r (m) + \sum_i^{reser} \Delta H (m)$$

✚ Calcul des pressions au nœud aval :

Le calcul des pressions au nœud aval est obtenu par la formule suivante :

$$P_i (m) = H_i (m) - Z_i (m)$$

La côte minimale exploitable ou côte imposée pour les ramifications

Elle est calculée grâce à la formule ci-après :

$$Z_{mine} = \text{Côte TN aval} + J + P_{mine}$$

Avec :

Côte aval TN : côte du terrain naturel du point aval en (m)

J : pertes de charges dans la conduite en (m)

P_{mine} : pression minimale en (m)

$$P(m) = P_{Z_{mine} \max} - \text{Côte TN aval} - \Sigma J$$

Tableau 31 : Dimensionnement du réseau maillé

N° Maille	Nom du Tronçon	D [m]	L [m]	Q [m³/s]	V [m/s]	a l / D ^m	ΔHi	ΔHi/Qi	dq [m³/s]	Q + dq
1	1_2	0,0570	287	-0,001	0,45	8,86E+05	-1,28474705	1,12E+03	5,62E-04	-0,001
	2_8	0,0994	320	0,005	0,64	5,09E+04	1,37176603	2,77E+02	5,62E-04	5,51E-03
	8_7	0,1266	44	-0,013	1,06	1,93E+03	-0,38073913	2,84E+01	5,62E-04	-1,28E-02
	7_6	0,0814	46	0,004	0,83	2,12E+04	0,43423781	1,01E+02	5,62E-04	4,74E-03
	6_5	0,0814	188	0,002	0,36	8,68E+04	0,3398826	1,80E+02	5,62E-04	2,32E-03
	5_4	0,1446	118	-0,020	1,21	2,54E+03	-1,10408537	5,56E+01	5,62E-04	-1,93E-02
	4_3	0,1446	85	-0,022	1,34	1,83E+03	-0,98054303	4,44E+01	5,62E-04	-2,15E-02
	3_1	0,1446	160	-0,011	0,68	3,45E+03	-0,47181629	4,23E+01	5,62E-04	-1,06E-02
							-2,07604443	1,85E+03		
2	5_6	0,0814	188	-0,002	0,36	8,68E+04	-0,3398826	1,80E+02	1,32E-04	-2,32E-03
	6_7	0,0814	46	-0,004	0,79	2,12E+04	-0,39896208	9,65E+01	1,32E-04	-4,56E-03
	7_11	0,0678	185	-0,001	0,35	2,26E+05	-0,40125712	3,16E+02	1,32E-04	-1,14E-03
	11_13	0,1266	61	-0,011	0,85	2,67E+03	-0,33832838	3,15E+01	1,32E-04	-1,05E-02
	13_9	0,1446	394	0,011	0,69	8,49E+03	1,21060158	1,06E+02	1,32E-04	1,15E-02
	9_5	0,0678	27	0,001	0,36	3,30E+04	0,06224409	4,76E+01	1,32E-04	1,44E-03
								-0,20558451	7,78E+02	

N° Maille	Nom du Tronçon	D [m]	L [m]	Q [m³/s]	V [m/s]	a l / D ^m	ΔHi	ΔHi/Qi	dq [m³/s]	Q + dq
3	12_11	0,1446	117	0,012	0,74	2,52E+03	0,4040892	3,35E+01	-8,44E-05	1,20E-02
	13_11	0,1446	61	0,021	1,29	1,31E+03	0,64973795	3,06E+01	-8,44E-05	2,10E-02
	13_14	0,1130	60	0,005	0,46	4,82E+03	0,11327916	2,45E+01	-8,44E-05	4,54E-03
	14_19	0,1266	238	0,008	0,66	1,04E+04	0,79718449	9,56E+01	-8,44E-05	8,26E-03
	19_20	0,1130	71	-0,003	0,31	5,70E+03	-0,06083562	1,95E+01	-8,44E-05	-3,20E-03
	20_12	0,0994	279	-0,006	0,79	4,44E+04	-1,81874271	2,98E+02	-8,44E-05	-6,19E-03
							0,08471246	5,02E+02		
4	19_14	0,1266	238	-0,008	0,66	1,04E+04	-0,79718449	9,56E+01	-6,85E-06	-8,26E-03
	14_15	0,1808	27	0,019	0,73	1,77E+02	0,06917011	3,67E+00	-6,85E-06	1,89E-02
	15_16	0,2034	143	0,021	0,65	4,99E+02	0,24210365	1,15E+01	-6,85E-06	2,10E-02
	16_17	0,1446	71	0,006	0,35	1,53E+03	0,05628293	9,73E+00	-6,85E-06	5,78E-03
	17_19	0,0994	128	0,004	0,57	2,04E+04	0,43262534	9,84E+01	-6,85E-06	4,40E-03
							0,00299753	2,19E+02		
5	19_17	0,0994	128	-0,004	0,57	2,04E+04	-0,43262534	9,84E+01	-7,48E-06	-4,40E-03
	17_18	0,1808	74	0,014	0,56	4,84E+02	0,11086568	7,68E+00	-7,48E-06	1,44E-02
	18_23	0,1266	122	0,006	0,48	5,34E+03	0,21542711	3,56E+01	-7,48E-06	6,05E-03
	23_22	0,0814	113	0,002	0,32	5,22E+04	0,16268098	9,66E+01	-7,48E-06	1,68E-03
	22_21	0,0570	115	-0,001	0,26	3,55E+05	-0,16583752	2,54E+02	-7,48E-06	-6,59E-04
21_19	0,0994	191	0,002	0,24	3,04E+04	0,11780489	6,27E+01	-7,48E-06	1,87E-03	
							0,00831582	5,56E+02		

Diagnostic et plan de développement du système d'alimentation en eau potable dans la commune V du District de Bamako : Cas de Sabalibougou

<i>H_{amont}</i>	<i>H_{aval}</i>	Zaval [m]	Paval [m]	Dth(m)	DN ret (m)	Nature / PN 10	<i>N° Maille</i>
379,0	380,3	357	23,27	0,0362	63	PVC	1
380,3	378,9	355	23,88	0,0952	110	PVC	
378,9	379,3	362	17,23	0,1196	140	PVC	
379,3	378,9	360	18,82	0,069	90	PVC	
378,9	378,5	351	27,50	0,0977	90	PVC	
378,5	379,6	349	30,54	0,1501	160	PVC	
379,6	380,6	348	32,50	0,1591	160	PVC	
380,6	379,0	345	33,97	0,1069	160	PVC	
378,5	378,9	362	16,84	0,0977	90	PVC	2
378,9	379,2	360	19,22	0,069	90	PVC	
379,2	379,7	362	17,64	0,1144	75	PVC	
378,6	378,9	359	19,90	0,1154	140	PVC	
378,9	377,7	350	27,70	0,1709	160	PVC	
377,7	378,5	351	27,50	0,128	75	PVC	

<i>H_{amont}</i>	<i>H_{aval}</i>	Zaval [m]	Paval [m]	Dth(m)	DN ret (m)	Nature / PN 10	<i>N° Maille</i>
379,7	379,2	362	17,22	0,1725	160	PVC	3
379,2	378,6	359	19,52	0,1633	160	PVC	
378,6	378,5	357	21,48	0,1423	125	PVC	
378,5	377,7	355	22,67	0,1254	140	PVC	
377,7	377,8	359	18,75	0,102	125	PVC	
377,8	379,7	350	29,62	0,0812	110	PVC	
377,8	377,7	357	20,67	0,1255	140	PVC	4
377,7	377,6	357	20,59	0,1824	200	PVC	
377,6	377,4	355	22,36	0,1897	225	PVC	
377,4	377,3	354	23,32	0,1288	160	PVC	
377,3	377,8	355	22,73	0,0978	110	PVC	
377,8	378,2	354	24,17	0,0978	110	PVC	5
378,2	378,1	353	25,06	0,1537	200	PVC	
378,1	377,9	353	24,85	0,1139	140	PVC	
377,9	377,7	355	22,69	0,0861	90	PVC	
377,7	377,9	358	19,86	0,0666	75	PVC	
377,9	377,8	355	22,75	0,0875	110	PVC	

Remarque :

Au regard de ce tableau, nous remarquons que les vitesses dans le réseau maillé sont acceptables mais contrairement au niveau de la maille numéro 5 ou il y a deux conduites dont les vitesses sont légèrement faible. Ce faible chute de la vitesse est due à un remplacement du diamètre DN 50 mm supposer être retenu contre un diamètre DN 57 mm car plus le diamètre est gros la vitesse a tendance à être faible et les pertes de charges seront faibles, contrairement plus la section du diamètre est faible les vitesses augmentes et les pertes de charges augmentes. La pression aval de chaque nœud varie respectivement 16,84 mCE à 33,97 mCE.

