RENFORCEMENT DU SYSTÈME D'AEP DE LA VILLE DE KAYA ET EXTENSION AUX COMMUNES DE BOUSSOUMA ET KORSIMORO AU BURKINA FASO

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGÉNIEUR 2IE AVEC GRADE DE

MASTER EN GENIE-CIVIL ET HYDRAULIQUE

SPÉCIALITÉ : INFRASTRUCTURES ET RÉSEAUX HYDRAULIQUES (IRH)

Présenté et soutenu publiquement le [02 juillet 2019] par

SANOGO Abdoulaye (20111168)

Encadrant 2iE : Moussa FAYE (enseignant-chercheur en hydraulique)

Maitre de stage : Alfred NIKIEMA, Ingénieur hydraulicien à l'ONEA

Structure d'accueil du stage : ONEA

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Lawani MOUNIROU

Membres et correcteurs : M. Moussa OUEDRAOGO

M. Roland YONABA

Promotion [2018/2019]

DEDICACES

Ce travail est dédié à :

Mes Parents qui ont toujours cru en moi et ont mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse dans mes études.

Ma regrettée grande mère qui m'a toujours encouragé et soutenue depuis mes premières années d'étude. Que la terre lui soit légère.

Mon frère

Abdoulaye

REMERCIEMENTS

Ce travail que nous avons mené ne serait possible sans l'accompagnement des personnes dont il m'est profondément agréable d'adresser ici mes remerciements.

Mes remerciements vont à tout le corps enseignant de la Fondation 2iE pour la formation qui m'a été donnée.

Cette étude a été menée sous la direction de monsieur Moussa FAYE qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude pour son implication dans ce travail, ses conseils ses critiques fructueuses.

J'adresse mes remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner et de critiquer ce travail malgré leurs nombreuses charges. Je les remercie pour l'intérêt qu'ils accordent à ce document.

Je remercie le Directeur général de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement pour m'avoir donné cette opportunité de vivre cette expérience enrichissante à la fois scientifiquement et humainement.

Je remercie monsieur NIKIEMA Alfred chef de production à la DRO. Je lui exprime ici ma profonde reconnaissance pour sa disponibilité, ses conseils utiles et son accompagnement.

Je remercie particulièrement

- Mr ILBOUDO Payibem chef du service étude et travaux de la DPI. Je lui exprime ici ma profonde reconnaissance pour ses directives et ses conseils
- Mr OUATTARA Ladji chef de site de KAYA. Je lui exprime ici ma profonde reconnaissance pour sa disponibilité et ses conseils.
- Mr DIALLO Idrissa du service étude et développement de l'assainissement ; ancien responsable de la station de traitement de KAYA.
- Madame SAWADOGO Mariam du service étude et planification.

Je ne saurais oublier l'aide si précieuse de Messieurs

BELEM Mahdi secrétaire générale de la mairie de BOUSSOUMA ; KOROGO Salif du service hygiène et assainissement de la mairie de KORSIMORO ;

Un remerciement spécial à tous ceux dont je n'ai pu citer pour leur soutien ; à toute la famille, mes amis mes parents pour leurs soutiens et leur compréhension.

À l'ensemble du personnel de l'ONEA, mes amis, collègues de 2iE

RESUME

La présente étude porte sur le **renforcement du système d'AEP de la ville de Kaya** et l'extension **aux communes rurales de Boussouma et de Korsimoro** situées non loin respectivement à 20Km et 30Km de la ville de KAYA.

Kaya est essentiellement alimentée par la station de traitement de 200 m^3/h qui fonctionne à plein régime. Les deux communes rurales possèdent chacune un AEPS alimenté par des forages. Une analyse de l'état des lieux des systèmes démontre un déficit sévère en eau dans la ville de KAYA et dans chacune des communes. ***L'étude technique*** de ce projet fait suite dans un premier temps à une prévision de la demande en eau [***10 239 m^3/j***] de la population des villes y compris celle des villages situés sur le tracé de la conduite d'adduction des deux communes. Dans un second temps à faire une évaluation de la **capacité du lac [*11,4 millions m^3 en décennale sèche*].** Cela a été nécessaire pour déterminer et dimensionner l'ouvrage de prise [800 m^3/h] et les différentes unités de la nouvelle station de traitement [600 m^3/h]. L'adduction par refoulement se fait sur une distance de 20746 m en fonte DN 600 mm PN 16. ***Le stockage*** sera assuré par une bâche d'eau claire [2000 m^3] à la station de traitement ; un château d'eau en béton armé [2000 m^3] à KAYA [300 m^3] à KORSIMORO et un château d'eau métallique [150 m^3] à BOUSSOUMA. Les deux communes seront alimentées gravitairement par une bâche de reprise [300 m^3]. ***Le réseau de distribution*** sera formé de 30 km de conduite et 25 bornes fontaines dans chacune des communes, le renforcement sera effectué sur 40 km de conduite de distribution et 20 bornes fontaine à l'horizon 2030.

Le cout total du projet s'élève à ***onze-milliards-quatre-cent-soixante-deux-millions-huit-cent-cinquante-mille francs CFA (11 462 850 000 FCFA***).

Mots-Clés

* AEP
* AEPS
* KAYA
* Lac DEM

ABSTRACT

This study focuses on strengthening the AEP system in the city of Kaya and extending it to the rural towns of Boussouma and Korsimoro, located not far from the city of KAYA, respectively.

Kaya is mainly powered by the 200 m^3/h treatment station, which is operating at full capacity. The two rural municipalities each have a drilling-fed AEPS. An analysis of the state of the systems shows a severe water deficit in the city of KAYA and in each of the municipalities. The technical study of this project initially follows a forecast of water demand [10,239 m^3/d] of the population of the cities, including that of the villages located on the supply line of the two municipalities. In a second step to make an assessment of the capacity of the lake [11,4 million m^3 in dry decennal]. This was necessary to determine and size the plug structure [800 m^3/h] and the various units of the new treatment station [600 m^3/h]. The release is done over a distance of 20746 m in cast iron DN 600 mm PN 16. Storage will be provided by a clear water tarpaulin [2000 m3] at the treatment plant; a reinforced concrete water tower [2000 m^3] in KAYA [300 m^3] in KORSIMORO and a metal water tower [150 m^3] in BOUSSOUMA. The two municipalities will be powered by a cover-up tarpaulin [300 m^3]. The distribution network will consist of 30 km of driving and 25 fountain strain points in each of the municipalities, the reinforcement will be carried out on 40 km of distribution pipe and 20 fountain terminals by 2030.

The total cost of the project is eleven-billion-four-sixty-two-million-eight-cent-fifty-thousand CFA francs (11,462,850,000 CFA francs).

Keywords

* AEP
* AEPS
* KAYA
* Lac DEM

Liste des abréviations

2IE : Institut International de l'Eau et de l'Environnement

AEP : Adduction en Eau potable

APD : Avant-Projet Détaillé

BF : Borne Fontaine

BP : Branchement privé ou particulier

CE : Château d'Eau

DAO : Dossier d'Appel d'Offre

DN : Diamètre nominal

GE : Groupe Électrogène

HA : Haute Adhérence

HMT : Hauteur manométrique Totale

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

OMD : Objectifs du millénaire pour le Développement

ONG : Organisation non gouvernementale

PCD : Plan communal de Développement

PEAMU : Projet Eau et Assainissement en Milieu urbain

PEHD : Polyéthylène haute Densité

PMH : Pompe à Motricité humaine

PN : Pression nominale

PN-AEPA : Programme national d'Alimentation en Eau potable

PVC : Polychlorure de Vinyle

RGP/H : Recensement général de la Population et de l'habitat

RN : Route Nationale

SONABEL : Société Nationale d'Électricité burkinabé

SOMMAIRE

Table des matières

.....i

Dédicaces i

Remerciements ii

Résumé iii

Sommaire vi

LISTE DES TABLEAUX x

LISTE DES FIGURES xii

I. INTRODUCTION 1

II. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ÉTUDE 2

II.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL 2

II.1.1 Historique 2

II.1.2 Objectifs de l'ONEA 2

II.2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE 3

II.2. 1 Situation géographique et administrative 3

II.2. 2 Milieu physique 4

II.2.3 Démographie 6

II.2.4 Activités socioéconomiques 6

III. PRÉSENTATION DU PROJET 7

III.1. CONTEXTE 7

III.2. JUSTIFICATION 7

III.3. DIAGNOSTIC DU SYSTÈME EXISTANT 7

III.3.1.AEP de Kaya 8

III.3.2. AEPS de Boussouma 12

III.3.3. AEPS de Korsimoro 12

IV. MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION 13

IV.1. REVUE DOCUMENTAIRE 13
IV.2. HYPOTHÈSES DE CALCUL 13
V. ÉTUDE TECHNIQUE 19
V.1. INTRODUCTION 19
V.2. ÉVALUATION DE LA DEMANDE 19
V.2.1. Kaya 19
V.2.2. Boussouma 20
V.2.3. Korsimoro 20
V.3. RESSOURCE EN EAU 21
V.3.1. Caractérisation du bassin versant 21
V.3.2. Capacité de la retenue 21
V.3.4. Caractéristiques de l'eau 23
V.3.5. Évaluation des apports du lac DEM 23
V.3.6. Evaluation des pertes et prélèvements 23
V.3.7. Adéquation de la ressource et de la demande 24
V.4. L'OUVRAGE DE PRISE 24
V.4.1. Dégrillage 24
V.4.2. La prise 25
V.4.3. Relevage 25
V.4.4. Ouvrages d'accès 26
V.5.UNITES DE TRAITEMENT 27
V.5.1. Coagulation floculation 27
V.5.2. Décantation 28
V.5.3. Filtration 28
V.5.4. Désinfection 30
V.5.5. Gestion des boues et des eaux de lavage des filtres 30
V.5.6. Stockage 32

V.6. STATION DE POMPAGE 32
V.7. RÉSEAU D'ADDUCTION 34
V.7.1 Dimensionnement et pose du réseau 35
V.7.2. Protection du réseau 35
V.8. OUVRAGES DE STOCKAGE 35
V.8.1. Château de la ville de KAYA 36
V.8.2. Bâche de reprise 36
V.8.3. Châteaux d'eau des communes 36
V.9 RESEAUX DE DISTRIBUTION 37
V.9.1 KAYA 37
V.9.2 BOUSSOUMA 37
V.9.3 KORSIMORO 38
V.10. ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE DU PROJET 38
V.11. CONCLUSION PARTIELLE 38
VI. ÉTUDE FINANCIÈRE 39
VI.1. INTRODUCTION 39
VI.2. ESTIMATIF DES COUTS DU PROJET 39
VI.3. CONCLUSION PARTIELLE 40
VII. ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL 40
VII.1. INTRODUCTION 40
VII.2. RAPPEL DU CADRE LÉGISLATIF RÉGISSANT LE PROJET 40
VII.3. RAPPEL DES COMPOSANTES ET PHASES DU PROJET 41
VII.3.1. RAPPEL DES COMPOSANTES 41
VII.3.2. RAPPEL DES PHASES DU PROJET 41
VII.4. IDENTIFICATION ET ÉVALUATION DES IMPACTS 42
VII.4.1. IDENTIFICATION DES IMPACTS 42
VII.4.1. ÉVALUATION DES IMPACTS 42

VII.5. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL 46
VIII. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 50
VIII.1. CONCLUSIONS 50
VIII.2. RECOMMANDATIONS 51
BIBLIOGRAPHIE 52
Annexes xiii

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Population des villes en 2011, 2015, 2020 et 2030 6
Tableau 2:Exhaure 9
Tableau 3:Valeurs cibles pour la qualité des eaux sur les réseaux ONEA 9
Tableau 4:Conduites de distribution 11
Tableau 5:Production et consommation de 2013 à 2017 12
Tableau 6 : critères d'accès aux services publics d'eau potable 14
Tableau 7:Valeurs indicatives du coefficient de point horaire 14
Tableau 8:Taux d'accroissement 15
Tableau 9:Taux d'accroissement des communes 15
Tableau 10: Coefficients de Calmon LECHAPT 16
Tableau 11 : Hypothèse de calcul béton armé et principales dispositions du fascicule 74 des réservoirs 18
Tableau 12:Evaluation des besoins en eau de KAYA 20
Tableau 13:Évaluation des besoins en eau de BOUSSOUMA 20
Tableau 14 ::Évaluation besoins en eau de KORSIMORO 20
Tableau 15:Caractéristique du bassin versant 21
Tableau 16:Caractéristique du Lac DEM 21
Tableau 17:Volume de la retenue 23
Tableau 18:Caractéristiques de la pompe submersible 26
Tableau 19:Produits de coagulation floculation 27
Tableau 20:Caracteristique du décanteur Pulsator 29
Tableau 21:Caractéristiques du décanteur Pulsator 29
Tableau 22 :Caractéristiques de l'électrolyseur 30
Tableau 23:Caractéristiques de la pompe à boue 31
Tableau 24:Caractéristiques de la pompe d'eau claire 32
Tableau 25:Caractéristiques du réseau 37
Tableau 26: Caractéristiques du réseau de BOUSSOUMA 37
Tableau 27:Caractéristiques du réseau de KORSIMORO 38
Tableau 28 : Étude financière du projet 39
Tableau 29:Caractérisation des impacts 42
Tableau 30:Appréciation de l'impact sur l'avifaune 43
Tableau 31:Appréciation de l'impact sur le sol 43

Tableau 32:Appréciation de l'impact sur les activités socioéconomiques 43
Tableau 33:Appréciation de l'impact sur le trafic routier 44
Tableau 34:Appréciation de l'impact sur la Population résidant 44
Tableau 35:Evaluation de l'impact lié au prélèvement de l'eau brute 45
Tableau 36:Evaluation de l'impact dû aux rejets de la boue 45
Tableau 37:Evaluation de l'impact lié aux volumes d'eau traitée 45
Tableau 38:Tableau de Bord de Gestion Environnementale 46
Tableau 39:Tableau de Bord de Gestion environnementale 47
Tableau 40:PGES fouille et pose des canalisations e des fondations 48
Tableau 41:Plan de gestion des impacts directs sur le lac DEM 49

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Centre ONEA 2
Figure 2:Carte administratif 4
Figure 3:Carte géologique 5
Figure 4:Prise de la station de traitement de KAYA 8
Figure 5:Conduit d'adduction partiellement déterrée 11
Figure 6:Courbe Hauteur-Volume 22
Figure 7:Courbe hauteur surface 23
Figure 8:Analyse pluviométrique de la station de Barsalogho 23
Figure 10:Courbe d'exploitation de la retenue 24
Figur 11:Point de fonctionnement du système de réfoulement 26
Figure 12:Point de fonctionnement de la pompe à boue 31
Figure 13:Processus de traitement de l'eau 31
Figure 15:Profil en long de la conduite de refoulement 32
Figure 16:Caractéristiques de la conduite de refoulement 33
Figure 17:Schemat synoptique du réseau 34

I. INTRODUCTION

L'eau est une ressource incontournable dans le développement économique de tout pays. Les acteurs de gestion de cette ressource des pays sahéliens sont de plus en plus confrontés aux problèmes climatiques, géologiques, à l'accroissement rapide de la population. Au Burkina Faso, le service de l'eau potable en milieu urbain est assuré par l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA). Cependant, L'ONEA est confronté à une insuffisance de la ressource en eau disponible pour assurer le service optimal. En effet, le Burkina repose en grande partie sur une structure géologique de socle cristallin très peu favorable à la constitution de nappes d'eau consistante à même de faire face à une demande de type urbain. Ainsi le déficit en eau des villes secondaires s'accroit au fur et à mesure de leur développement. Dans ces conditions, le recours aux eaux de surface est l'ultime solution envisageable pour satisfaire la demande. Malheureusement, cette alternative n'existe pas toujours. En effet, non seulement les sites favorables à la construction de barrage de taille suffisante pour une alimentation pérenne des villes sont rares, mais la faiblesse et le caractère aléatoire de la pluviométrie constituent un facteur limitant.