Tableau 32 : dimensionnement du réseau ramifié

Tronçons	L (m)	Q (m ³ /s)	Dth	Dint	DN	J(m) sur tronçons	RεJX	TN(m)	Pmine en X(m)	Zmine (m)	P en X(m)	V
			(m)	(m)	(mm)			aval				(m/s)
R_12	129	0,052	0,258	0,285	315	0,225	0,225	366	10	376,22	11,545	0,82
1 - L	81	0,002	0,052	0,057	63	1,236	1,236	340	10	351,24	36,534	0,83
3 - M	97	0,001	0,042	0,057	63	0,627	0,627	344	10	354,63	33,143	0,54
3 - P	54	0,001	0,041	0,057	63	0,324	0,324	348	10	358,32	29,446	0,52
9_10	61	0,002	0,047	0,057	63	0,620	0,620	349	10	359,62	28,15	0,68
10_26	120	0,001	0,040	0,057	63	0,657	1,277	354	10	365,28	22,493	0,50
26 - 28	96	0,001	0,035	0,057	63	0,294	1,896	353	10	364,90	22,874	0,37
28 - I	81	0,000	0,012	0,057	63	0,004	1,900	350	10	361,90	25,87	0,05
28 - H	91	0,000	0,012	0,057	63	0,004	1,900	354	10	365,90	21,87	0,04
26 - 29	150	0,001	0,041	0,127	140	0,012	1,289	354	10	365,29	22,481	0,10
29 - 27	51	0,000	0,019	0,127	140	0,000	1,289	353	10	364,29	23,481	0,02
27 - Q	114	0,011	0,117	0,127	140	0,631	1,920	352	10	363,92	23,85	0,85
27 - G	200	0,011	0,117	0,127	140	1,106	2,396	351	10	363,40	24,374	0,85
16 - A	110	0,008	0,100	0,113	125	0,594	0,594	353	10	363,59	24,176	0,78
18 - F	76	0,005	0,083	0,099	110	0,386	0,386	352	10	362,39	25,384	0,69
23 - B	130	0,003	0,061	0,068	75	1,484	1,484	349	10	360,48	27,286	0,81
22 - 24	69	0,001	0,033	0,057	63	0,177	0,177	356	10	366,18	21,593	0,34
24 - 25	76	0,000	0,023	0,057	63	0,041	0,219	355	10	365,22	22,551	0,16
24 - C	196	0,000	0,023	0,057	63	0,106	0,284	360	10	370,28	17,486	0,16
25 _ D	196	0,000	0,021	0,057	63	0,082	0,300	358	10	368,30	19,47	0,14
25 _ E	274	0,000	0,021	0,057	63	0,114	0,332	356	10	366,33	21,438	0,14
21 _ K	198	0,001	0,037	0,057	63	0,770	0,770	367	10	377,77	10	0,42
20 _ J	146	0,002	0,051	0,057	63	2,083	2,083	365	10	377,08	10,687	0,80
2 _ N	318	0,004	0,070	0,081	90	2,405	2,405	361	10	373,40	14,365	0,74
2 _ O	134	0,003	0,064	0,068	75	1,893	1,893	356	10	367,89	19,877	0,90

Remarque :

Après calcul nous remarquons que 95 % des conduites ont une vitesse acceptable et le 5 % à une vitesse légèrement faible. La pression minimale est de l'ordre de 10 mCE et la pression maximale atteint 36,53 mCE. Ce qui pourrait favoriser la bonne desserte vu qu'il ya moins de haut standing.

V - 6 CHOIX DE TYPE DE CONDUITE :

Dans le but du bon choix de type de matériau ; on prend en compte les paramètres suivants :

- Le diamètre ;
- La disponibilité de ce dernier sur le marché ;
- Le prix ;
- La durée de vie du matériau ;
- La pression du service à supporter par le matériau ;
- Les conditions de pose ;

Dans notre cas nous avons opté pour les conduites en PVC, car c'est un matériau qui est moins cher et sa réparation ne requière pas un manœuvre qualifié.

Tableau 33 : Récapitulatif de la longueur du réseau d'adduction

DN	90	125	110
Longueur (m)	460,53	366	100
Totale	926,53		

Tableau 34 : Récapitulatif de la longueur du réseau distribution

DN	63	75	90	110	125	140	160	200	225	315
Longueur (m)	2123	591	665	994	241	980	945	101	143	129
Totale	6912									

V - 7 MODE DE POSE DES CANALISATIONS :

Les conduites seront enterrées afin d'éviter l'encombrement des voies de communication, et prévenir leur écrasement par des charges trop lourdes, et par les chocs. En plus cela permet de les protéger contre

l'ensoleillement, le réchauffement de l'eau et les variations de température.

La profondeur et la largeur minimale des tranchées sont données par les formules ci-dessous :

$$H_{\min} \geq 0,50m + D_{\text{ext}}$$

$$L_{\min} \geq 0,40m + D_{\text{ext}}$$

Avec H_{\min} = Profondeur minimale de la tranchée

D_{ext} = Diamètre extérieur de la conduite ; L_{\min} = Largeur minimale

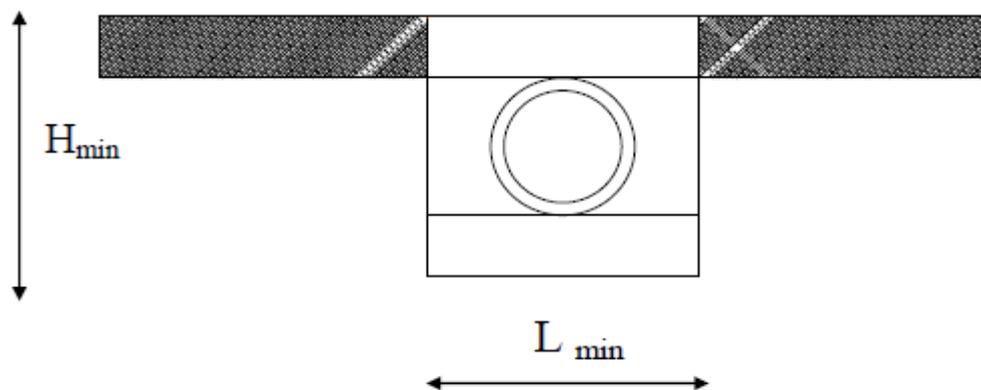


Figure 8 : Profil en travers d'une conduite enterrée

V - 8 AVANT METRE :

Les travaux à réaliser peuvent être regroupés en Cinq grandes phases :

1^{er} phase : Adduction

- Réalisation de 6 nouveaux forages de 16m³ chacun
- Fourniture et installation des Electropompes
- Réservoir en béton armée de 900 m³ et accessoires
- Fourniture et pose de PVC PN10- ϕ 90 ; ϕ 110 ; ϕ 125 ;

2^{eme} phase : Distribution

- Fourniture et pose de PVC PN10- ϕ 63 ; ϕ 75 ; ϕ 90 ; ϕ 110 ; ϕ 125 ; ϕ 140 ; ϕ 160 ; ϕ 200 ; ϕ 225 ; ϕ 315 ;
- Réalisation de bornes fontaines
- Equipement et pièces Hydrauliques spéciaux (vannes, Té, coudes etc.,)

3^{eme} phase : Traitement

- Chlore et accessoires

4^{eme} phase : Constriction du local gardien

5^{eme} phase : Fourniture et installation de groupe électrogène comme source alternative.

VI - ETUDE FINANCIERES – ETUDE DES COUTS :

VI – 1 INVESTISSEMENTS :

Les investissements correspondent au coût de l'ensemble des travaux de réalisation des ouvrages et de pose des équipements hydrauliques soit une somme de **794 303 974 FCFA TTC** (Sept cent quatre-vingt-quatorze millions, trois cent trois mille, neuf cent soixante-quatorze francs CFA).

(Voir le calcul détaillé dans le tableau 35)

Tableau 35 : Récapitulatif du devis d'investissements: Récapitulatif du devis d'investissements

N°	DESIGNATION	UNITES	QUANTITES	PU(CFA)	PT(CFA)
1	Adduction				
2	Réalisation de 8 nouveaux forages de 12m3 chacun	Ens	8	6 500 000	52000000
3	Fourniture et installation des Electropompes	U	8	2 500 000	20000000
4	Réservoir en béton armée de 900 m3 et accessoires	Ens	1	400 000 000	400 000 000
5	Fourniture et pose de PVC PN10- DN90	ml	460,53	6000	2763180
6	Fourniture et pose de PVC PN10- DN125	ml	366	7 000	2562000
7	Fourniture et pose de PVC PN10- DN250	ml	100	13 000	1300000
8	Equipement et pièces Hydrauliques spéciaux (vanne, Té, coude etc.)	Ens	1	13 000 000	13000000
9	S/Total I				491625180
10	Distribution				
11	Fourniture et pose de PVC PN10- DN63	ml	2123	3 600	7642800
12	Fourniture et pose de PVC PN10- DN75	ml	591	5 500	3250500
13	Fourniture et pose de PVC PN10- DN90	ml	665	6 000	3990000
14	Fourniture et pose de PVC PN10- DN110	ml	994	6 250	6212500
15	Fourniture et pose de PVC PN10- DN125	ml	241	7 000	1687000
16	Fourniture et pose de PVC PN10- DN140	ml	980	8 500	8330000
17	Fourniture et pose de PVC PN10- DN160	ml	945	10 000	9450000
18	Fourniture et pose de PVC PN10- DN200	ml	101	11 000	1111000
19	Fourniture et pose de PVC PN10- DN225	ml	143	12 000	1716000
20	Fourniture et pose de PVC PN10- DN315	ml	129	15 000	1935000
21	Realisation de bornes fontaines	Ens	42	800 000	33600000
22	Equipement et pièces Hydrauliques spéciaux (vannes,Té, coudes etc.)	Ens	1	22 000 000	22000000
23	S/Total II				100924800
24	Traitement				
25	chlure et accessoires	Ens	1	10 000 000	10000000
26	S/Total III				10000000
27	Construction du local gardien				
28	Local gardien	Ens	1	3 000 000	3000000
29	S/Total IV				3000000
30	Energie				
31	Fourniture et installation de groupe électrogène	Ens	1	15 000 000	15000000
32	S/Total V				15000000
33	Prix HT				620549980
33	Imprévues (10 %)				62054998
33	Taxe à valeur ajoutée (TVA) 18 %)				111698996
33	Prix TTC				794 303 974

VI – 2 PRIX DU METRE CUBE D’EAU :

Le prix du mètre cube d'eau est obtenu par la formule suivante :

$$\text{Pr} = \frac{\text{A} + \text{I} + \text{C}}{\text{V}}$$

Avec :

Pr : Prix de revient du m³ d'eau [FCFA/m3]

A : Amortissement des équipements à l'horizon du projet

I : Investissements

C : Charge d'exploitation

V : Volume d'eau à l'échéance du projet

VI – 3 CHARGES D’EXPLOITATION :

Elles totalisent les dépenses de fonctionnement du système. Ce sont entre autres les salaires du personnel de gestion et le coût d'électricité. Les charges d'exploitation sont évaluées à **1 333 800 000 F CFA** (Un milliards trois cent trente-trois millions, huit cent mille francs CFA).

Tableau 36 : Récapitulatif des Charges d'exploitation

N°	Désignation	Nombres	Prix mensuel	Prix annuel	Salaires /10 ans
1	Chef d'agence	1	250 000	3000000	30000000
2	Ingénieur	1	250 000	3000000	30000000
3	Techniciens	2	125 000	3000000	30000000
4	Releveur	2	75 000	1800000	18000000
5	Comptable	1	150 000	1800000	18000000
6	Fontainiers	42	20 000	10080000	100800000
7	Gardiens	2	50 000	1200000	12000000
8	Coût d'électricité	forfait	300 000	109 500 000	1095000000
	Total				1333800000

VI – 4 AMORTISSEMENT DES EQUIPEMENTS :

Les coûts d'amortissements sont évalués à **24 813 143 FCFA** (Vingt-quatre millions, huit cent treize mille, cent quarante-trois francs CFA).

Tableau 37 : coût d'amortissement

N°	DESIGNATION	Montant d'investissement (FCFA)	Amortissement (FCFA)
1	Pompes	20000000	2000000
2	Bornes fontaines	33600000	3360000
3	Forage	52000000	5200000
4	Château d'eau	400 000 000	6666667
5	Conduites et accessoires	89729530	4486477
6	Ouvrage de génie civil	3000000	100000
7	Groupe électrogène	30000000	3000000
8	TOTAL	628329530	24813143

Le coût total du projet a été estimé à **2 152 917 117 FCFA** (Deux Milliards, cent cinquante-deux-millions, neuf cent dix-sept milles, cent dix-sept FCFA) toutes taxes comprises.

VI – 5 LE VOLUME D’EAU PRODUIT EN 10 ANS :

Le volume d'eau produit à l'horizon du projet est obtenu par la formule suivante :

$$V = \text{Besoin journalier}_{2031} * 365 \text{ jrs} * 10 \text{ ans}$$

$$= (2512,94 \times 365 \times 10). = \mathbf{9\ 172\ 231\ m^3}$$

On estime le prix de revient = **234,72 FCFA/ m³**

Aboutissement : Le coût de revient de l'eau est de **234,72 FCFA** le mètre cube d'eau. En tenant compte de la rentabilité, le prix de vente sera fixé à **300 FCFA** sur tout le réseau de l'AEP de Sabalibougou. La barrique de 200 litres à **80 FCFA**, la bassine de 30 litres **15 FCFA**, le bidon de 25 litres à **10 FCFA** et le sceau de 15 litres à **5 FCFA**.

VII - NOTICE D’IMPACT ENVIRONNEMENTAL :

Tout projet d'AEP entraîne une modification de l'écosystème, ces modifications peuvent engendrer des impacts négatifs et positifs. Dans le cadre de notre projet, il est indispensable d'en tenir compte lors de la réalisation et l'exploitation afin d'appliquer un certain nombre de mesure pour les préserver. Nous allons identifier les impacts prévisionnels sur l'environnement et proposer des mesures d'atténuations sur les effets néfastes et de bonifications sur les aspects positifs. *(Voir dans l'annexe 13 identification des impacts prévisionnels sur l'environnement)*

❖ **Description des différents impacts énumérés :**

✚ **Impact sur la flore et la faune :**

On peut constater la disparition de certains arbres pendant la phase de réalisation et cela occasionnera le déplacement de certains reptiles (serpents, margouillats..) et certains oiseaux (tourterelles, pluvier ...)

✚ **Impact sur le sol :**

Pendant la phase de construction, les activités d'exécution des fouilles pour la pose des conduites, le terrassement, ainsi que le décapage occasionneront la perturbation des horizons des sols et notamment la terre végétale des couches supérieures.

✚ **Impact sur les ressources en eau :**

On peut constater une forte pression exercé sur la ressource en eau lors de la réalisation des ouvrages ou un déversement accidentel de déchets dangereux tels que les résidus d'hydrocarbures et huiles usagées sont susceptibles d'occasionner la détérioration de l'eau lors des ruissellements.

✚ **Impact sur l'air :**

Les émissions de gaz (poussière et fumées) produits par les engins lourds sur les voies non bitumées, occasionneront la mise en suspension des particules de poussière. En suite les éventuelles ordures ménagères générées par le personnel du site pourraient être source de nuisances olfactives et entrainer une pollution atmosphérique avec l'envol des ordures.