Kaya, Boussouma et Korsimoro à l'instar des autres villes sont confrontées à un déficit d'approvisionnement en eau potable de plus en plus grandissant. Un renforcement du système d'approvisionnement en eau potable de la ville de Kaya et une extension aux deux autres communes s'imposent comme la solution l'alternative la plus optimale dans la résolution de la problématique de l'AEP dans cette zone du Centre Nord du pays.

Ce projet qui porte sur la deuxième phase d'alimentation en eau de la ville de KAYA permettra aussi à deux communes Boussouma et Korsimoro de répondre efficacement au besoin en eau de leur population jusqu'à l'horizon du projet (2030).

Il fait suite à deux études, l'une précédemment mené par Ngardoumi Emmanuel (1) et l'autre par Coulibaly Stanislas(2). Il sera articulé autour de ;

- La description du système d'adduction existante dans les deux villes
- Identifier leurs difficultés
- Proposer des solutions de renforcement.

II. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ÉTUDE

II.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

II.1.1 Historique

La Société nationale des eaux (SNE), société privée fut créée le 1er janvier 1970 et gérait sept centres (Ouagadougou, Bobo-Dioulasso, Koudougou, Ouahigouya, Kaya, Dori et Banfora). La politique de l'eau, élaborée en 1976, transfère la gestion de l'eau dans le domaine public. En 1977, la gestion des systèmes collectifs d'AEP est nationalisée avec la création de l'Office national de l'eau (ONE) sous la forme juridique d'un établissement public à caractère industriel et commercial. Le 10 octobre 1984, le ministère de l'eau est réorganisé et les activités de l'ONE sont étendues à l'assainissement. L'Office national de l'eau et de l'assainissement (ONEA) qui est désormais une société d'État a ainsi été créé le 22 juillet 1985 (décret 85/387/CNR/PRES/EAU).

Elle exploite 52 centres couvrant une partie du pays.

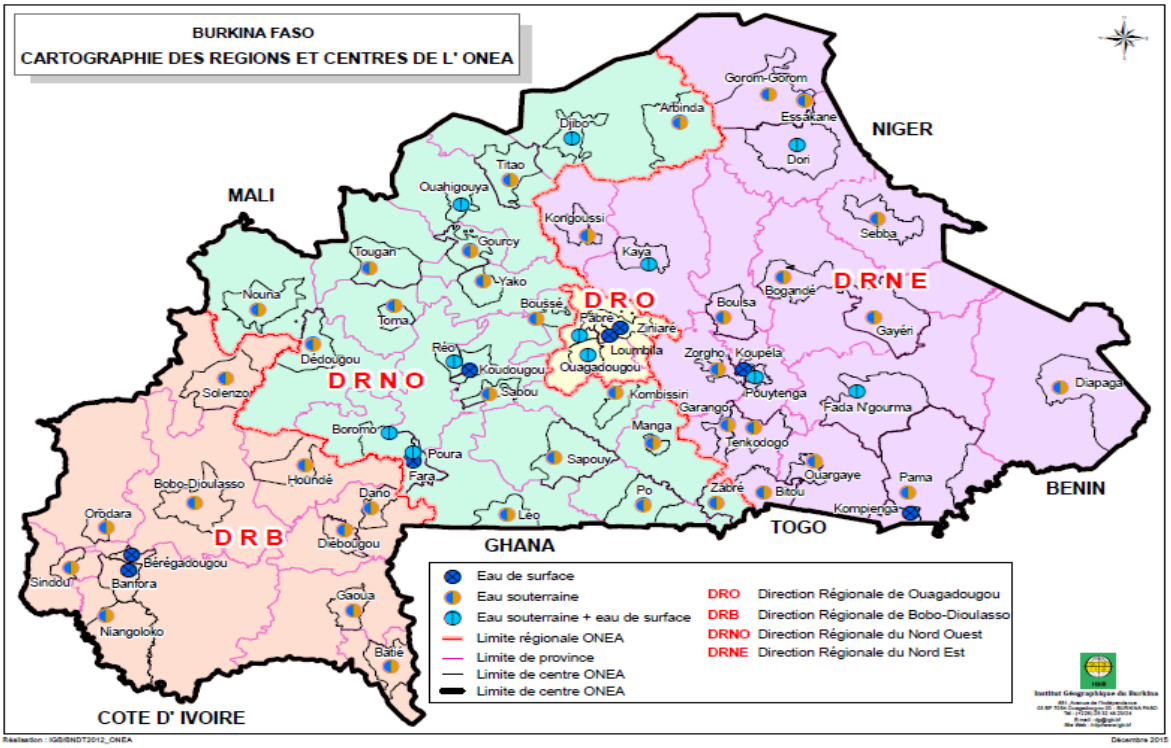


Figure 1:Centre ONEA

II.1.2 Objectifs de l'ONEA

Les objectifs en milieu urbain :

- Eau

La création, la gestion et la protection des installations de captage, d'adduction, de traitement et de distribution d'eau potable.

- Assainissement

La création, la promotion et l'amélioration ainsi que la gestion des installations d'assainissement collectif principalement dans les grandes villes (Ouagadougou et Bobo-Dioulasso), individuel ou autonome pour l'évacuation des eaux usées et des excrétas.

II.2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

II.2. 1 Situation géographique et administrative

- **Kaya**

La ville de Kaya, chef-lieu de la région du Centre Nord du Burkina, est située dans la province de Sanmatenga à 100 km de Ouagadougou sur la RN 3 qui relie Ouagadougou à Dori le chef-lieu de la région du Sahel. Kaya est une ville carrefour entre Ouagadougou, Dori, Kongoussi et Boulsa.

Coordonnées géographiques :

13°05'08'' de latitude nord.

01°05'02'' de longitude ouest ;

L'organisation spatiale de la ville est faite de 07 secteurs.

- **Boussouma**

La commune rurale de Boussouma est située sur la RN 3 à une distance de 80 km de Ouagadougou et de 20 km de Kaya.

Coordonnées géographiques :

12°54'30'' de latitude nord.

01°04'36'' de longitude ouest. La commune est formée de 5 secteurs.

- **Korsimoro**

La commune de Korsimoro est située à 70 km au nord-Est de Ouagadougou dans la province du Sanmatenga, dans la région du Centre-Nord.

Coordonnées géographiques :

12°49'24'' de latitude nord.

01°04'12'' de longitude ouest

La distance entre ces villes se présente comme suite : Korsimoro – Ouagadougou : 70km, Korsimoro-Boussouma : 10 km ; Korsimoro- Kaya : 30 km. Une carte administrative illustre bien la situation de cette zone d'étude.

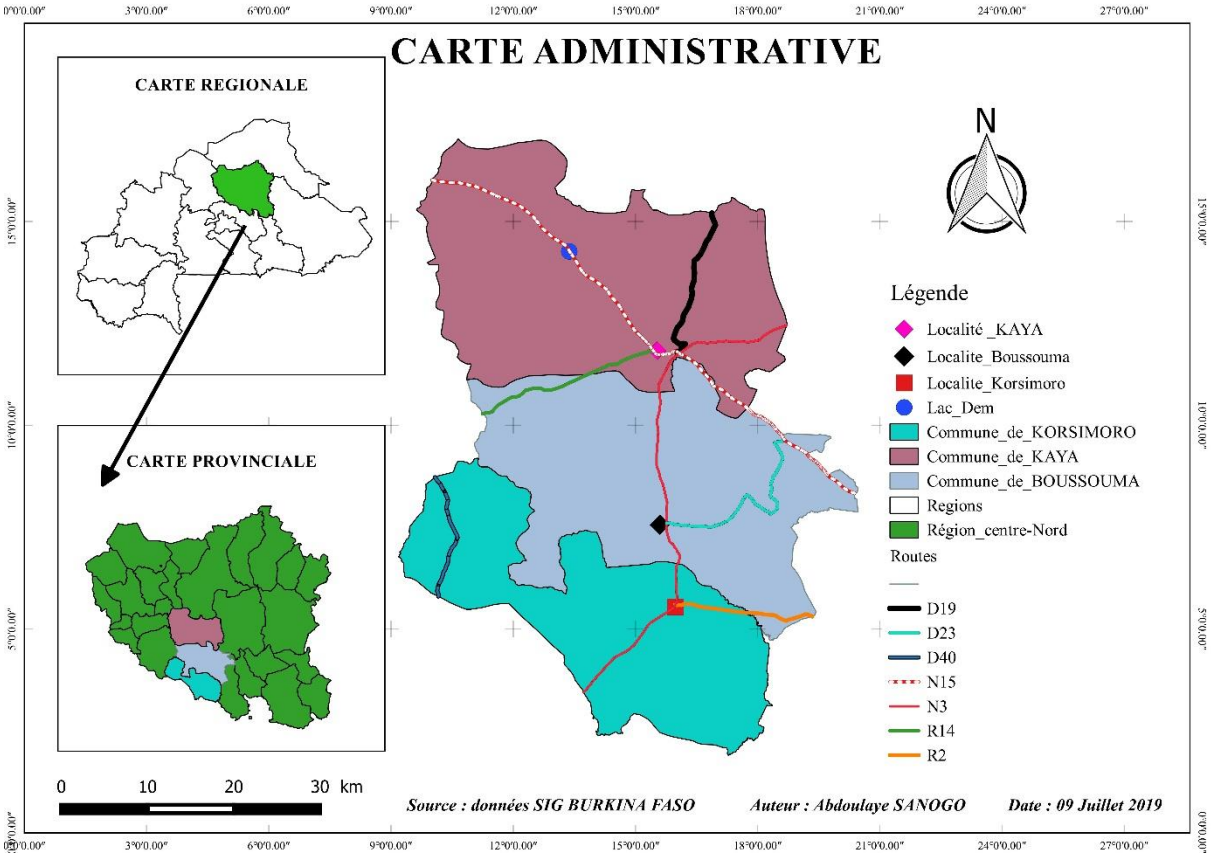


Figure 2:Carte administratif

II.2. 2 Milieu physique

- **Le climat**

La ville de Kaya, la commune de Boussouma et de Korsimoro sont situées dans la zone nord-soudanienne caractérisée par deux saisons bien contrastées :

- Une longue saison sèche qui dure du mois d'octobre au mois de mai. Elle est marquée par les vents de l'harmatan soufflant du Nord au Sud avec les périodes de fortes chaleurs en mars et avril et des températures extrêmes atteignant parfois 42 °C à l'ombre ;

-Une courte saison d'hivernage allant du mois de juin au mois de septembre et marquée par des orages avec de forts ruissèlements. La pluviométrie moyenne annuelle est de 761,8 mm pour 42,2 jours de pluie (***Source* : DPAHRH du Sanmatenga, mai 2013**).

- **Hydrographie**

La zone d'étude présente un réseau hydrographique assez important. Cependant, la majorité des cours d'eau sont non pérennes en raison de la forte infiltration et de l'évaporation. À l'exception du Nakambé, de lacs naturels (DEM et Sian), de barrages (Barrage de Korsimoro, de Kaya-

Dimassa) et d'autres retenues d'eau.

- **Pédologie**

On distingue quatre principaux types de sols :

Les sols bruns eutrophes tropicaux ;

Les sols sablo-limoneux ;

Les sols hydromorphes ;

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés

Les lithosols

- **Géologie et relief**

Le relief présente une chaine de collines qui s'étale de Korsimoro à Kaya.

Elle présente les caractéristiques latéritiques pour la plupart, barrémiennes ou graphitiques montrant des sommets tabulaires ou arrondis, très marqués par le phénomène du cuirassement bauxite ou ferrugineux.

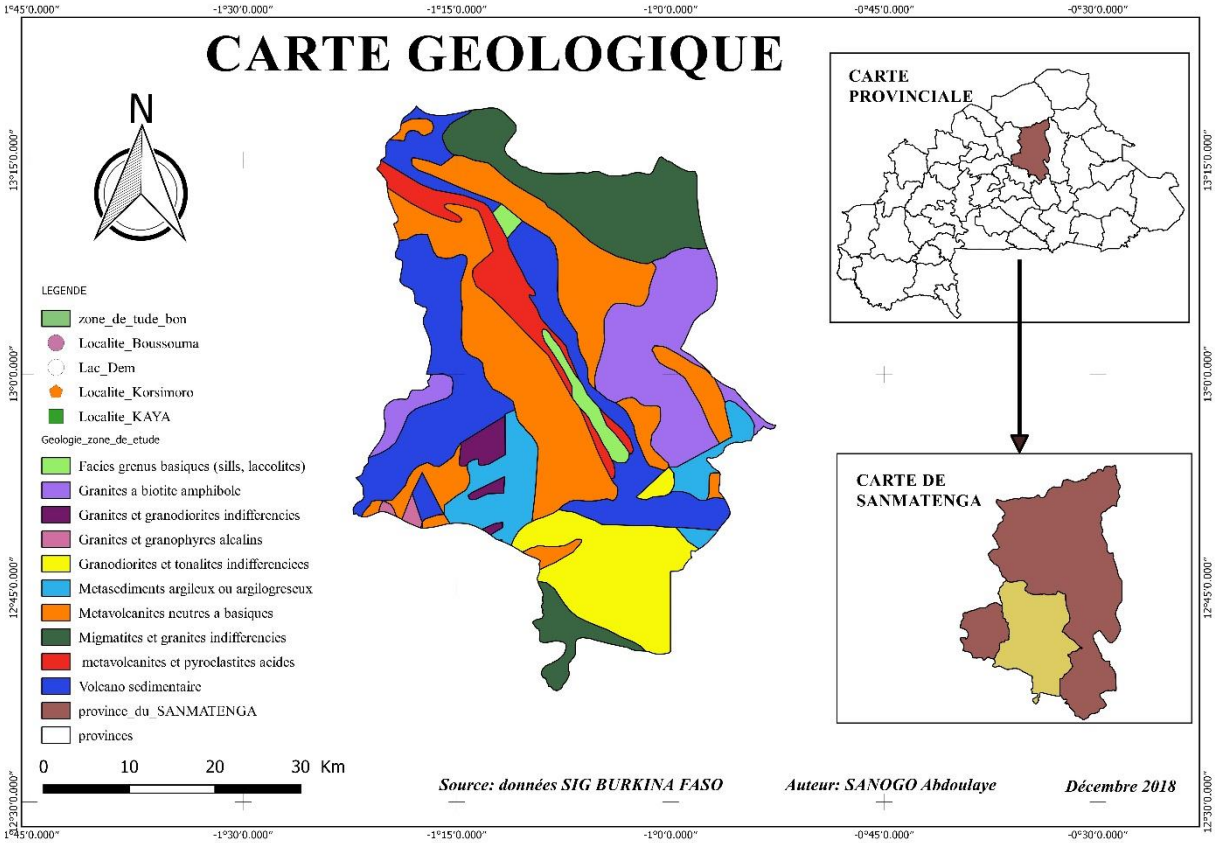


Figure 3:Carte géologique

II.2.3 Démographie

Sur le plan démographique, le tableau suivant montre l'évolution de la population des trois villes entre 2011 et 2030 au cas où le taux d'accroissement constaté entre 1996 et 2006 se maintenait selon l'INSD(3).Selon la formule d'accroissement géométrique

Tableau 1:Population des villes en 2011, 2015, 2020 et 2030

Province	**Villes**	**Populations**				
		Taux de croissance 1996-2006	**2 011**	**2 015**	**2 020**	**2030**
Sanmatenga	Kaya	4,8 %	68 727	82 903	104 804	167 490
Sanmatenga	Boussouma	1,4 %	10 897	11 365	12 190	14 023
Sanmatenga	Korsimoro	2,9 %	18 989	20 690	23 872	31 777
Total			98 613	114 958	140 866	213 290

II.2.4 Activités socioéconomiques

- **Agriculture**

L'agriculture occupe près de 90 % de la population (4). Elle est de types traditionnel, itinérant, extensif et faiblement mécanisé. Les activités agricoles sont assurées essentiellement par les exploitations familiales.

Les principales cultures pratiquées sont les céréales, les cultures maraichères, les cultures de rente.

- **Élevage**

L'élevage constitue la deuxième activité économique pratiquée par les populations après l'agriculture. Il contribue à la sécurité alimentaire et nutritionnelle et procure également des revenus substantiels à la population. Le système d'élevage dans la commune est de type extensif. Le cheptel est essentiellement constitué de bovins, d'ovins et de caprins.