✚ **Impacts sur les conditions socio-économiques :**

La réalisation du projet entrainera :

- des effets économiques directs et indirects sur les bénéficiaires (création d'emplois spécifiques dans les métiers de l'eau et développement de filières d'approvisionnement)
- La réduction des dépenses de santé des ménages (eau potable en lieu et place d'eau de puits) due à l'amélioration de la situation sanitaire de la population ;

❖ **Mesures d'atténuation sur les effets néfastes et de bonifications sur les aspects positifs :**

(Voir tableau 38 ci-dessous)

Tableau 38 : Impacts environnementaux et sociaux négatifs et mesures d'attention

Eléments du milieu	Impacts	Mesures
Sols	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Dégradation et exposition du sol à l'érosion hydrique ✚ Pollution accidentel du sol par des huiles usagées 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Remblayer correctement le périmètre de pose de conduite ✚ Gestion des huiles usagées, résidus d'hydrocarbures et maintenance des voitures
Air	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Dégradation de la qualité de l'air suite aux émissions de gaz et de poussière 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Faire correctement la maintenance du matériel roulant et utiliser des carburants conformes aux normes de qualité ✚ Arroser systématique de la piste d'accès et de l'emprise des zones de circulation
Eau	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Pollution des eaux de surface par les déchets et déblais 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Disposition des bacs a ordure sur le chantier
Risque	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Risque d'accident professionnel 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Se conformer à la réglementation en matière de sécurité sur le chantier

Tableau 39: Impacts environnemental et sociaux positifs et mesure de bonifications

Eléments du milieu	Impacts	Mesures
Cadre de vie	Amélioration du cadre de vie	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Diminution des maladies hydrique ayant pour cause la consommation d'eau non potable et provenant de source non amélioré ; ✚ Contribution à l'atteinte des objectifs fixés par le gouvernement
Emploi et l'économie	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Création d'emplois ✚ Création des recettes 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Privilégier la main d'œuvre locale à compétence égale ; ✚ Entrée des devises à l'état par les prélèvements de la taxe sur le TVA avec la commande des équipements

VIII - CONCLUSION :

Au terme de cette étude, il ressort que le système d'alimentation d'eau potable mise en place n'est plus en mesure de satisfaire les besoins de la population. Cette insuffisance s'explique d'une part par une vétusté du réseau de distribution avec des pertes considérables et d'autre part par une forte urbanisation. A cet effet il a été préconisé de redimensionner le système d'AEP et proposer un plan de développement optimal afin de pallier aux problèmes. Ce projet permettra de desservir plus 41 milles personnes répondant ainsi à l'insuffisance d'eau observée suite à des pannes récurrentes et l'accroissement de la population jusqu'à l'horizon 2031. En tenant compte des problèmes soulignés par rapport à la source d'alimentation des équipements, un groupe électrogène prendra la relève en cas de délestage de l'électricité fourni par EDM. Le coût total du projet a été estimé à **2 152 917 117 FCFA** (Deux Milliards, cent cinquante-deux-millions, neuf cent dix-sept milles, cent dix-sept FCFA) toutes taxes comprises.

Enfin, il faut signaler que le développement de ce thème a été conditionné par plusieurs contraintes, la plus importante étant de non disponibilité des données et le manque du plan.

IX - RECOMMANDATIONS :

Dans notre étude, des recommandations sont énoncées afin d'assurer une meilleure continuité du service :

- Analyser la qualité des eaux (paramètres physico chimiques et bactériologiques..),
- Impliquer davantage les bénéficiaires à la réalisation et à la gestion des ouvrages ;
- Réaliser un nouvel essai de pompage pour les anciens forages afin de connaître leur débit réel et les comparer aux hypothèses que nous avons fait.
- Comparer le coût du système solaire, thermique et l'électricité fournie par l'EDM afin de faire un choix plus rationnel ;
- Planifier un suivi rigoureux de la maintenance et du contrôle des ouvrages (des vannes, vidanges, ventouses etc..).

X - BIBLIOGRAPHIE :

- DRPSIAP. (2018) .Population par quartier de la commune V de Bamako
- INSTAT .(2019). Rapport sur les projections démographiques des communes du Mali.Bamako
- ZOUNGRANA.D (2010) . Cours d'Approvisionnement en Eau Potble (Ecole Inter –Etats Ingenieurs de l'Equipement Rural)
- OUADRAOGO .M (2ie). Diagnostic des réseaux d'AEP
- DERYAM.O (2017). Mémoire master 2, le diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Koudougou ;
- BOIRE.S (2007). Rapport de la Stratégie Nationale de Développement de l'Alimentation en Eau Potable au Mali (Ministère des Mines de l'Energie et de l'Eau)
- PDESC : Programme de développement économique social et culturel de la commune V de Bamako (2016 2020) ;
- MINOUGOU W. W. (2016). Mémoire de master 2.Etude diagnostic du système d'AEP de la ville de Yako au Burkina Faso et proposition technique d'amélioration.
- Projet intégrateur, IRH (2020). Projet de viabilisation d'une cite de logement de (OUAGA SUD1)
- www.documentation.2ie-edu.org;

XI - LISTE DES ANNEXES :

ANNEXE 1 : Fiche d'enquete

ANNEXE 2 : Quelques photos des ouvrages lors de la visite

ANNEXE 3 : Les équipements du système d'adduction

ANNEXE 4 : Plan du nouveau réseau de distribution

ANNEXE 5 : Organigramme de la Direction Régionale de l'Hydraulique du District de Bamako

ANNEXE 6 : Carte de localisation de Bamako et ces différentes communes

ANNEXE 7 : Plan des bornes fontaines

ANNEXE 8 : Plan manifold ou type de tête de forage

ANNEXE 9 : Schéma d'un recevoir prismatique en béton armé

ANNEXE 10 : Plan du local gardien

ANNEXE 11 : Lettre adressé à la DNH par le maire de la commune V

ANNEXE 12 : Liste des participants à la réunion de la mairie de la commune V

ANNEXE 13 : Notice d'impact environnemental

ANNEXE 1 : Fiche d'enquête

FICHE D'ENQUETE

I. Identification du chef de ménage

Secteur :

1. Nom

2. Prénom

3. Sexe :

1= M 2= F

4. Situation matrimoniale :

1= Marié 2= Célibataire 3= Divorcé 4= Veuf / Veuve

5. Nombre de personnes dans le ménage

1= Moins de 5 2= De 5 à 10 3= Plus de 10

6. Religion

1= Musulman 2= Chrétien 3= Animiste

II. Bésoin en eau potable , capacité à payer le service de l'eau et les fuites

7. Quelles sont vos sources d'approvisionnement en eau ?

1= Puits ; 2= PMH ; 3= BF 4= BS ; 5= BS et BF 6= SOMAGEP

8. L'approvisionnement en eau potable sont-elles permanemment ?

1= Oui 2= Non

9. Avez-vous un branchement particulier ?

1= Oui 2= Non

10. Si oui depuis combien d'année ?

11. Sinon voulez-vous en disposé ?

1= Oui 2= Non

12. Quel type de Branchement voulez-vous ?

1= BF 2= BP

13. Quelle est votre appréciation par rapport à la qualité de l'eau ?

1= Bonne 2= Moins bonne 3= Mauvaise

14. Etes-vous à mesure de payer le service de l'eau ?

1= Oui 2= Non

15. Sinon pourquoi (à Préciser)

1= Pas d'argent 2= Branchement éloigné

16. Constatez-vous souvent des fuites sur le réseau ?

1= Oui 2= Non

17. Si oui, les fuites sont-elles réparées à temps ?

1= Oui 2= Non

18. Quels sont vos besoins prioritaires en eau ?

1= Travaux ménagers 2= Usage commercial (Préparation, boisson etc.)

ANNEXE 2 : Quelques images des ouvrages lors de la visite





ANNEXE 3 : Les équipements du système d'adduction



Crépine



Clapet anti-retour



Ventouse



Vanne de sectionnement

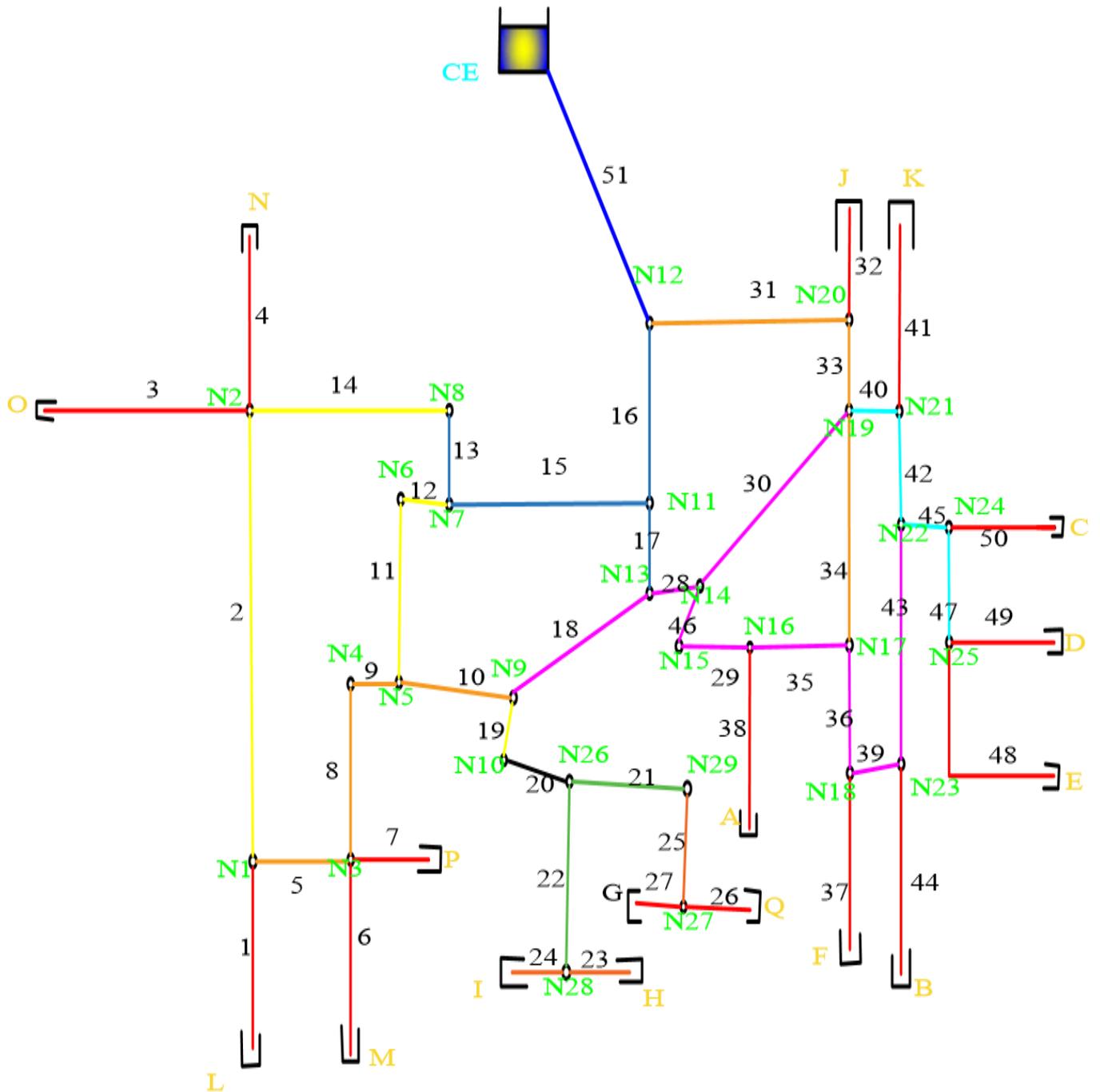


Vanne opercule