- **Le commerce**

L'activité commerciale est bien développée. Elle est basée sur les échanges intérieurs courants des produits de fabrication industrielle et artisanale, des échanges des marchandises de l'import/export, des échanges des produits agricoles et animaux, et de diverses prestations de services (5).

- **La pêche**

Le secteur de la pêche n'est pas assez développé. Cependant, on note la pratique de la pêche de subsistance au niveau du lac DEM, Sian et du barrage de Korsimoro.

- **Orpaillage**

L'orpaillage qui exerce une forte pression sur les points d'eau les plus proches des sites d'exploitation est aussi une activité économique non négligeable sur l'ensemble de la région du Centre Nord du Burkina y compris les trois villes.

III. PRÉSENTATION DU PROJET

III.1. CONTEXTE

Le Programme national d'approvisionnement en Eau potable (PN AEP) a apporté une innovation majeure dans la stratégie d'AEP des villes. En effet, la stratégie qui a prévalu jusque-là dans les projets d'AEP consistait à privilégier l'exploitation de ressources en eau situées dans le périmètre de la ville à alimenter. Le PN AEP innove en préconisant des systèmes multi villages où des « centres de production d'eau » (6) construites à partir d'une source consistante, qui seraient à même de desservir plusieurs localités distantes les unes des autres. Cette stratégie permet de contourner la faiblesse de la capacité de la ressource en eau qui est une contrainte caractéristique des systèmes d'AEP des différentes villes du pays et un frein à l'extension du périmètre d'intervention de l'ONEA.

III.2. JUSTIFICATION

Un renforcement du système d'AEP de Kaya s'impose pour faire face à l'accroissement de la demande. En effet, cet accroissement a été constaté depuis 2008 à nos jours. Le déficit de production en eau potable pour l'alimentation de la ville dépasserait les 9 000 m^3/j à l'horizon 2030. Ce renforcement devrait permettre d'alimenter également Boussouma et Korsimoro qui ont des systèmes d'AEPS limités.

III.3. DIAGNOSTIC DU SYSTÈME EXISTANT

L'étude de chaque projet d'approvisionnement en eau demande une connaissance du système actuel de la zone d'étude. Une analyse des composantes du réseau de chacune de trois villes sera réalisée. Une synthèse de l'état de fonctionnement, les difficultés des différents réseaux d'adduction, de distribution. Nous apporterons les données nécessaires dans le choix de l'option technologique du nouveau système.

III.3.1.AEP de Kaya

Le système d'AEP de la ville de KAYA a connu une évolution depuis sa mise en service en 1964.En effet la ville a été alimentée par seize forages équipés d'électropompes pendant plusieurs années. Depuis février 2009, elle est alimentée par une station de traitement [construite dans le cadre de l'AEP Kaya à partir du lac DEM] situé à une quinzaine de kilomètres au nord de la ville de Kaya.

- **Le lac DEM**

La ville de Kaya est actuellement alimentée par la station de traitement construite sur le Lac DEM (soit 91,6 % des besoins) et deux forages (12 m3/h et 9 m3/h soit 8,4 % des besoins) mis en exploitation en 2017 qui injectent directement dans le réseau.

- La prise d'eau

La prise, organe d'alimentation de la station de traitement est constituée d'un ponton flottant (1,5 m de large et 21 m de long) (7) qui soutient deux pompes d'eau brute (200 m^3/h chacune) à fonctionnement alterné. Elle est reliée à la digue (150 m de long et 3 m de hauteur au point le plus haut) par une passerelle métallique (9 m de longs).

Figure 4:Prise de la station de traitement de KAYA

Cette prise bien que moins onéreuse demande à être reconstruit.

Tableau 2:Exhaure

	EXHAURE		
	Eau de surface (m^3)	**Eau souterraine (m^3)**	**TOTAL (m^3)**
JANVIER	116 595	2 880	119 475
FÉVRIER	101 405	5 537	106 942
MARS	104 583	14 031	118 614
AVRIL	106 118	10 480	116 598
MAI	107 384	10 416	117 800
JUIN	102 977	10 044	113 021
JUILLET	108 199	10 118	118 317
AOUT	107 431	10 649	118 080
SEPTEMBRE	106 844	12 173	119 017
OCTOBRE	113 932	11 713	125 645
NOVEMBRE	112 076	11 355	123 431
DÉCEMBRE	114 979	9 992	124 971
TOTAL	**1 302 523**	**119 388**	**1 421 911**

Source : rapport annuel d'exploitation ONEA 2017 (8)

Trois autres forages de débit cumulé total (≈35 m3/h) doivent être réhabilités pour réduire temporairement le déficit journalier de la population grandissante.

- **Station de traitement**

Le processus de traitement comprend une étape : coagulation-floculation, décantation, filtration et enfin une désinfection.

Les caractéristiques des ouvrages (7) constituant la station de traitements :

- Un floculateur de 10x8m ;
- Un décanteur statique (type CANDY) de 11,1 m x 11,1 m x 7m ;
- Trois (3) filtres rapides à sable (1,2-1,5 mm et un coefficient d'uniformité 1,5) homogène de 3,60 m x3, 50 m ;
- Une unité de traitement des eaux de lavage de boues formées d'un ouvrage unique regroupant le bassin à boue et le lit de séchage de dimension 19,2 m x 15,2 m (7) .
- La station fonctionne au maximum de sa capacité de production de 200 m^3/h avec un rendement de 96 %.

Qualité de l'eau distribuée et conformité aux normes

Les analyses physicochimiques réalisées par l'ONEA et le laboratoire national de la santé publique des prélèvements faits sur les branchements particuliers présentent une turbidité ‹ 5 NTU avec un pH légèrement supérieur à 7 et 0 coliforme fécal ,0 coliforme total.

Tableau 3:Valeurs cibles pour la qualité des eaux sur les réseaux ONEA

Paramètres	Normes
pH	6,5 ≤ Ph ≤ 8,0
Turbidité	≤ 5 NTU
Chlore libre	0,5 ≤ Cl2 ≤ 5 mg/L
Aluminium	≤ 0,2 mg/L
Fluorure	≤ 1,5 mg/L
Nitrate	≤ 50 mg/L
Chlorure	≤ 250 mg/L
Sulfate	≤ 250 mg/L
Sodium	≤ 200 mg/L
Potassium	≤ 50 mg/L
Fer total	≤ 0,3 mg/L
Arsenic	≤ 0,01 mg/L
Mercure	≤ 0,001 mg/L
Plomb	≤ 0,01 mg/L
Zinc	≤ 3 mg/L
Pesticides totaux	≤ 0,000 5 mg/L
Coliformes	0/1000 ml
Streptocoques fécaux	0/100 ml

Selon arrêté conjoint N° 00019/MAHRH/MS portant définition des normes de potabilité de l'eau (Normes de la qualité de l'eau potable).

Ces valeurs cibles régissent tous les centres ONEA. Ainsi, l'eau produite par la station respecte rigoureusement ces normes.

- **Réseau de refoulement**

L'eau produite au lac DEM est transférée à Kaya sur une distance de 15 km par une conduite en PEHD de diamètre 355 mm. À mi-parcours cette conduite alimente sept BF d'un hameau d'habitations. Le phénomène d'érosion à mis à nue cette conduite à quelques endroits le long du tracé.

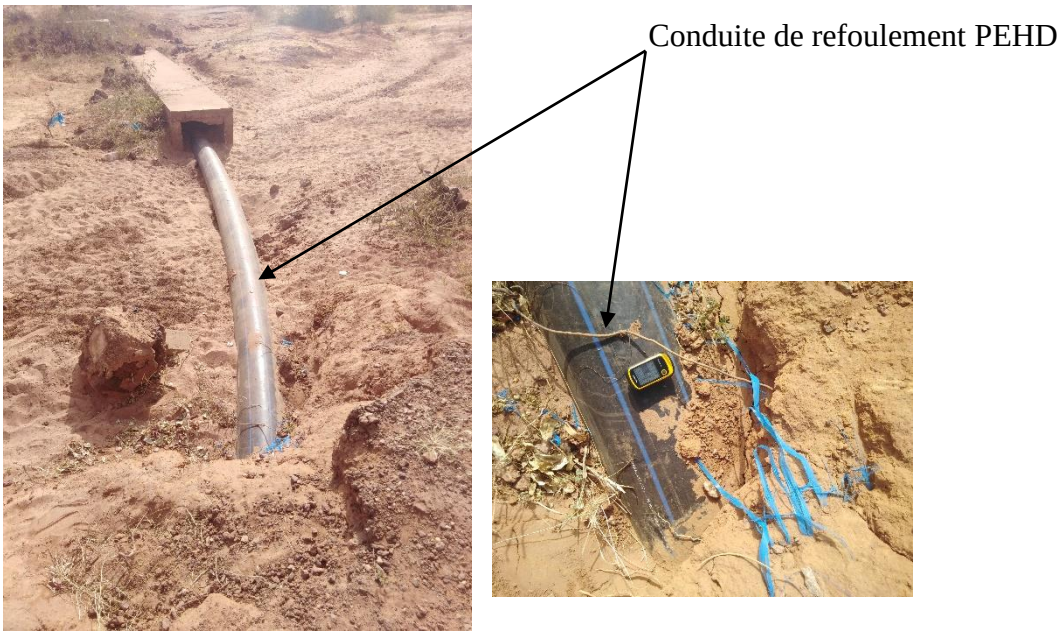


Figure 5:Conduit d'adduction partiellement déterrée

Cette conduite doit être protégée afin d'éviter toute fuite.

- **Stockage**

Le stockage est assuré par deux châteaux d'eau en béton armé : le premier construit à la création du système AEP initial a une capacité de 200 m^3. Le second, dont la capacité est de 800 m^3 date de 2008 et fait partie des réalisations du projet d'AEP de Kaya à partir du lac DEM au même titre que la bâche enterrée d'eau claire d'une capacité de 800 m^3.

- **Réseau de distribution**

La ville fait face à un déficit sévère en eau potable qui impose une distribution alternée en deux zones de desserte.

La longueur du réseau de distribution en 2017 est de 148 657m et est composée essentiellement de PVC PN10 allant de 63 mm à 315 mm comme résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4:Conduites de distribution

Diamètre (mm)	63	90	110	160	250	315	Totale
Longueur (m)	35290,47432	50164,26	43853,3	16713,31	276,4628	2359,618	148657,4

Source : rapport annuel d'exploitation ONEA 2017

Ce réseau alimente 7 138 branchements particuliers et 70 bornes fontaines et comprend 04 Ventouses ; 03 vidanges ; 231 Vannes.

Le rendement du réseau de distribution était de 79 % (inférieur à 90 % donc insuffisant) en 2017.

Sa variation au cours des cinq dernières années est représentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5:Production et consommation de 2013 à 2017

Années	2013	2014	2015	2016	2017
Production (m^3/an)	1 008 688	1 123 159	1 267 068	1 258 926	1 376 005
Consommation (m^3/an)	907 520	1 021 107	980 918	975 271	1 086 498
Rendement (%)	83	91	77	77	79

Source : rapport d'exploitation ONEA 2017

Le rendement du réseau varie donc en dent de scie depuis 2013. La forte diminution du rendement en 2015 et 2016 traduit les travaux menés sur le réseau pour le 11 décembre 2016 (fête de l'indépendance nationale).

La valeur moyenne de l'indice linéaire de perte est 4, 76 m^3/jour/km (supérieure à 3) pour l'année 2017.

Une sectorisation de l'ensemble du réseau de distribution est nécessaire pour mettre à jour les plans.

- **Alimentation en énergie**

Le système d'AEP est alimenté essentiellement en énergie de la SONABEL et un groupe électrogène de 95 KVA.

III.3.2. AEPS de Boussouma

Le système d'AEP simplifié est constitué de deux forages équipés d'électropompes (5 m^3/h, chacune fonctionnant à l'énergie solaire) et de trois châteaux d'eau (50 m^3, 25 m^3 et 100 m^3 métalliques) qui alimentent 30 branchements privés et 16 bornes-fontaines. Avec une longueur d'environ 5 km, le réseau est constitué de conduite en PVC (PN10). Le système ne concerne que le centre-ville de Boussouma. Il y a fréquemment des coupures d'eau liées à la faible capacité de production (120 m^3/jour contre un besoin journalier actuel de 299 m^3/jour) à l'énergie solaire qui a une efficacité de 8 heures. Le cout de branchement est de 75 000 FCFA selon le secrétaire général du comité de jumelage.

III.3.3. AEPS de Korsimoro

Le centre-ville de Korsimoro est alimenté par un système d'AEP simplifié constitué de deux forages (4 m^3/h, 5m^3/h). Un troisième forage (12 m3/h) est en attente de raccordement.

Le stockage est assuré par deux châteaux d'eau métalliques de 50 m^3 alimentant 29 branchements privés et 18 bornes-fontaines. Le réseau est formé par des conduites en PVC (PN 10) de différents diamètres (63 mm, 90 mm, 160 mm) pour un linéaire total de 6923,81 m. Cependant, la commune est confrontée à un important manque de ressource croissant.

Le cout de branchement (1 m à 50 m) est de 150 000 FCFA (source : service hygiène et assainissement de la mairie)

IV. MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION

IV.1. REVUE DOCUMENTAIRE

La revue documentaire a consisté d'une part, à s'imprégner des termes de référence (TDR) pour analyser la portée du projet, l'objectif à atteindre à collecter des données sur la zone d'étude, les populations bénéficiaires, à estimer leurs besoins et faire un état des lieux du système d'approvisionnement actuel.

Les données ont été obtenues auprès de l'ONEA, l'INSD, 2iE, la mairie. Nous avons également fait des recherches sur la terminologie de notre thème d'étude, rencontré des personnes qui travaillent dans le domaine afin d'avoir des données réelles et pratiques. Nous avons également mené des sorties terrain qui nous ont permis de percevoir les réalités du terrain, mais aussi pour confirmer ou infirmer certaines de nos hypothèses.

IV.2. HYPOTHÈSES DE CALCUL

L'horizon du projet défini par le TDR est 2030.Les ouvrages seront donc dimensionnés pour satisfaire les besoins de cette période.

- Nombre de consommateurs

Nous appliquerons la méthode théorique de croissance géométrique pour évaluer le nombre des consommateurs à l'horizon du projet.

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

P_n : population après n années

P_0 : population à l'année de référence

α : Taux d'accroissement de la population

n = nombre d'années pour l'échéance du projet

- Taux de desserte

Dans ce projet, nous appliquerons les hypothèses des objectifs du développement durable (ODD). Ils prévoient plus de branchements privés que de bornes-fontaines et un accès universel à l'eau potable d'ici 2030.

- La consommation spécifique

Elle constitue le volume d'eau consommée en moyenne par jour et par habitant.

Les consommations spécifiques suivantes établies par le ministère de l'eau et de l'assainissement (MEA) du BURKINA FASO sont adoptées.

Tableau 6 : critères d'accès aux services publics d'eau potable

Critères de planification et niveau de service	Paramètres	Milieu urbain 1	Milieu urbain 2	Milieu rural
Niveau de service 2 : BF/PEA	hab/point de livraison	300	400	500
	l/jour/hab	25	25	25
Niveau de service 3 : BP	hab/point de livraison	6	7	9
	l/jour/hab	60	50	40

Source : MEA

Kaya sera considéré comme un milieu urbain 2 (9);

Boussouma sera considéré comme milieu rural

Korsimoro sera considéré comme milieu rural.

- Variation de la consommation

Le besoin en eau de la population n'est pas linéaire.

Les coefficients de variation que nous adopterons sont :

- Coefficient de pointe journalière : $K_{pj} = 1,15$;
- Coefficient de pointe horaire :

$K_{ph} = 1,5 + \frac{2,5}{Q_{moy}^{0,5}}$ Formule empirique dite du « génie rural » avec Qmoy (m3/h) le débit moyen de consommation.

Ce coefficient peut être considéré en fonction du nombre d'habitants de la zone d'étude(10)

Tableau 7:Valeurs indicatives du coefficient de point horaire

Population (Nombre d'habitants)	K_{ph}
<10,000	2,5 à 3
10 000 à 50 000	2 à 2,5
50 000 à 200 000	1,5 à 2
>200 000	1,5

- Ville de KAYA

Le système d'AEP de la ville existant déjà, nous avons jugé nécessaire d'exploiter les données du fonctionnement actuel.

Une analyse de la consommation des cinq dernières années de la ville nous permet de proposer des taux d'accroissement.

Tableau 8:Taux d'accroissement

Centre de consommation d'eau	Taux d'accroissement
Branchements privés	7,5 %
Grande maison	3 %
Administration Collectivité locale et régionale	3 %
Administration nationale	3 %
Station ONEA	3 %

Sources : rapport d'exploitation 2013 ;2014 ;2015 ;2016 ;2017

- Commune de Boussouma et de Korsimoro

Pour les deux communes qui bénéficieront du projet d'AEP, certaines hypothèses ont été adoptées pour permettre la mise en place du projet.

Tableau 9:Taux d'accroissement des communes

Centre de consommation d'eau	Taux d'accroissement
Branchements privés	19 %
Activités socio- économiques	5 %

Ces taux d'accroissement permettent d'atteindre les objectifs du développement durable d'ici l'échéance du projet.

- Rendement

Il traduit l'efficacité de l'installation

Rendement réseau : $R(\%) = \frac{Volume\ distribué}{Volume\ produit} x100$

Indice Linéaire de perte : $ILP(m^3/km/j) = \frac{Volume\ journalier\ perdu(m^3)}{Longueur\ totale\ du\ réseau\ (km)}$

Le rendement moyen de la station de traitement sera de 95 %.

Celui du nouveau réseau de distribution sera 90 %.

- Pertes de charge

Il existe plusieurs formules empiriques pour déterminer ces pertes de charge. Nous calculons les pertes de charge linéaires avec celle de **Calmon LECHAPT**

$\Delta Hi = a\frac{L}{D^m} \times Q_i \times {Q_i}^{n-1}$;

pdc_{lin} : pertes de charge linéaire (m),

Q : débit transité (m^3/s) ; L : longueur de la conduite considérée (m) ;

a ; m ; n : coefficient (sans dimension) ; D : diamètre standard intérieur (m)

Tableau 10: Coefficients de Calmon LECHAPT

Coefficients	Conduite PVC (50mm<Dex<200mm)	Conduite PVC (200mm<Dex<1m)	Conduite en fonte et acier avec revêtement de ciment
a	0,000916	0,000971	0,0014
n	1,78	1,81	1,96
m	4,78	4,81	5,19

Les pertes de charge singulières seront prises égales à 5 % des pertes de charge linéaires

$Pd_{sing}=Pdc_{lin}x10\%$

Les pertes de charge totales correspondront donc à

$$\text{Pdc} = \Delta\text{H} = \left(\frac{a \times Q^{\text{n}} \times L}{D^{\text{m}}}\right) \times 1{,}1$$

- Réseau de refoulement
  - Diamètre théorique

Plusieurs formules permettent de déterminer le diamètre théorique D_{th} des conduites de refoulement.

- Bedjoui $D_{th} = 1{,}27 \times \sqrt{Q}$
- Bresse $D_{th} = 1{,}5 \times \sqrt{Q}$
- Bresse modifiée $D_{th} = 0{,}8 \times \sqrt[3]{Q}$
- Munier $D_{th} = (1 + 0{,}2n) \times \sqrt{Q}$
- Bonnin $D_{th} = \sqrt{Q}$

D_{th} (m) : diamètre théorique ; Q (m^3/s) : débit d'adduction, n (heurs) : temps de fonctionnement des pompes.

Dans le cadre de ce projet, nous adopterons un temps de pompage de 18 h.

- La profondeur et la largeur minimale du tranché de pose des conduites

Profondeur h(m) : $h_{min}=0{,}5+D_{ex}$ (conduite en fontes) ; h(m) : $h_{min}=0{,}8+D_{ex}$ (conduite en PVC ; PEHD)

Largeur (m) $l_{min}=0{,}60+ D_{ex}$

D_{ex} : le diamètre extérieur de la conduite

- Condition de vitesse

La vitesse d'écoulement U doit être comprise entre une valeur minimale et maximale

U_{min}= 0,3 m/s pour éviter un dépôt (conduite en fonte) en garantissant un auto-curage

U_{max} (1,00-1,20 (m/s) (PVC)

U_{max} (1,50-1,75 (m/s) (Fonte). Elle évite l'érosion du matériau de revêtement.

Dans la suite de notre étude, nous adoptons les vitesses économiques [0,5 à 0,8 m/s]

- Technologie du réseau

- **Vidanges**

$Q = \mu * S * \sqrt{(2gh)}$ avec $Q = V * t$

t = Temps de vidange nécessaire pour vider complètement la conduite

V = Volume du réservoir en m^3

S : Section de la vidange en m^2

μ : Coefficient de contraction pris égal à 0,6

g : Accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

Q : débit en m^3/s ;h : la différence de charge en le plan d'eau et l'entrée de l'orifice

- Hauteur manométrique totale (HMT) des groupes électropompes

HMT=$H_{geo} + Pdc$

H_{geo}: Hauteur géométrique

Pdc : Perte de charge

- Réservoir

Les caractéristiques du vent de la région du centre nord du Burkina sont considérées pour les calculs

* Vent normal= 23,6 m/s
* Vent extrême= 31 m/s

- Réservoir métallique

- Calculs

$$f = 2 \times \frac{\sigma_e}{3}$$

f: la contrainte admissible ; σ_e: Contrainte limite admissible

$$e = \frac{P_v \times D_i}{2 \times f \times z} + C \geq e_{min}$$

z : coefficient de soudure ; c : surépaisseur due à la corrosion ; e_{min} : 5 mm pour les diamètres$< 15m$; P_v: pression hydraulique ; e= épaisseur de la feuille de tôle

- Caractéristiques de l'acier

Module d'élasticité : E=21 000 daN/mm^2 ;module d'élasticité transversale :G=81 000 daN/mm^2 ;coefficient de poisson γ=0,3 ;Limite d'élasticité : 2 400 daN/cm^2.

- Réservoir en béton armé

- Les éléments en contact avec l'eau seront dimensionnés avec le fascicule 74 et les éléments qui ne le sont pas avec le BAEL (11).

Tableau 11 : Hypothèse de calcul béton armé et principales dispositions du fascicule 74 des réservoirs

Type d'ouvrage	L'étanchéité classe A
Résistance du béton à la compression	f_{c28}=30MPA
Coefficient partiel de sécurité du béton	ɣ =1.5
Poids volumique du béton	γ_b =25 kN/m^3
Nuance de l'acier	HA Fe E500
Coefficient partiel de sécurité de l'acier	ɣ=1.15
Coefficient de fissuration	Ƞ = 1,6
Fissuration très préjudiciable	
Contrainte de traction de l'acier	$\sigma_{st(\text{Mpa})} \leq min\left[\alpha\sqrt{\frac{\eta f_{t28}}{\emptyset s}} + 30\eta; 0.5fe; 90\sqrt{\eta f_{t28}}\right]$
Poids volumique de l'eau	10 kN/m^3
Poids volumique de la poussée des terres ɣt	20 kN/m^3
Charge d'entretien	1kN/m^3
Contrainte admissible du sol	0.2 MPa
Contrainte de traction du béton sur les faces mouillées des parois	$\sigma_b \leq 1.1\theta f_{t28}$ $\theta = 1 + \frac{2e_0}{3h_0}$ En flexion composé e_0 : l'excentricité h_0 : épaisseur de la paroi
Épaisseur minimale	15 cm en classe A
Diamètre des aciers et espacements	En 2 nappes si $h_0 \geq 15\ cm$ $\emptyset \leq \frac{h_0}{10}$ $S \leq \min(1.5\ h_0; 20\ cm)$
Section d'acier	$\geq 0.23\frac{f_{t28}}{f_e} - \frac{N}{3h_0 f_e}$ En flexion composée avec N l'effort normal de traction $\geq 0.125\%.h_0.b_0$ Pour les HA par face et dans chaque direction $\leq 2\%h_0.b_0$ dans chaque direction
Radier et fonds de réservoir directement posé sur le sol	Radiers monolithes et solidaires des parois verticales $A_s \geq 0.25\%h_0.b_0$ acier HA

- Traitement

Le traitement de l'eau requiert un processus physique, chimique et parfois biologique *(processus primaire généralement utilisé dans le traitement des eaux usées)* pour éliminer les

différents contaminants.

- Coagulation floculation

$$Q \times T = q \times c$$

Q(m^3/h) =débit de traitement ; T(g/m^3) =taux de traitement (*déterminé par l'essai de floculation*) ; q(l/h) =débit de la pompe doseuse (*fournis par le constructeur*) ; c(g/l) =concentration (g/l)

- Décantation

La décantation est un traitement qui fais suite à la coagulation, floculation et dont le but essentiel est l'obtention d'une eau de qualité. Ce processus (physique) s'opère par gravité.
À l'issue de ces trois étapes, 90% des matières en suspension (MES) seront ainsi éliminé.

- Filtration

C'est de séparation à travers un milieu poreux.

- Désinfection

L'eau destinée à la consommation doit être exempte de microorganisme qui pourrait porter atteinte à la santé du consommateur.
La désinfection chimique couramment utilisée par l'ONEA (hypochlorite de sodium (eau de javel) NaClO) sera adoptée.

- Bassin à boue

Pour le dimensionnement de ce bassin, nous utilisons les données de la période hivernale (juillet) où la turbidité est la plus élevée (Turbidité > 1 000 NTU)

V. ÉTUDE TECHNIQUE

V.1. INTRODUCTION

L'étude diagnostique étant menée, l'étude technique porte sur différentes composantes du système. Elle consistera à évaluer les besoins en eau à l'échéance du projet, à la conception et au dimensionnement des ouvrages.
La nouvelle station de traitement sera réalisée à 20 mètres de l'actuelle station.

V.2. ÉVALUATION DE LA DEMANDE

V.2.1. Kaya

L'évaluation de la demande en eau de la ville d'ici l'horizon 2030 est basée sur le nombre de la population et de leur besoin spécifique.

Tableau 12:Evaluation des besoins en eau de KAYA

Population en 2030 (habitants)		167 491
Consommation spécifique	Borne-fontaine (l/pers/j)	25
	Branchement privé(l/pers/j)	50
Grands consommateurs (m^3/j)		297,7
Taux de desserte	Borne-fontaine	2%
	Branchement privé	98%
Coefficient de pointe journalier C_{pj}		1,15
Les besoins de pointe journaliers Q_{pj}(m^3/j)		**11 912**
Production actuelle (m^3/j)(forages et station de traitement)		4 000
Production de la nouvelle station (m^3/j)		7 912

V.2.2. Boussouma

Tableau 13:Évaluation des besoins en eau de BOUSSOUMA

Population en 2030 (habitants)		14 023
Consommation spécifique	Borne-fontaine (l/pers/j)	25
	Branchement privé(l/pers/j)	40
Taux de desserte	Borne-fontaine	20%
	Branchement privé	80%
Coefficient de pointe journalier C_{pj}		1,15
Les besoins de pointe journaliers Q_{pj}(m^3/j)		**576**

V.2.3. Korsimoro

Tableau 14 ::Évaluation besoins en eau de KORSIMORO

Population en 2030 (habitants)		31 777
Consommation spécifique	Borne-fontaine (l/pers/j)	25
	Branchement privé(l/pers/j)	40
Taux de desserte	Borne-fontaine	20 %
	Branchement privé	80 %
Coefficient de pointe journalier C_{pj}		1,15
Les besoins de pointe journaliers Q_{pj}(m^3/j)		**1 157**

Une population de 18 000 habitants des villages situés sur la traversée de la conduite de

refoulement Kaya-Korsimoro sera alimentée en eau afin de satisfaire leurs besoins de 593 (m^3/j) d'ici 2030.

La demande eau totale serait donc de 10 239 m^3/j.

V.3. RESSOURCE EN EAU

L'objectif est d'évaluer la capacité du lac DEM à satisfaire la demande en eau potable prévue par le projet.

V.3.1. Caractérisation du bassin versant

Les caractéristiques sont définies dans le tableau ci-dessous

Tableau 15:Caractéristique du bassin versant

Caractéristiques	**Bassin versant**
Superficie	581 Km^2
Périmètre	90 km
Longueur équivalente	33 km
Largeur équivalente	12 km
Indice global de pente	2,09m/Km
Pluie moyenne annuelle	556 mm
Coefficient de compacité	1,26
In filtrabilité	Ig3I

V.3.2. Capacité de la retenue

Nous considérons les résultats de l'étude Bathymétrie, de levés topographiques et de pose d'échelles limnimétriques sur le Lac DEM

Capacité de stockage de la retenu

Tableau 16:Caractéristique du Lac DEM

Caractéristiques	**Lac DEM**
	Plan d'eau normal PEN
Altitudes(m)	296,25
Hauteur (m)	3,87
Surface (m^2)	9 431 642,69
Volume d'eau maximale(m^3)	17 427 236,55
Coordonnées géographiques	01°09'50 O 13°10'38 N

Source : rapport bathymétrique et topographique (12)

V.3.3. Courbe hauteur-surface-volume.

La capacité de stockage du réservoir a été évaluée à partir de la courbe Hauteur/Volume et Hauteur/Surface qui est obtenue à partir de mesure bathymétrique et topographique. Il ressort de ces données les caractéristiques représentées par cette courbe ci-dessous.