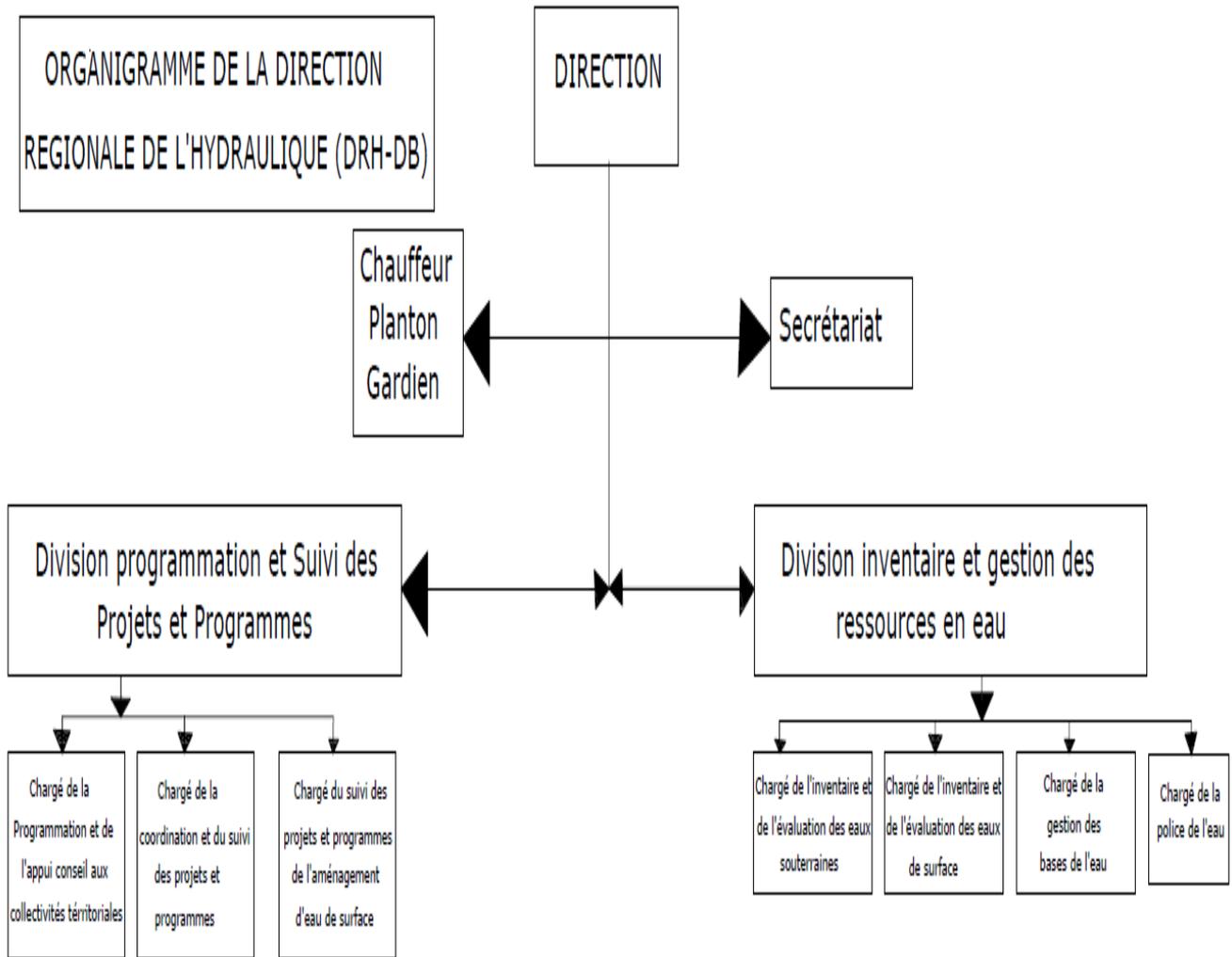


Vanne papillon

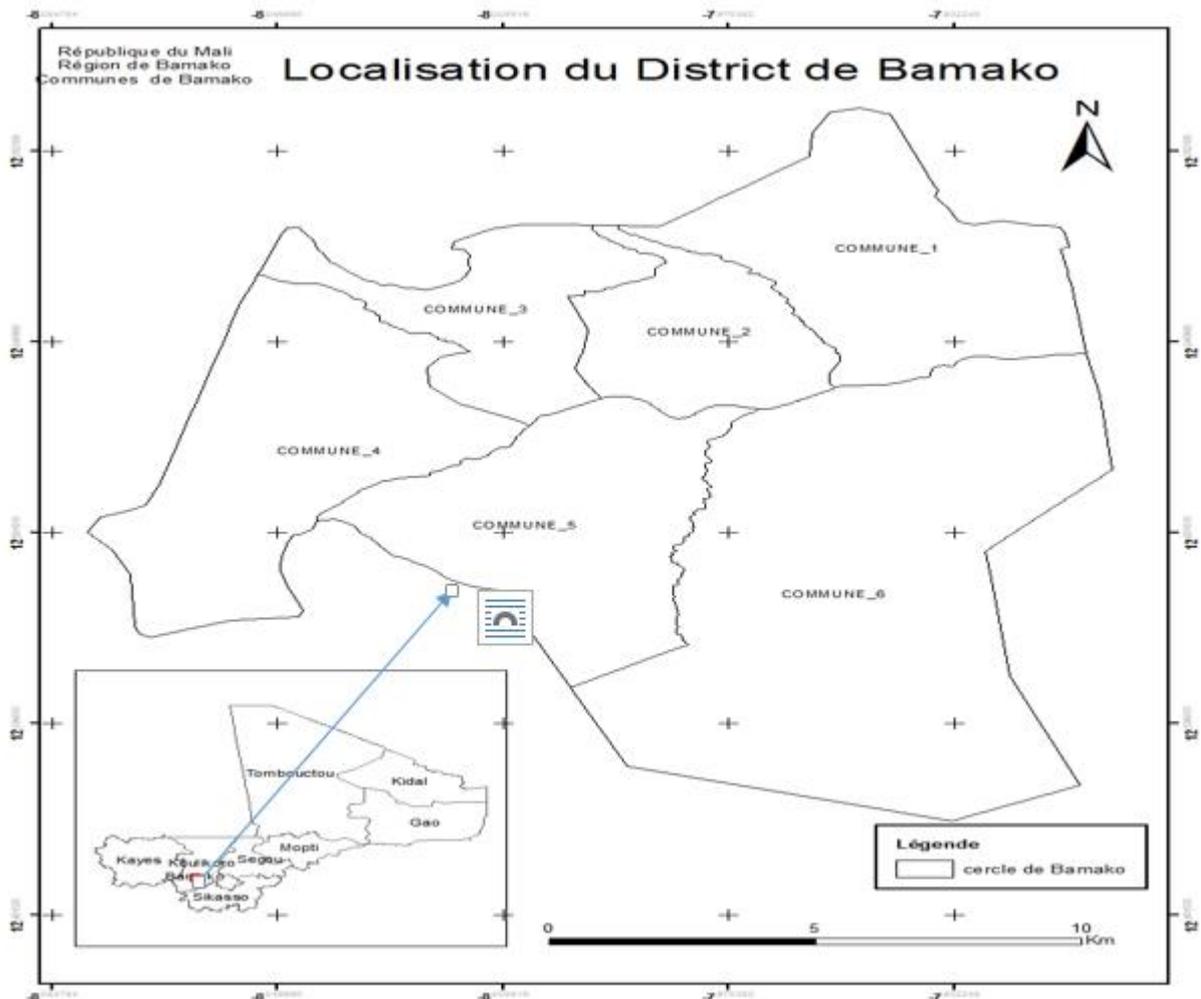
ANNEXE 4 : Plan du nouveau réseau de distribution



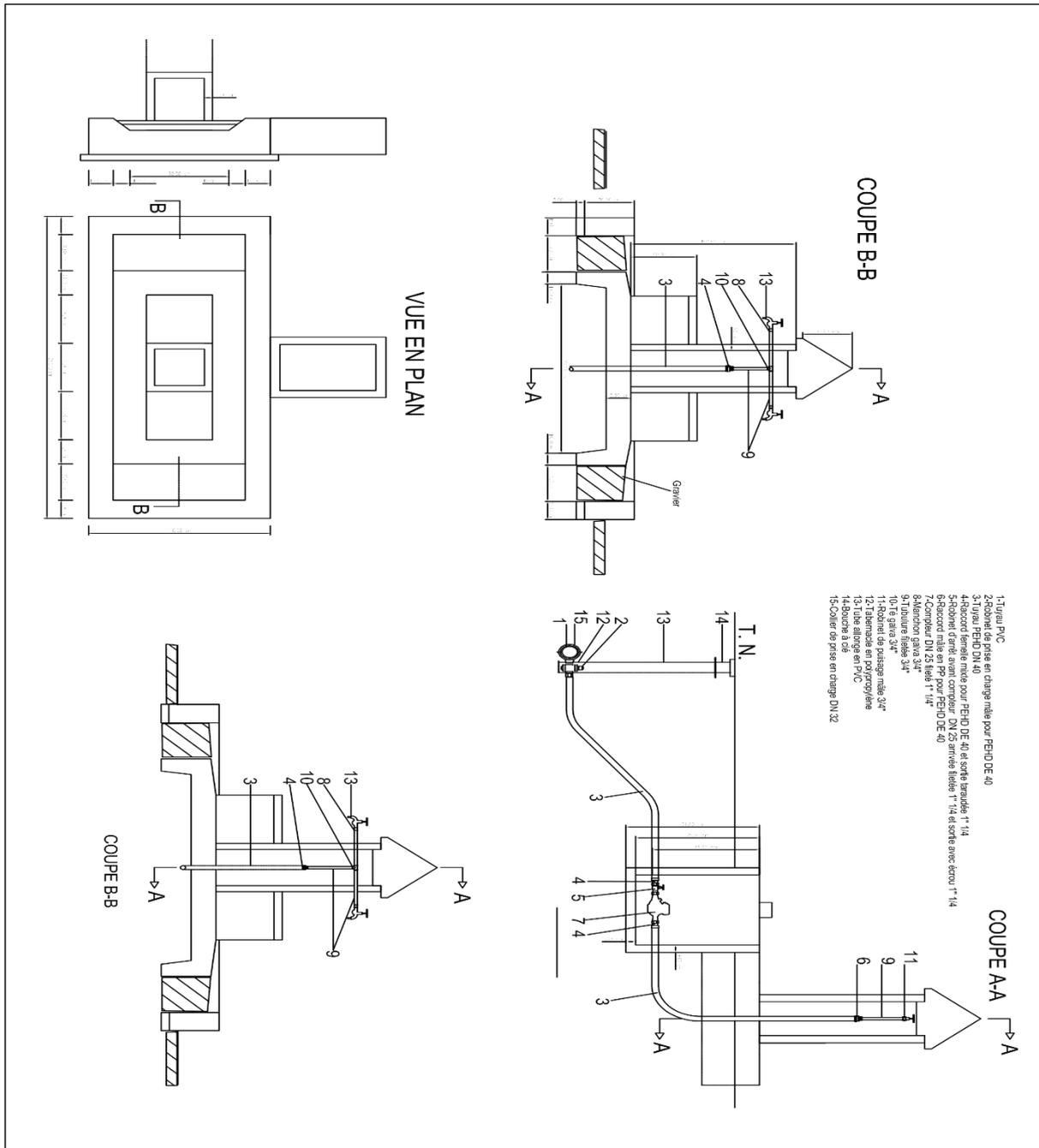
ANNEXE 5 : Organigramme de la Direction Régionale de l'Hydraulique du District de Bamako