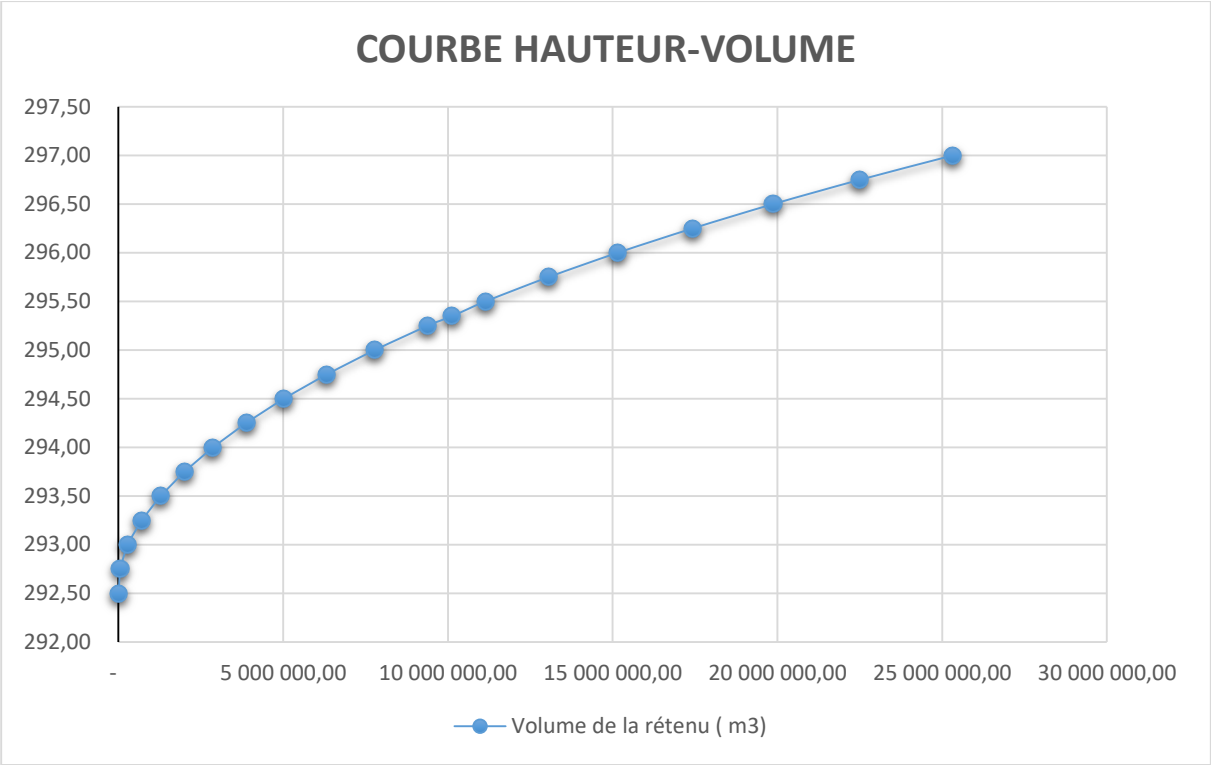


Figure 6:Courbe Hauteur-Volume

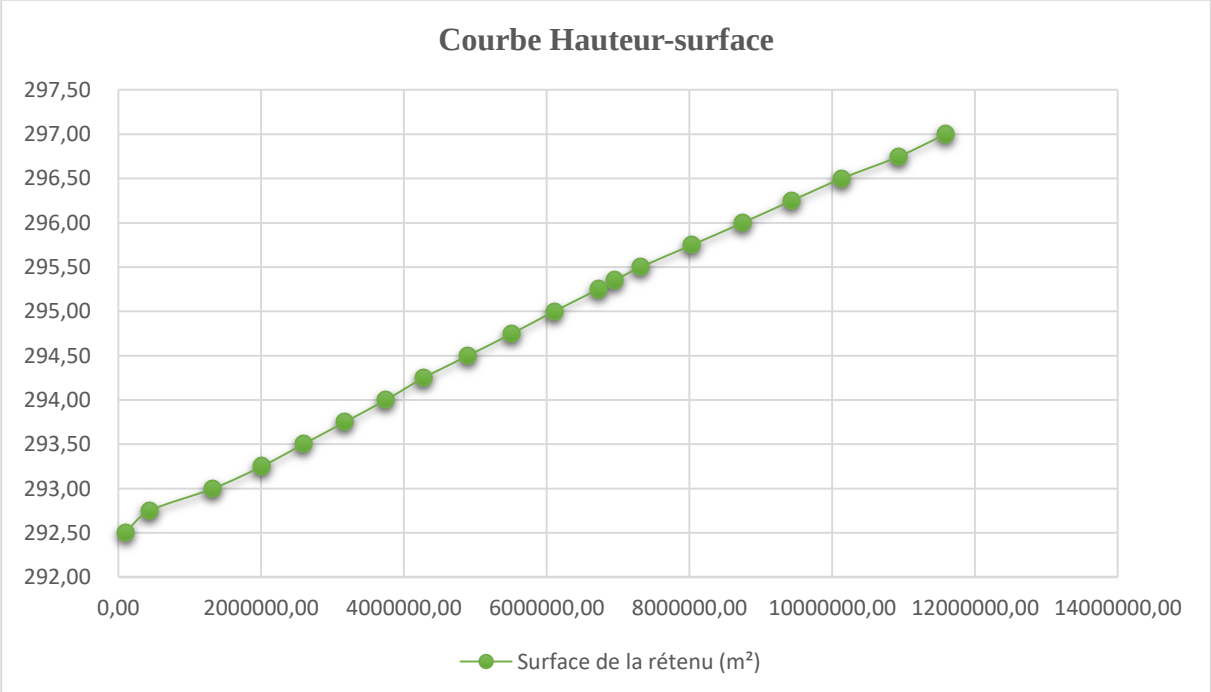


Figure 7:Courbe hauteur surface

Ces résultats montrent l'état de la ressource en eau disponible en fonction de la superficie de la retenue.

V.3.4. Caractéristiques de l'eau

L'eau du lac est très acide ; avec des turbidités dépassant 1000 NTU et une forte présence d'algues. Cela nécessite une peroxydation afin d'éliminer les algues.

V.3.5. Évaluation des apports du lac DEM

Le lac est alimenté par les eaux de ruissèlement du bassin versant du Nakambé avec une superficie de 581 km^2.Nous avions estimés les apports par une série de données pluviométrique de la station de Barsalogho (1968-2017). Les résultats de l'analyse sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau 17:Volume de la retenue.

Volume d'eau (m^3)	**Valeurs**
Maximale	32 516 892,00
Moyenne	16 665 956,08
Décennale sèche	11 432 200
Minimale	9 912 407,40

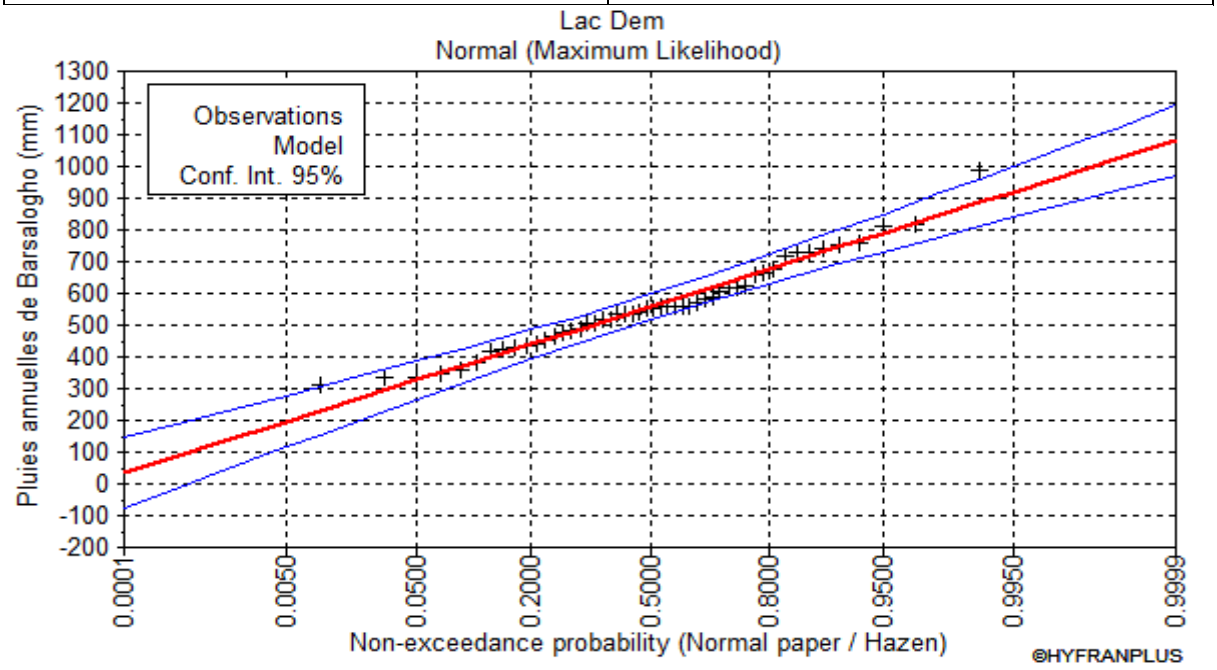


Figure 8:Analyse pluviométrique de la station de Barsalogho

V.3.6. Evaluation des pertes et prélèvements

Les pertes sont évaluées par rapport à l'infiltration et à l'évaporation annuel. Elles représentent comme suite :

Evaporation :1 475 mm ; Infiltration : 364,5 mm

Les prélèvements sont celle de l'AEP (2 606 400 m^3/an), L'irrigation (1 050 000 m^3/an) ; Le cheptel (187 739 m3/an).

La période de novembre-Mars est considérée.

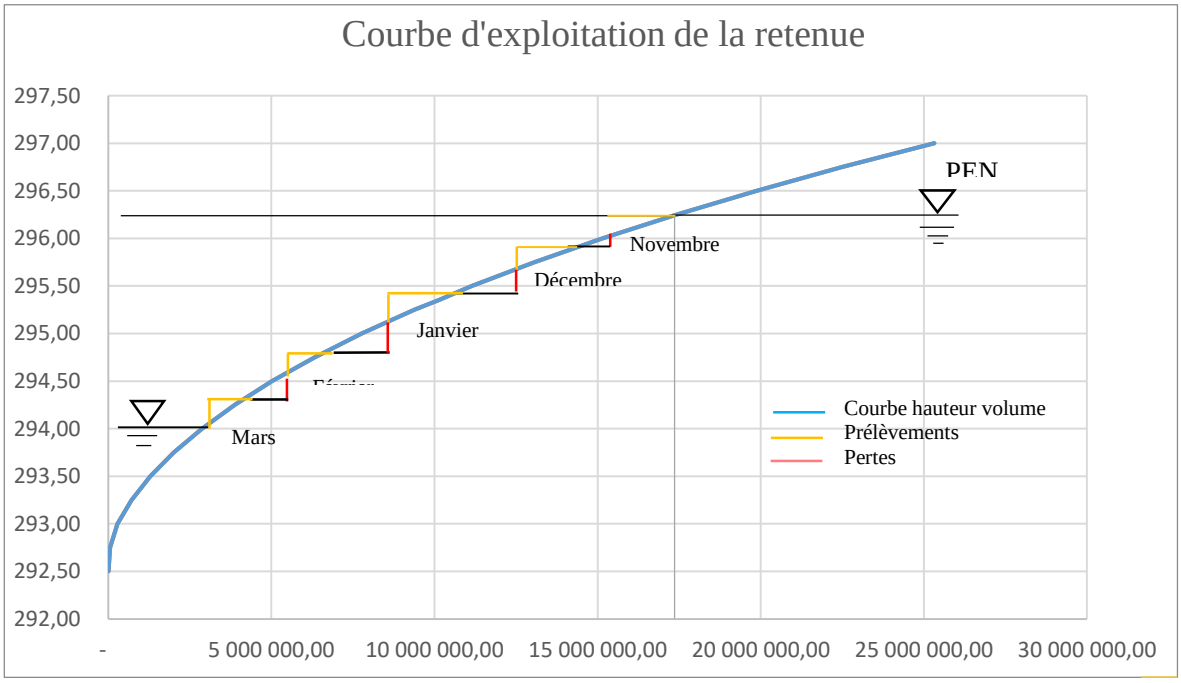


Figure 9:Courbe d'exploitation de la retenue

V.3.7. Adéquation de la ressource et de la demande

Les différents besoins additionnés de ceux actuellement assurés par la station de traitement existante représentent un prélèvement de 5,138 million de mètres cubes des apports annuels.

Les pertes représentent un volume de 4,504 million de mètres cubes.

La mise en service de la nouvelle station de traitement n'entravera donc pas des autres activités (maraicher culture et la pêche).

V.4. L'OUVRAGE DE PRISE

V.4.1. Dégrillage

Ce processus est fortement conseillé dans le cadre du captage des eaux de surface.

Il empêche l'arrivée des matières volumineuse transportée par l'eau susceptible de gêner le fonctionnement optimal de la prise.

L'espacement entre les barreaux (20 mm et 40 mm) habituellement retenu pour les eaux de surface sera considéré (14).

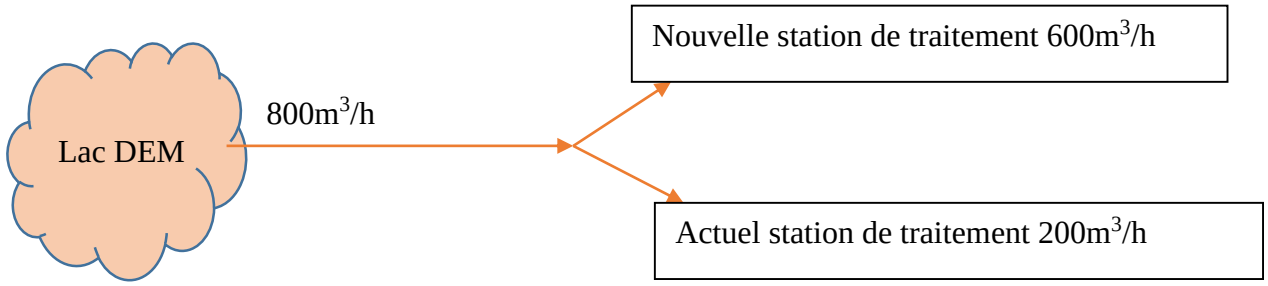
Le nettoyage sera fait manuellement avec un angle d'inclinaison (α=70°) par rapport à l'horizontale de la grille et une vitesse de passage entre les barreaux (1,2 m/s et 1,4 m/s).

V.4.2. La prise

C'est le dispositif permettant le captage de l'eau brute. L'ouvrage (la digue) existant déjà, nous adopterons une prise équiper de groupe électropompes flottante (13). Il est dimensionné pour assurer un prétraitement de l'eau du Lac. Le processus de dégrillage et du dessablage s'y dérouleront. (Voir Annexe 2).

Les eaux du lac étant fortement chargées surtout en période hivernale, nous proposons une prise flottante renforcée par un encrage au fond du lac. Cette prise satisfaire les deux stations à l'horizon du projet (800 m^3/h).

V.4.3. Relevage



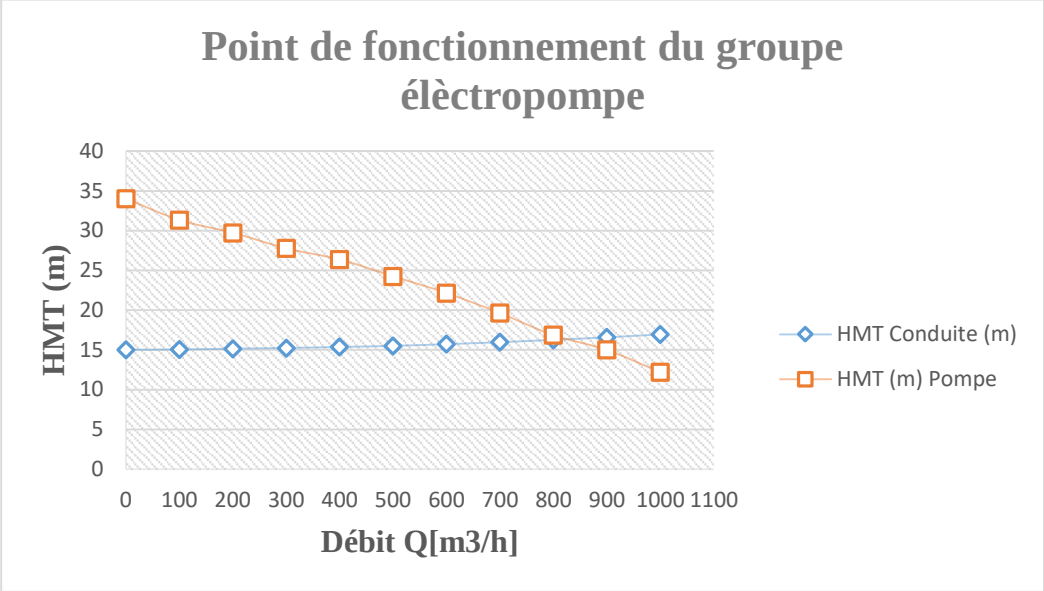
La côte (293,53 m) de la prise d'eau étant inférieure à celle de la cascade (310,5) ; une station de relevage est donc nécessaire. Elle délivrera un débit de 800 m^3/h pour un HMT de 17,45 m vers l'ancienne station (200 m^3/h) et la nouvelle station (600 m^3/h).

Le pompage de l'eau brute sera assuré par des groupes électropompes submersible (S2.100.200.500.4.62L.S.290. G.N.D.513 – 96783249) du constructeur Grundfos. Les caractéristiques de l'une de ces pompes sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Pompe choisie : Prise Station											
Q[m3/h]	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
HMT Conduite (m)	15	15,04	15,15	15,23	15,36	15,5	15,72	15,97	16,27	16,59	16,96
HMT (m) Pompe	34	31,32	29,72	27,76	26,36	24,25	22,15	19,63	16,85	15	12,2

Au point de fonctionnement, le groupe électropompe présente les caractéristiques suivantes Q[m3/h]=801,6 ;HMT[m]=16,85 ;n rendement=70%

Tableau 18:Caractéristiques de la pompe submersible



Figur 10 : Point de fonctionnement du système de réfoulement

Notre choix s'est porté sur deux pompes de la même série fonctionnant toutes de manière alternée.

- Durée du pompage

Pour des raisons de souplesse de gestion et de sécurité, nous retenons une durée de pompage de 18 heures à l'échéance du projet.

V.4.4. Ouvrages d'accès

La digue actuelle (2 ,5 m de largeur) sera augmentée afin de faciliter la maintenance de l'ouvrage de prise.

- Digue

Longueur L : 150 m

Largeur l : 3,5 m

- Passerelle

Longueur L : 9 m

Largeur l : 1,5 m

Longueur des pieux : 3,5 m

Ses dimensions permettront de réaliser efficacement les travaux de maintenances.

V.5.UNITES DE TRAITEMENT

V.5.1. Coagulation floculation

L'objectif est l'élimination des particules colloïdales de faibles diamètres par l'injection de réactif coagulant, floculant (sulfate d'alumine), pour que les contenues dans l'eau brute s'agglomèrent pour former des particules plus grosses généralement très poreuses.

Une analyse continuelle en laboratoire (jar test) de l'eau du lac est faite chaque jour. Nous utilisons les données de ces analyses (Turbidité maximale >1 000 NTU) pour dimensionner le bac de stockage des produits de Coagulation-floculation(15).(voir annexe 3)

Tableau 19: Produits de coagulation floculation

Produits	Taux de traitement Tg/m^3]	POMPES DOSEUSES		Capacité du bac de mélange V (l)		
		Q [l/h]	Pression [Bar]	Hauteur [m]	Diamètre[m]	Nombre
La chaux	20	300	16	1,2	2,30	1
le Syntofloc	0,2	75	16,02	1,4	1,51	1
Le Sulfate d'alumine	90	400	16,02	1,4	2,13	2

- **Ouvrages**

Aération

Elle est nécessaire pour oxyder la matière organique afin d'éliminer les gouts et les odeurs.

La coagulation est réalisée à ce niveau.

Nous optons pour l'aération par cascade avec un temps de séjours Ts= 5 secondes, une vitesse de 1 m/s

- ✓ Dimension de la cascade

Largeur l(m) : 2,40

Longueur L(m) : 2,90

Profondeur h(m) : 3

4 marches

Largeur (m) : 0,6 ; longueur (m) :2,9 ; hauteur (m) : 1

Ce dispositif d'aération consomme moins d'énergie et a un cout très faible.

Un répartiteur en V sera intégré à la structure afin de transporter l'eau coagulée pour alimenter chaque décanteur.

V.5.2. Décantation

La décantation est un traitement qui fais suite à la coagulation, floculation et dont le but essentiel est l'obtention d'une eau de qualité. Ce processus (physique) s'opère généralement par gravité(16).

À l'issue de ces trois étapes, une grande majorité [90%] des matières en suspension (MES) seront ainsi éliminées.

- **Décanteur Pulsator**

Ce décanteur est dimensionné pour un débit de 400 m^3/h. Nous retenons une vitesse de décantation de 3,17 m/h pour un temps de séjour de 1,89 heure. Les dimensions constructives sont :

- ✓ Zone de décantation

Hauteur [Hc]= 6 m

Longueur [L]=13 m

Largeur [l]=9,70 m

Hauteur de boue =0,8 m

La floculation se dérouler dans une autre partie de ce dispositif.

- ✓ Zone de floculation

Rayon de la cloche [RC]= 2,00 m

Hauteur de la cloche [hc]= 5,5 m

- **Décanteur Accelerator**

Il est conçu pour traiter un débit de 200 m^3/h avec une vitesse de décantations de 4,5 m/h et un temps de séjour de 1,11 heure.

- ✓ Zone de décantation

L'ouvrage sera de forme circulaire

Diamètre [D_c]= 8 m

Hauteur [H_p]= 5 m

Tout comme le pulsator, la floculation se déroule à l'intérieur du dispositif.

- ✓ Zone de Floculation

Diamètre D_f = 3,5 m

V.5.3. Filtration

Les filtres rapides homogènes à nid de sable, ouvert sont retenus pour cette station

- **Filtre du décanteur Pulsator**

Tableau 20:Caracteristique du décanteur Pulsator

<table>
<tr><td colspan="4">filtration sur lit granulaire</td></tr>
<tr><td colspan="2">vitesse de Filtration (filtration rapide) 4<V (m/h)<15</td><td>5,5</td><td rowspan="4">Nombres de filtres</td></tr>
<tr><td colspan="2">Débit de la station de traitement Q (m^3/h)</td><td>400,00</td></tr>
<tr><td colspan="2">Surface du filtre S (m^2)=Q/V</td><td>18,18</td></tr>
<tr><td colspan="2">L/l</td><td>1,70</td></tr>
<tr><td>largeur l(m)</td><td>3,27</td><td>3,5</td><td rowspan="2">5</td></tr>
<tr><td>Longueur L(m)</td><td>5,56</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="2">Épaisseur du massif filtrant 0,8<e (m)<1</td><td colspan="2">1</td></tr>
<tr><td colspan="2">Hauteur d'eau au-dessus du massif filtrant he (m)</td><td colspan="2">0,5</td></tr>
</table>

- **Filtre du décanteur Accelerator**

Tableau 21:Caractéristiques du décanteur Pulsator

<table>
<tr><td>vitesse de Filtration (filtration rapide) 4<V (m/h)<15</td><td>4</td><td rowspan="3">Nombres de filtres</td></tr>
<tr><td>Débit de la station de traitement Q (m^3/h)</td><td>200,00</td></tr>
<tr><td>Surface du filtre S (m^2)=Q/V</td><td>18,02</td></tr>
<tr><td>L/l</td><td>1,71</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>largeur l(m)</td><td>3,5</td><td rowspan="2">3</td></tr>
<tr><td>Longueur L(m)</td><td>6</td></tr>
<tr><td>Épaisseur du massif filtrant 0,8<e (m)<1</td><td colspan="2">1</td></tr>
<tr><td>Hauteur d'eau au-dessus du massif filtrant he (m)</td><td colspan="2">0,5</td></tr>
</table>

On aura donc sept (8) filtres de 3,5 x6 m

Un matériau filtrant homogène de taille effective 0,95 mm à 1,35 mm sera utilisé, et le processus de lavage s'effectuera à air et à l'eau (processus généralement utilise par l'ONEA)

Lavage des filtres

Les débits mis en œuvre pour les lavages sont

Débit d'eau de lavage en soufflage : 7 à 15 $m^3/h/m^2$

Débit d'air de lavage 50 à 60 $m^3/h/m^2$

Pour une utilisation efficace, le lavage des filtres sera régulé par un indicateur de colmatage du sable.

Régulateur de filtre

Ces batteries de filtre(14) doivent être alimentées le plus régulièrement en évitant un débit élevé sur l'un des filtres. Il faut donc assurer une équipartition du débit total entre les filtres. Nous optons pour les régulateurs des filtres : les siphons partialités à l'aide d'une entrée d'air. Ce dispositif est moins couteux et son entretien est facile.

V.5.4. Désinfection

L'eau destinée à la consommation doit être exempte de microorganisme qui pourrait porter atteinte à la santé du consommateur. Il existe couramment deux modes de désinfection physique et chimique.

La désinfection chimique couramment utilisée par l'ONEA (hypochlorite de sodium (eau de javel) NaClO) sera adoptée.

La désinfection de l'eau traitée se fait avec un électrolyseur CHLORINSITU III (17) dont les caractéristiques sont les suivantes

Tableau 22 : Caractéristiques de l'électrolyseur

Débit de dosage	1500	g/h
Débit de la pompe doseuse q	187,5	l/h
Volume du bac	1700	l
Réservoir de saumuré	380	l
Consommation d'eau	180	l

V.5.5. Gestion des boues et des eaux de lavage des filtres

- **Bassin à boues**

quantité de boue produite l /m3	141
Volume de Boue produit par les décanteurs (m3/j)	1522,8
Temps de vidange t (j)	**2,00**
Profondeur du bassin h(m)	4
largeur l(m)	**23**
Longueur L(m)	**34,5**
Revanche r(m)	**0,50**
Profondeur totale H(m)=r+h	4,5

Ce bassin à boue jouera le rôle de décanteur où l'eau sera recyclée et la boue réinjectée dans le lac.

- **Pompe à boue**

Pour évacuer la boue stockée, nous optons pour une pompe à boue submersible.

GRUNDFOS S1.100.200.135.4.54L.S.261. G.N.D.511 - 95113506

Tableau 23:Caractéristiques de la pompe à boue

Q[m³/h]	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450
HMT (m) Conduite	7	7,01	7,05	7,11	7,2	7,31	7,45	7,61	7,8	8,01
HMT (m) Pompe	19,18	18,5	17,67	16,46	15,04	12,93	10,97	9,21	7,4	5,64

Ce tableau illustre la fiche technique de la pompe choisie pour l'évacuation de la boue

Cette pompe présente les caractéristiques suivantes au point de fonctionnement.

Q[m³/h] =380,7 ; HMT[m]=19,3 ; η rendement= 78%

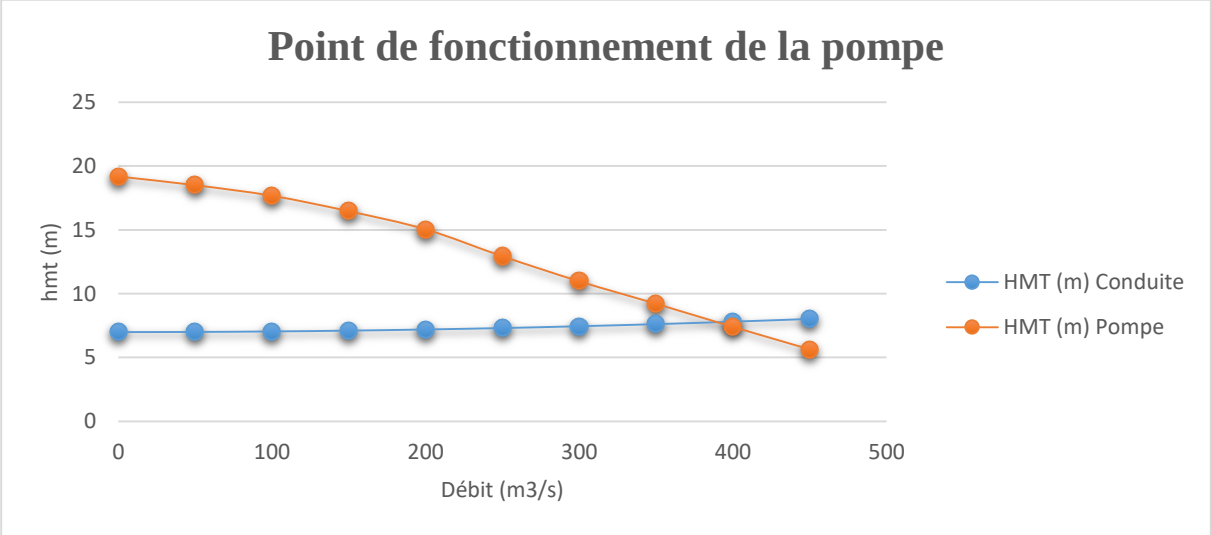


Figure 11:Point de fonctionnement de la pompe à boue

Processus de traitement de l'eau

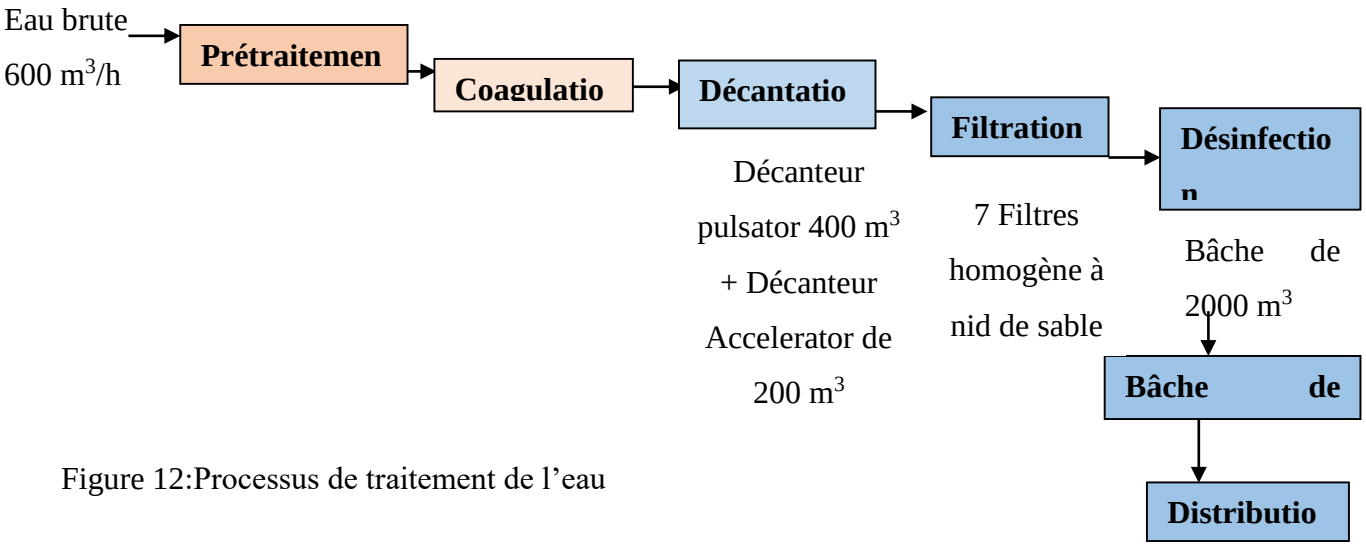


Figure 12:Processus de traitement de l'eau

V.5.6. Stockage

Elle servira de zone tampon entre l'eau traitée et les réservoirs de stockage.

- **Bâche d'eau claire**

La capacité de la bâche sera de 2 000 m^3 avec un temps de séjours de 3 h

Les dimensions constructives retenues :

Hauteur totale : 7 m

Diamètre : 21 m

Volume : 2078 m^3

Nous optons pour un réservoir enterré situé à la station de traitement. (Voir annexe 4 ;5)

V.6. STATION DE POMPAGE

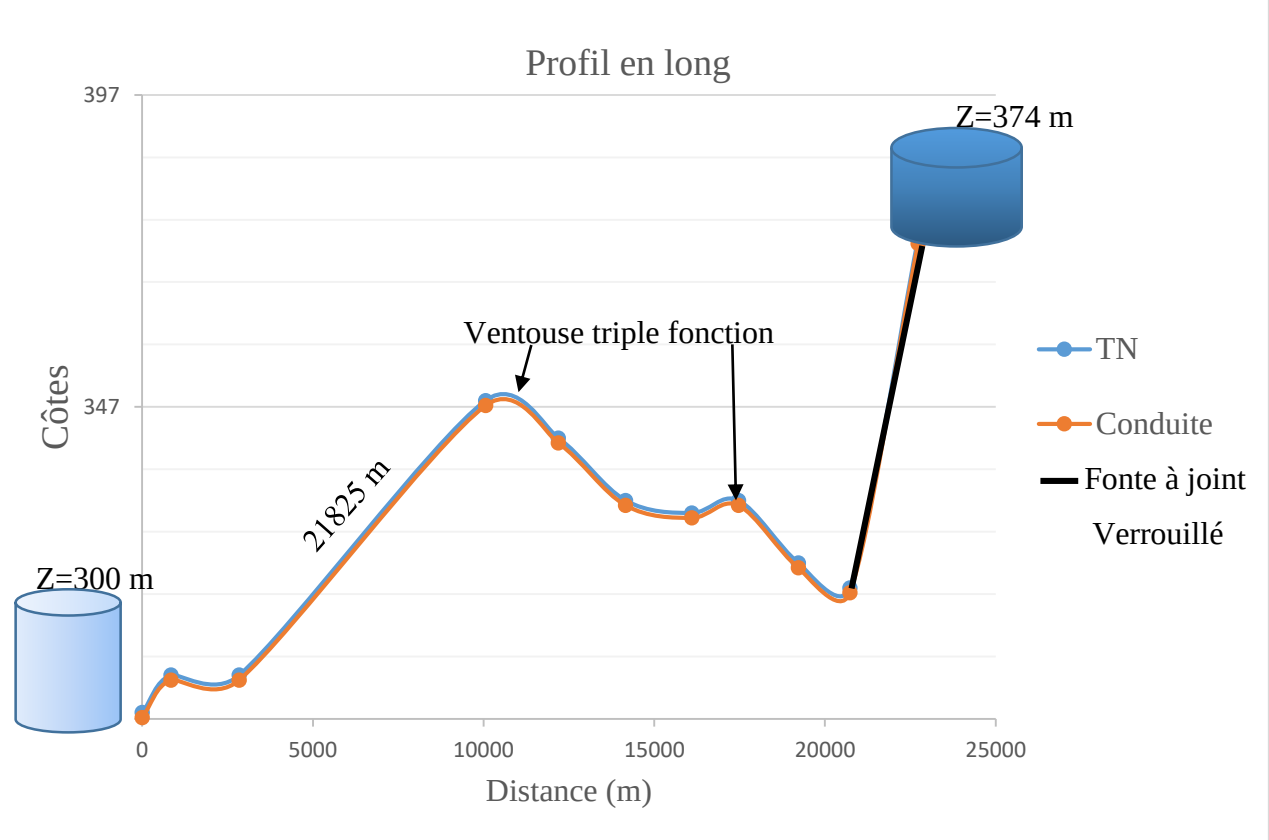


Figure 13:Profil en long de la conduite de refoulement

Station de Pompage d'eau Claire

La côte de la station étant plus bas (300m) que celle de la bâche de reprise (374 m), une station de pompage est donc nécessaire pour vaincre la gravité (13).