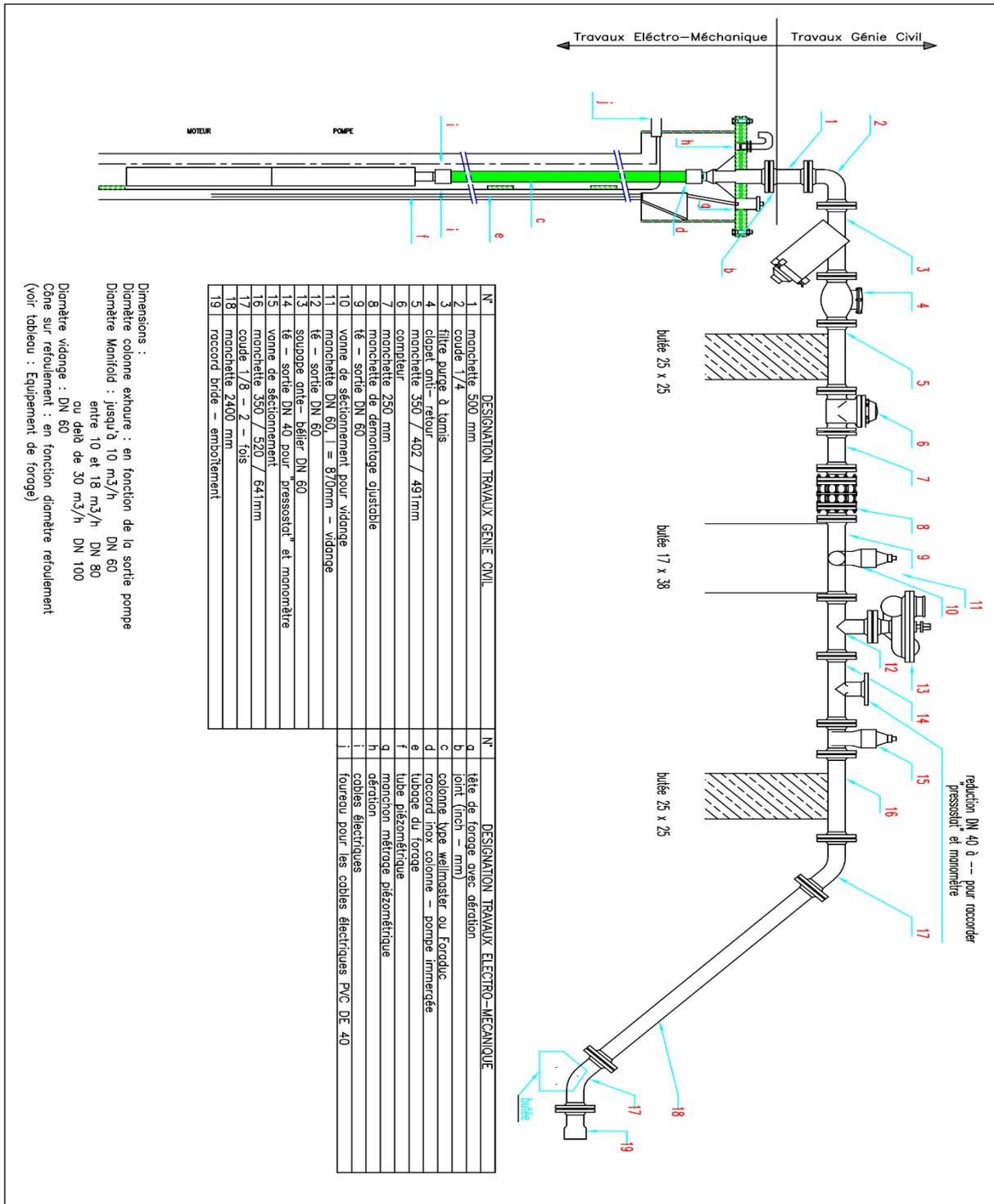
ANNEXE 6 : Carte de localisation de Bamako et ces différentes communes