NKG 200-150 -500/521 A2-F-A-E-BAQE - 98 319 814

Tableau 24:Caractéristiques de la pompe d'eau claire

Q (m3/s)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
HMT (m)	74	74	75	76	78	81	83	87	91	95	100	105	111	117
HMT (m) Pompe	141	142	141	141	140	138	136	134	131	127	123	119	114	109

Q[m³/h] =604 ; HMT [m]=104,6 ; D [mm]=301 ; η=80%

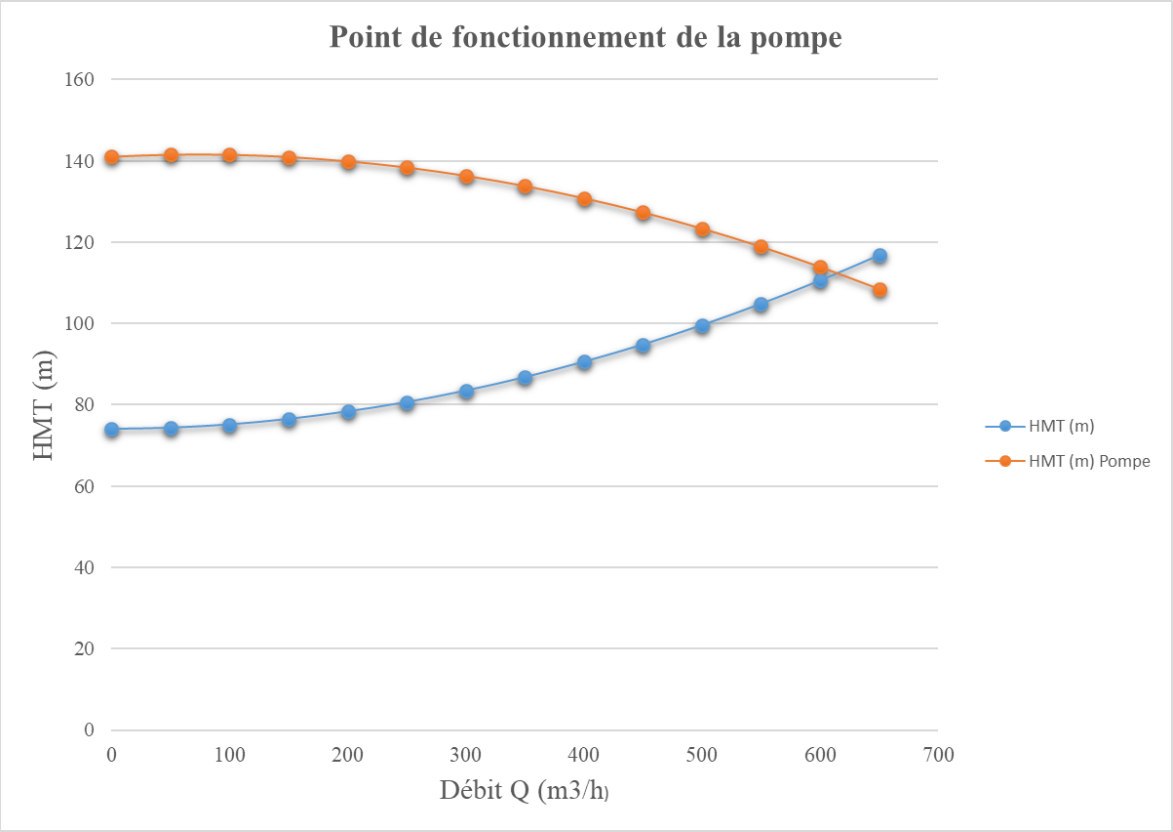


Figure 14:Caractéristiques de la conduite de refoulement

V.7. RÉSEAU D'ADDUCTION

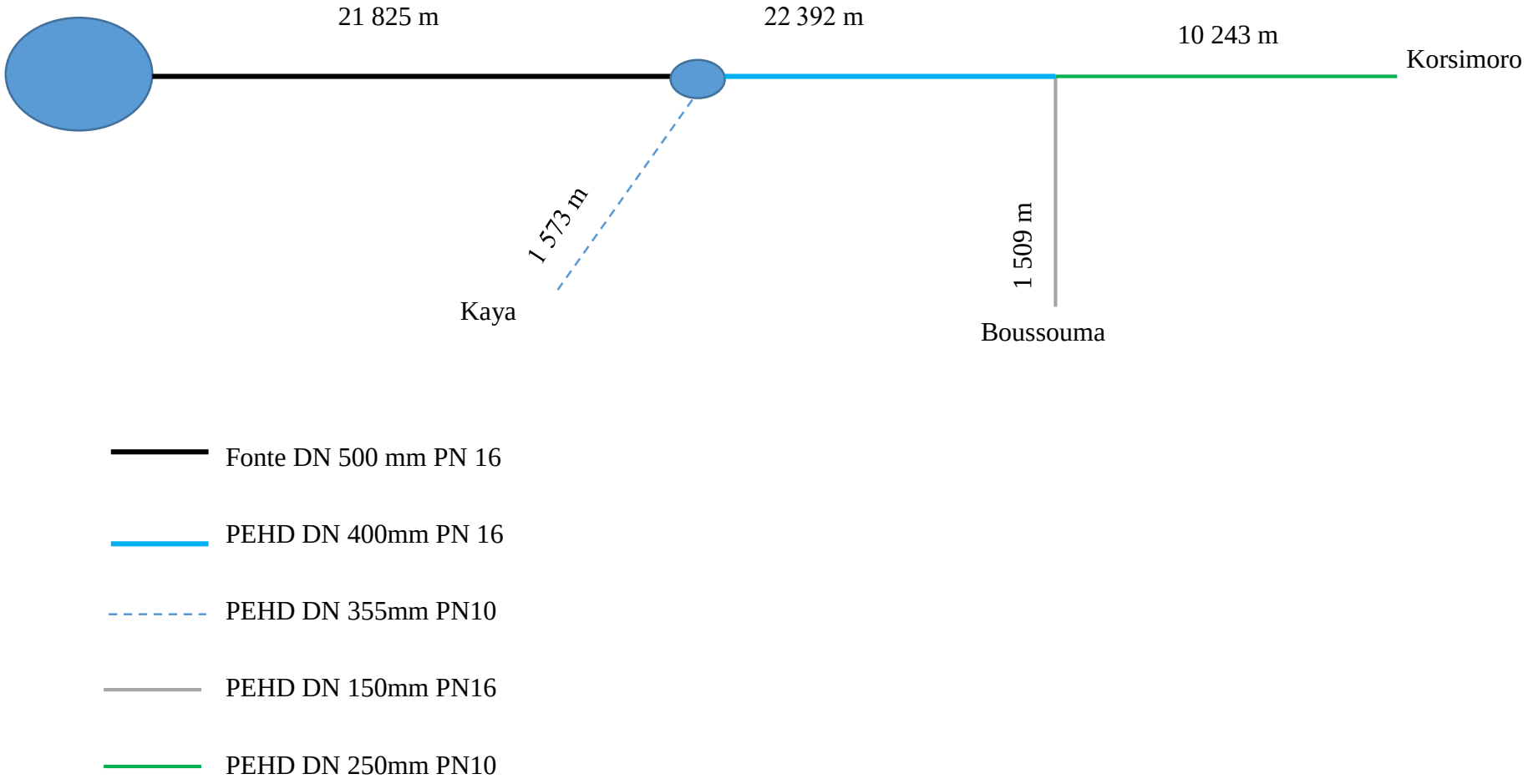


Figure 15:Schemat synoptique du réseau

Ce réseau a une longueur totale de 43 138 m (Annexe 9). Pour réduire le cout énergétique lié à l'exploitation, une station de reprise (Z=374m) est nécessaire pour alimenter gravitairement les deux communes. Ainsi, on a 20 746 m de conduite en fonte de diamètre 500 mm (Q= 600 m^3/h) qui alimente la bâche de reprise. 22 392 m de conduite en PEHD PN 16 de diamètre 400 mm (Q=160 m^3/h) alimente gravitairement les communes ainsi que les villages situer sur le tracer de la conduite (18).

V.7.1 Dimensionnement et pose du réseau

Le tracé de cette nouvelle conduite suivra celle déjà existante. Cela va de la station de traitement à l'entrée de la ville de KAYA.la deuxième partie suivra au mieux la configuration du TN.

Le fond de tranchée sera corrigé par la pose de lit de sable damé et réglé soigneusement de manière à ce que les canalisations reposent sur le sol sur toute leur longueur.

Un grillage avertisseur est posé à 60 cm de la génératrice supérieure (Voir annexe 12).

V.7.2. Protection du réseau

La vérification de l'impact du coup de bélier sur le premier tronçon montre qu'il y a une surpression préjudiciable. Nous retenons un réservoir ¨anti bélier¨ d'une capacité de 30 000 l du constructeur **BERMAD Adduction** d'eau pour protéger ladite conduite. La Vessie est de type polyuréthane muni d'une bride de sortie et soumis à une pression minimale de 10 bars et une pression maximale de 25 bars.

Les ventouses sont placées à chaque point haut significatif du réseau.

Pour faciliter l'entretien du réseau, des vannes à papillons sont placées à chaque 1000 m.

Le deuxième tronçon est muni de ventouses triple fonction lutter contre d'éventuelle dépression.

V.8. OUVRAGES DE STOCKAGE

Ces ouvrages permettent d'avoir une pression constante dans le réseau de distribution et d'assurer une alimentation continue en eau.

Ils sont dimensionnés avec la méthode rationnelle 25 % des besoins.

V.8.1. Château de la ville de KAYA

Ce réservoir permettra de régler le problème d'eau au quelle la ville fais face actuellement.la capacité de 1978 m^3 soit 2 000 m^3 selon les dispositions constructives est retenue. Le réservoir sera situer à la côte 395 m pour une hauteur sous radier de 10 m. (Voir annexe 6 ;7)

- **Adduction**

L'adduction en eau dudit réservoir se fera par surverse en chute libre munie d'un robinet vanne flotteur.

- **Entretien**

L'entretien se fera chaque six (06) mois. Le vidange partant du bas du réservoir sera raccordée à la conduite du trop-plein.

V.8.2. Bâche de reprise

Situer à la côte de 374 m est à une capacité de 2000 m^3.

V.8.3. Châteaux d'eau des communes

La réalisation d'un château dans chacune des deux communes dans la cadre de ce projet est défini dans le TDR.

- **BOUSSOUMA**

Pour satisfaire les conditions de vitesse et de pression, la cote [343 m] est retenue soit une hauteur sous radier de 7 m. (Voir annexe 8)

Coordonnée du nouveau château d'eau

X : 707 814

Y : 1 427 640

Notons que le château aura une capacité de 150 m^3 et sera métallique

- **KORSIMORO**

Le château d'eau d'une capacité de 300 m^3 en béton sera à la cote [322 m] pour une hauteur sous radier H=16 m.

X : 709 534

Y : 1 419 248

V.9 RESEAUX DE DISTRIBUTION

V.9.1 KAYA

Le réseau de la ville se présente comme suite (Annexe 10)

- **Simulation du réseau**

Le réseau de distribution existe déjà, une simulation de ce dernier parait donc nécessaire pour prévoir son comportement global lors du renforcement.

La simulation du réseau de la ville indique des pressions négatives au niveau de plusieurs nœuds (Annexe 11) ce qui traduit assez bien le problème de pénurie d'eau constatée sur le terrain.

La construction du château d'eau (2000 m^3) à la côte (Z=395 m soit une hauteur sous radier de 1 0m) est nécessaire pour résoudre le problème de pénurie. Ce château d'eau sera raccordé au réseau par une conduite en PEHD de 355 mm sur une longueur de 1573 m.

Pour satisfaire les conditions de vitesse et de pression ; une densification du réseau sera nécessaire.

Tableau 25:Caractéristiques du réseau

Conduites	Diamètre (mm)	Longueur
PVC	160	607,7 m
PVC	110	1 624 m
PVC	90	54 m

V.9.2 BOUSSOUMA

Pour une pression de 2 bars, la section des conduites varie de 63 mm à 250 mm avec une longueur totale de 8 937 m. (Annexe 12)

Tableau 26: Caractéristiques du réseau de BOUSSOUMA

Conduite PVC PN10 DN (mm)	Longueur (m)
63	534
75	898
90	3 339
110	2 268
160	550
190	106
250	186
Longueur totale	8 937

Les pressions varient de 10 m à 24m avec des vitesses comprises entre (0,5 m/s à 0,8 m/s)

Simulation du réseau

La simulation du réseau donne les mêmes résultats que celui du dimensionnement fait précédemment Pression 14 < P(m)<32. (Annexe 13)

V.9.3 KORSIMORO

Le réseau de Korsimoro sera constitué de conduites en PVC diamètre 63 mm -315 mm (Annexe 14)

Tableau 27:Caractéristiques du réseau de KORSIMORO

Diamètre extérieur (mm)	Longueur (m)
63	957,607
75	701,467
90	1300,547
110	857,983
140	851,044
160	1186,447
180	464,658
200	1279,757
250	21,589
315	206,656
Totale	7827,755

- **Simulation du réseau**

La simulation du réseau sur EPANET nous donne un aperçu du fonctionnement du réseau (Annexe 15). Cette simulation reproduit à la perfection les calculs effectués sur Excel (Annexe 22). Les pressions au niveau des nœuds varient entre 20m et 36 m avec une pression nominale de 20 m que nous avions considéré.

V.10. ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE DU PROJET

La nouvelle station de traitement sera alimentée en électricité par la SONABEL. Un groupe électrogène classique 300 KVA servira de secours.

V.11. CONCLUSION PARTIELLE

Ces ouvrages dimensionnés permettent de réduire fortement les problèmes d'accès à l'eau potable.

La réalisation de ces différentes activités va nécessairement engendrer des couts financiers.

VI. ÉTUDE FINANCIÈRE

VI.1. INTRODUCTION

Après le dimensionnement de tous les ouvrages, l'estimation financière de projet est nécessaire pour déterminer le cout unitaire de chaque travail.