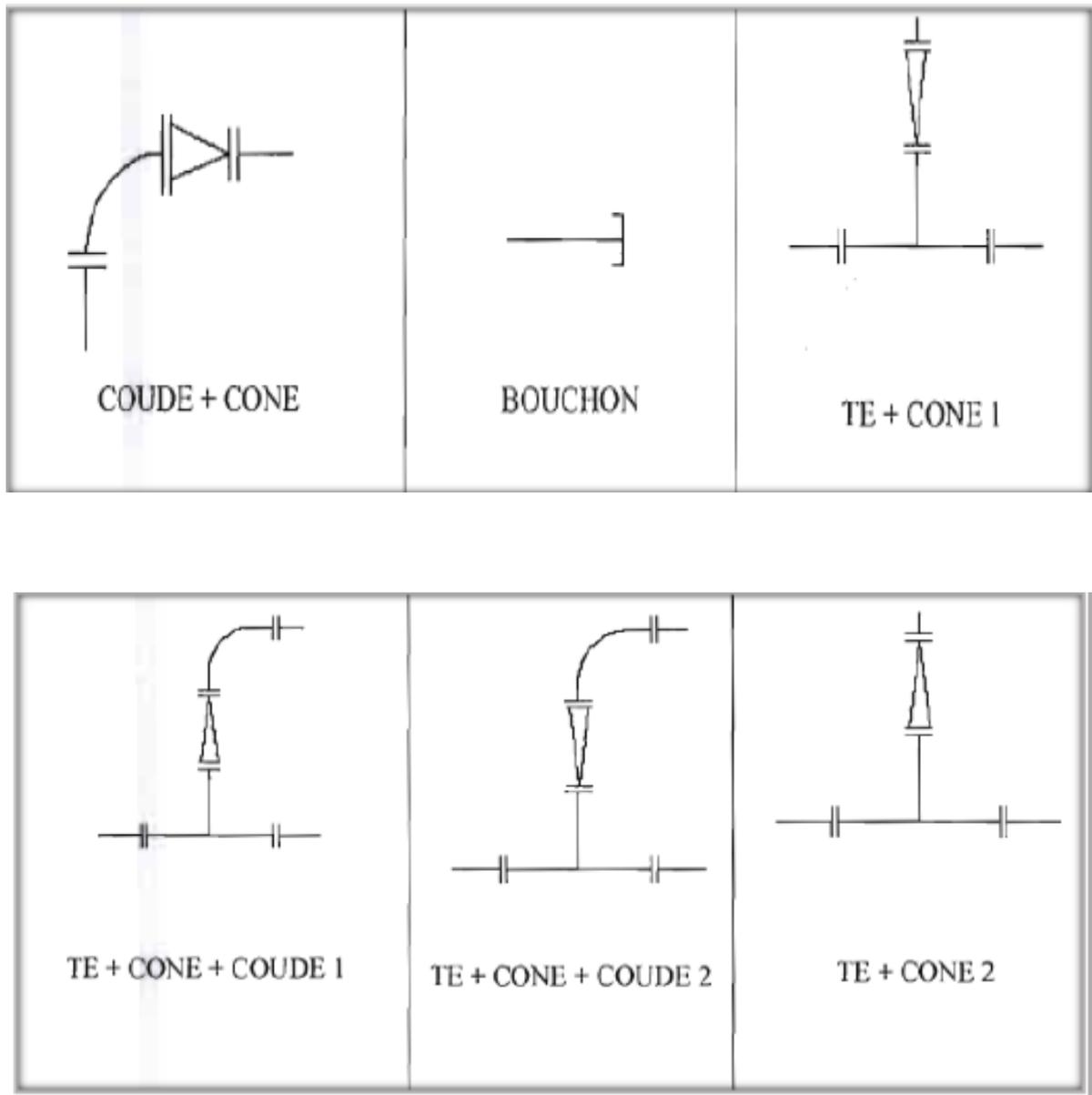
ANNEXE 7 : Plan des bornes fontaines



ANNEXE 8 : Plan manifold ou type de tête de forage



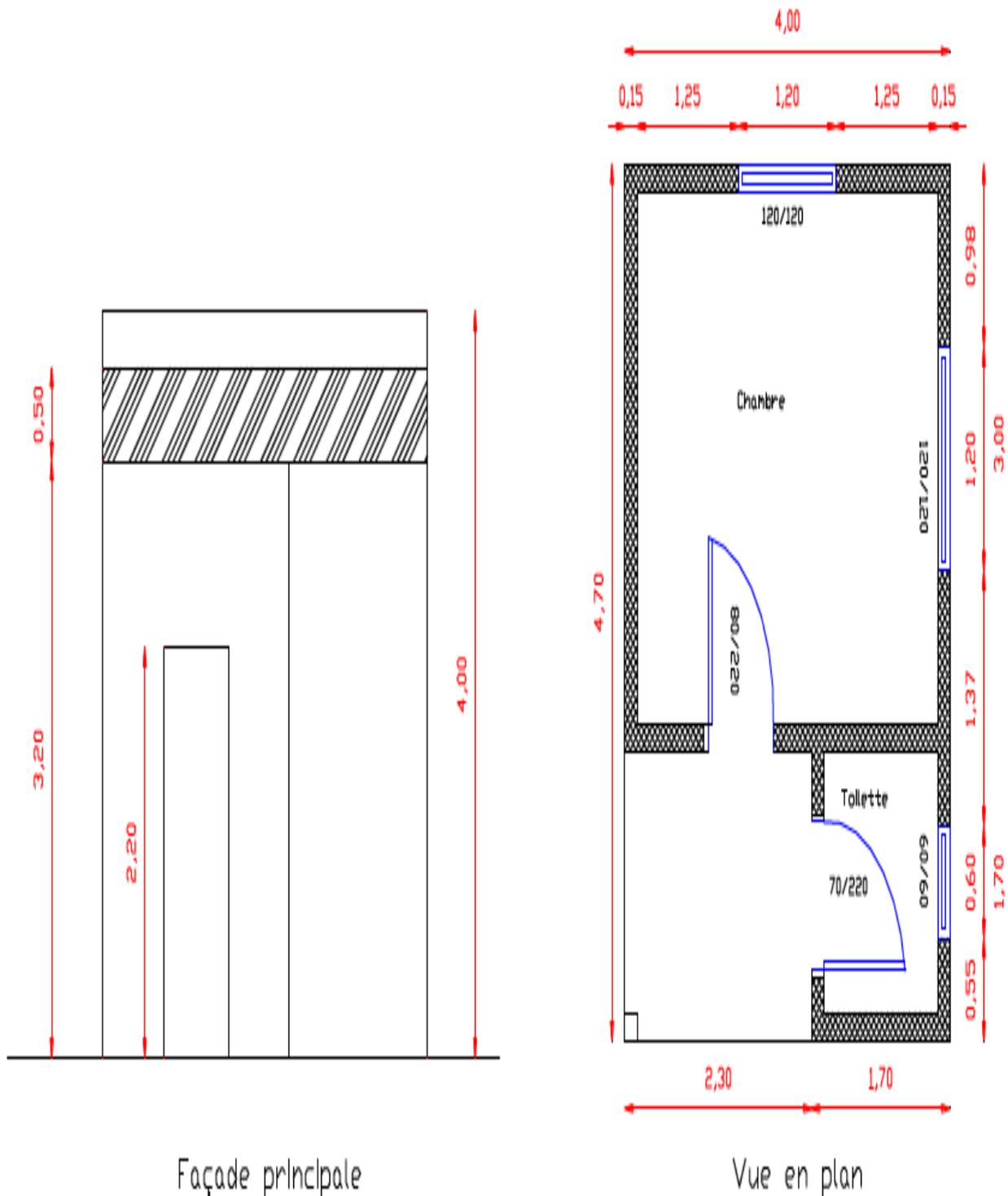
ANNEXE 8 : Images des différentes pièces spéciales



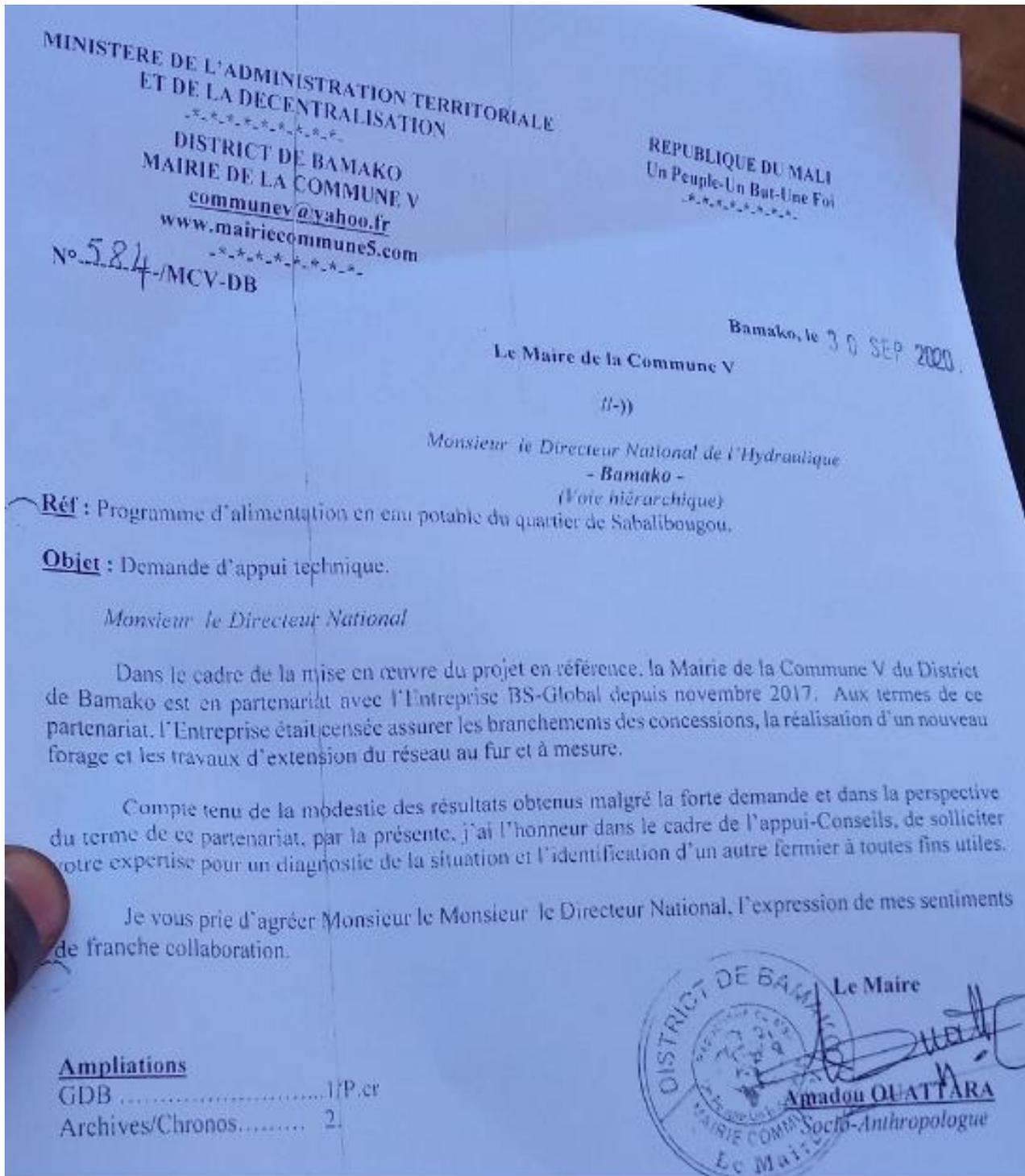
ANNEXE 9 : Schéma d'un réservoir prismatique en béton armé



ANNEXE 10 : Plan du local gardien



ANNEXE 11 : Lettre adressé à la DNH par le maire de la commune V



ANNEXE 12 : Liste des participants à la réunion de la mairie de la commune V

PRENOM	NOM	
Abdoulaye	TANGARA	DRH-DB
Dramane	Keita	Chef du quartier
Siaka	COULIBALY	Stagiaire DRH-DB
Djouldé	MAGUIRAGA	DRH-DB
Abdramane	Maïga	DRH-DB
Adama	Konaté	Mairie de la commune V
Aminata	Traoré	Mairie de la commune V
Boukadu	Coulibaly	Mairie de la commune V
Adama	Sangaré	Mairie de la commune V
Abdoulaye	Sangaré	Conseiller
Moussa	CAMARA	Conseiller
Salif	fané	Conseiller
Diago	Bagayogo	Société civil
Souleymane	Sidibé	Société civil
Toumani	Bagayogo	BS GLOBAL

ANNEXE 13 : Notice d'impact environnemental

Phase	Milieu Récepteur								
	Milieu Biophysique						Milieu socio-économique		
	Source d'impact	Faune	Flore	Sol	Eau	Air	Economie	Emploi	Santé
Phase de construction	Installation du chantier			-				+	
	excavation, fouilles et implantations des ouvrages			-				+	-
	Transport et circulation			-		-	+	+	
	Construction des infrastructures et équipements des ouvrages			-				+	
	Fourniture et installation de panneaux de signalisation						+		
Phase d'exploitation	Pompage des eaux de surface							+	
	Entretien et maintenance du réseau							+	
	Approvisionnement en eau potable						+	+	+
	Utilisation de l'énergie électrique (EDM)				+	+			+

-	Impact négatif	+	Impact positif		Impact nul
---	----------------	---	----------------	--	------------