VI.2. ESTIMATIF DES COUTS DU PROJET

Tableau 28 : Étude financière du projet

N°	Désignation	Montant
I	Renforcement de l'AEP Kaya	
I-2	Ouvrage de prise sur le lac DEM de débit 800 m^3/h	500 000 000
I-3	Station de traitement de 600 m^3/h génie civil complet y compris réservoir intermédiaire	2 600 000 000
I-4	Construction d'une station de pompage d'eau traitée de 600 m^3/h	1 500 000 000
I-5	Conduite d'adduction en fonte ductile DN 450 mm de longueur 15 km	1 567 500 000
I-6	Extension du réseau de distribution dans la ville de Kaya (40 km)	480 000 000
I-7	Construction de 20 bornes-fontaines	32 500 000
I-8	Château d'eau de 2000 m^3	900 000 000
I-9	Surveillance et contrôle des travaux (5 %)	379 000 000
	Sous-total AEP Kaya	7 959 000 000
II	AEP Boussouma à partir du lac DEM	
II-1	Bâche de reprise 2000 m^3	100 000 000
II-2	Conduite d'adduction en fonte DN 450 mm sur 20 km	2 000 000 000
II-3	Château d'eau métallique de 150 m^3	75 000 000
II-4	Réseau de distribution de 25 km	250 000 000
II-5	Construction de 20 bornes-fontaines	25 000 000
II-6	Surveillance et contrôle des travaux (5 %)	122 500 000
	Sous-total AEP Boussouma à partir du lac DEM	2 572 500 000
III	AEP Korsimoro à partir du lac DEM	
III-2	Conduite d'adduction en fonte DN 450 mm sur 10 km	477 000 000
III-3	Château d'eau en béton armé de 300 m^3	135 000 000
III-4	Réseau de distribution de 25 km	250 000 000
III-5	Construction de 20 bornes-fontaines	25 000 000
III-6	Surveillance et contrôle des travaux (5 %)	44 350 000
III-7	Sous-total AEP Korsimoro à partir du lac DEM	931 350 000
	Total général (CFA)	11 462 850 000

Le cout total du projet s'élève à onze-milliards-quatre-cent-soixante-deux-millions-huit-cent-cinquante-mille francs CFA.

- **Coûte du mètre cube d'eau**

Le mètre cube de l'eau coutera trois-mille-deux-cent-quatre-vingt-quatorze (3 294 FCFA) ce qui représente près du triple du prix actuel du mètre cube d'eau (1 040 FCFA) de la catégorie grand consommateur de l'ONEA.

Ce projet qui est financé par la Banque mondiale peut donc être réalisé en tenant compte des tarifs sociaux appliqués par l'ONEA.

VI.3. CONCLUSION PARTIELLE

Ce projet bien que couteux permettra l'atteinte des objectifs de Développement du Millénaire avec l'appui des bailleurs de fonds. L'extension aux deux communes devra se faire quand les moyens financiers le permettront.

VII. ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

VII.1. INTRODUCTION

Les différentes manifestations du changement climatique constituent l'une des questions environnementales actuellement. À l'instar de tous les pays, le BURKINA FASO adopte des mesures pour la protection de l'environnement.

VII.2. RAPPEL DU CADRE LÉGISLATIF RÉGISSANT LE PROJET

Le Décret : N° 20151187/PRES/TRANS/PM/MERH/MATD/MME/MS/MARHA/MRA/MICÀ/MHU/MIDT/MCT du 31 DÉCEMBRE 2015 (19) portant conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique (EES), de l'étude et notice d'impact environnemental et social (NIES), la notice d'impact sur l'environnement, prévoit que les activités susceptibles de porter atteinte à l'environnement sont soumises à une étude d'impact sur l'environnement.

À partir du moment où la réalisation de ces travaux va avoir des conséquences sur les ressources naturelles (abattage d'arbres, prélèvement des ressources hydriques et destruction des sols sur les emprises des travaux) et sur le cadre et conditions de vie des populations (production de boues de traitement par la station, meilleure accessibilité aux services de l'eau, etc. en phase d'exploitation), des mesures de mitigation seront préconisées dans l'optique d'assurer une

meilleure préservation du cadre de vie et des ressources naturelles de la zone du projet conformément aux orientations de la Politique nationale de l'Eau.

VII.3. RAPPEL DES COMPOSANTES ET PHASES DU PROJET

VII.3.1. RAPPEL DES COMPOSANTES

Le projet comporte quatre (04) composantes essentielles

- Renforcement et extension du système d'AEP de Kaya
- AEP Boussouma à partir du lac DEM
- AEP Korsimoro à partir du lac DEM

VII.3.2. RAPPEL DES PHASES DU PROJET

La mise en œuvre du projet pourrait se réaliser en plusieurs phases

❖ Phase 1 : renforcement du système AEP de Kaya

La phase 1 comprendra deux étapes :

- Étape 1 : réalisation des études d'APD de l'ensemble du projet de renforcement du système d'AEP de Kaya et extension aux villes de Boussouma et de Korsimoro.
- Étape 2 : renforcement du système AEP de Kaya comprenant la reconstruction de l'ouvrage de prise le doublement de la capacité de traitement et de la conduite d'adduction lac DEM Kaya, la restructuration de la station de pompage et l'extension du réseau de distribution à l'intérieur de la ville de Kaya.

❖ Phase 2 : AEP Boussouma à partir du lac DEM

Elle consiste à faire une extension jusqu'à Boussouma de la conduite d'adduction lac DEM Kaya, construction d'un château d'eau de 300 m^3 et poser d'un réseau de distribution de 25 km ainsi que la construction de 20 BF.

❖ Phase 3 : AEP Korsimoro à partir du lac DEM

Elle consiste à prolonger jusqu'à Korsimoro, via Kaya et Boussouma, la conduite d'adduction venant du lac DEM ; construire un château d'eau de 300 m^3 et poser un réseau de distribution de 25 km ainsi que la construction de 20 BF.

La réalisation de ces différentes phases aura des impacts sur l'environnement

VII.4. IDENTIFICATION ET ÉVALUATION DES IMPACTS

VII.4.1. IDENTIFICATION DES IMPACTS

Les impacts négatifs identifiés et analysés sont de plusieurs ordres repartis dans toutes les composantes socio-environnementales du projet.

- **Impacts générés par le projet pendant sa phase de mise œuvre**

Dans la phase travaux ou phase chantier :

- Impacts sur la végétation et les espèces forestières protégées
- Impacts sur l'habitat de l'avifaune et de l'aqua faune.
- Impacts sur le sol
- La perturbation des activités socioéconomiques
- Impacts sur le trafic dans les zones des travaux
- Impacts sur l'accessibilité des bâtis dans les zones des travaux

Les impacts positifs identifiés et analysés sont ceux sur la création d'emplois

- **Impacts générés par le projet pendant la phase d'exploitation des installations**

Pendant l'exploitation de l'ouvrage, d'autres types d'impact négatif sont identifiés et analysés. Au titre de cet impact, on retiendra :

- L'impact sur les ressources en eaux brutes du lac.
- L'impact sur l'écosystème environnant dû au rejet de la boue traitée

Enfin, dans le registre des impacts, un autre impact positif a été identifié et analysé. Il s'agit de l'impact sur le volume d'eaux brutes traitées.

VII.4.1. ÉVALUATION DES IMPACTS

Les fouilles de pose de canalisations (renforcement, extension) et les fouilles de fondation, les travaux de génie civil pour la construction de la station de traitement, du local de stockage des produits chimique vont entrainer la destruction de la végétation et de la flore de la zone affectée par les travaux.

Tableau 29:Caractérisation des impacts

Éléments du milieu physique affectés / Critères d'appréciation des impacts	Végétation et les espèces forestières protégées
Qualité de l'impact	Négatif
Intensité de l'impact	Moyenne
Étendue de l'impact	Ponctuelle
Durée de l'impact	Permanente
Importance absolue	Moyenne

- **Impacts sur l'habitat de l'avifaune et de l'aqua faune**

Une majeure partie de la couverture végétale du site qui constitue un habitat important pour la faune aviaire de cette zone sera partiellement détruite.

Tableau 30:Appréciation de l'impact sur l'avifaune

Élément du milieu physique affecté / Critères d'appréciation des impacts	Habitats de l'avifaune
Qualité de l'impact	Négatif
Intensité de l'impact	Moyenne
Étendue de l'impact	Ponctuelle
Durée de l'impact	Permanente
Importance absolue	Moyenne

- **Impacts sur le sol**

Les fouilles pour les fondations, les excavations, l'ouverture des tranchées pour la pose des conduites vont entrainer d'importants mouvements de terre. À titre d'exemple l'ouverture des tranchées pour les 45 km de l'extension des réseaux entrainera d'importantes quantités de déblais dont une partie seulement sera utilisée pour les remblais indispensables.

Tableau 31:Appréciation de l'impact sur le sol

Élément du milieu physique affecté / Critères d'appréciation des impacts	Sol
Qualité de l'impact	Négatif
Intensité de l'impact	Moyenne
Étendue de l'impact	Ponctuelle
Durée de l'impact	Moyenne
Importance absolue	Moyenne

- **Impacts sur les activités socioéconomiques**

De nombreux petits commerces situés sur le tracé de la conduite de renforcement ou d'extension seront affectés par les travaux.

Tableau 32:Appréciation de l'impact sur les activités socioéconomiques

Éléments du milieu humain et socioéconomique affecté / Critères d'appréciation des impacts	Destruction des biens et perturbation des activités socioéconomiques
Qualité de l'impact	Négatif
Intensité de l'impact	Forte
Étendue de l'impact	Ponctuelle
Durée de l'impact	Faible
Importance absolue	Moyenne

- **Impacts sur le trafic dans les zones des travaux**

Pendant les fouilles et la pose des canalisations, le trafic sera fortement perturbé et la circulation des engins à deux roues et de véhicules sera interdite sur certains tronçons à certains moments.

Tableau 33:Appréciation de l'impact sur le trafic routier

Élément du milieu humain affecté / Critères d'appréciation des impacts	Trafic dans les zones des travaux
Qualité de l'impact	Négative
Intensité de l'impact	Forte
Étendue de l'impact	Ponctuelle
Durée de l'impact	Moyenne
Importance absolue	Moyenne

- **Impacts sur l'accessibilité des bâtis dans les zones des travaux**

Les fouilles et la pose des canalisations vont à certaines périodes de mise en œuvre du projet entrainer d'énormes difficultés d'accès des usagers à certains bâtis ou des riverains à leurs résidences.

Tableau 34:Appréciation de l'impact sur la Population résidant

Élément du milieu humain et socioéconomique affecté / Critères d'appréciation des impacts	Accessibilité des bâtis dans les zones des travaux
Qualité de l'impact	Négative
Intensité de l'impact	Forte
Étendue de l'impact	Ponctuelle
Durée de l'impact	Moyenne
Importance absolue	Moyenne

- **L'impact sur les ressources en eaux brutes du lac**

La mise en service des ouvrages et des infrastructures réalisés dans le cadre du renforcement du système AEP va entrainer une augmentation des prélèvements d'eaux brutes au niveau du Lac.

Le volume de la ressource sera fortement en baisse. En effet le prélèvement de la ressource qui est de 200 m^3/h passera à 800 m^3/h. Ce qui représente un débit important au regard de la capacité de la retenue.

Tableau 35:Evaluation de l'impact lié au prélèvement de l'eau brute

Élément du milieu biophysique affecté / Critères d'appréciation des impacts	Ressources en eaux brutes
Qualité de l'impact	Négative
Intensité de l'impact	Forte
Étendue de l'impact	Locale
Durée de l'impact	Permanente
Importance absolue	Majeure

- **L'impact sur l'écosystème environnant dû au rejet de la boue traitée**

Le rejet continuel des résidus du traitement de l'eau brut aura un impact sur l'écosystème environnant.

Tableau 36:Evaluation de l'impact dû aux rejets de la boue

Élément du milieu biophysique affecté / Critères d'appréciation des impacts	Boue traitée
Qualité de l'impact	Négative
Intensité de l'impact	Forte
Étendue de l'impact	Locale
Durée de l'impact	Permanente
Importance absolue	Majeure

- **Impacts sur le volume d'eaux brutes traitées**

L'importance du volume d'eaux brutes traitées représente un effort considérable en matière de renforcement de la capacité de production du système AEP donc d'amélioration du cadre de vie des populations.

Tableau 37:Evaluation de l'impact lié aux volumes d'eau traitée

Élément du milieu biophysique affecté / Critères d'appréciation des impacts	Volume d'eaux brutes traitées
Qualité de l'impact	Positive
Intensité de l'impact	Forte
Étendue de l'impact	Locale
Durée de l'impact	Permanente
Importance absolue	Majeure

VII.5. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Le PGES que nous élaborons dans le cadre des évaluations environnementales est présenté sous la forme de tableaux de bord de gestion environnementale et sociale (prenant en compte les indicateurs de surveillance et de suivi environnemental et social).

Chaque tableau constitue un outil de contrôle et de vérification de l'application d'une mesure environnementale et sociale, étant donné qu'il contient l'ensemble des éléments d'information à usage commun pour tous les acteurs impliqués dans la mise en œuvre du projet tout en spécifiant la tâche à exécuter, les niveaux de responsabilité, les moyens à mobiliser, la période de mise en œuvre et les indicateurs clés.

Tableau 38:Tableau de Bord de Gestion Environnementale

Phase de manifestation de l'impact	- Phase de mise en œuvre du projet
Activités sources d'impact	- Fouilles de pose des canalisations. - Nettoyage et défrichement de surface
Impact	- Destruction du couvert végétal de l'emprise des sites de travaux
Mesure amont d'optimisation de la gestion du déboisement	- Mesure d'optimisation : mise en œuvre d'un déboisement contrôlé consistant à réaliser un marquage des arbres à conserver - Objectif : limitation de l'abattage des arbres au strict minimum - Exigences règlementaires applicables : autorisation des services compétents chargés des forêts est requise avant l'abattage, l'arrachage, la mutilation ou l'incinération des espèces forestières bénéficiant de mesures de protection particulière
Indicateur de surveillance environnementale	- Nombre de pieds plantés par rapport au nombre de pieds abattus
Indicateur de suivi environnemental	- Taux de réussite (Nombre de pieds ayant survécu par rapport au nombre de pieds plantés après la réception définitive)
Coût de la mise en œuvre de la mesure environnementale	- La prise en charge de ce cout dans le bordereau des prix unitaires sous la forme d'un prix forfaitaire inclus dans le cout financier du projet. Ce prix considère la rémunération de l'abattage d'arbres de toute taille sur l'emprise des sites de travaux et leur remplacement éventuel suivant les dispositions des services compétents. Ce prix prend également prendre en compte la mise en dépôt provisoire et l'évacuation des arbres abattus vers un site autorisé »
Période de la mise en œuvre de la mesure environnementale	- Le reboisement compensatoire doit être réalisé pendant la saison des pluies avant la réception provisoire des travaux sur des sites choisis par les parties (Maitre d'Ouvrage, Maitre d'œuvre, Entreprises responsables des travaux, Service en charge de l'environnement)

Tableau 39:Tableau de Bord de Gestion environnementale

Phase de manifestation de l'impact	- Phase de mise en œuvre du projet
Activités sources d'impact	- Fouilles de pose des canalisations et de fondations de la nouvelle station ; - Travaux d'excavations
Récepteur d'impact	- Sol
Impact	- Modification de la structure des sols et mouvement important de terre (déblais)
Mesures environnementales d'atténuation	- Limiter le décapage des terres végétales aux surfaces strictement soumises aux travaux ; - Réutiliser les terres végétales (remblais) pour la remise en état des sites des travaux ; - Remblais après la pose des canalisations ; - Remblais pour les fondations ; - Remblais après finition des ouvrages.
Objectifs des mesures	- Assurer la remise en état des sites des travaux.
Responsable de la mise en œuvre des mesures	- Entreprises attributaires de lot des travaux nécessitant des excavations et des fouilles
Responsable du suivi de la mise en œuvre des mesures	- Maitre d'œuvre
Indicateurs de surveillance environnementale	- Respect des consignes de décapage des terres végétales ; - Stockages séparés des terres végétales et stériles ; - État de mise en œuvre des remblais (remblais exécutés conformément aux prescriptions techniques des travaux).
Indicateurs de suivi environnemental	- Réutilisation des terres végétales ; - État des sites aux réceptions provisoires et définitives
Cout de la mise en œuvre des mesures	- Ce cout est intégré au bordereau des prix unitaires consacrés aux terrassements en tranchée pour la pose de canalisation et remblais d'apport des DAO des lots de travaux comportant des fouilles et des excavations.
Période de la mise en œuvre des mesures	- Pendant la phase des travaux (décapage et mise en dépôts) - Avant les réceptions provisoire et définitive (réutilisation des terres végétales)

-
-

Tableau 40:PGES fouille et pose des canalisations e des fondations

Phase de manifestation de l'impact	- Phase de mise en œuvre du projet
Activité source d'impact	- Fouilles de pose des canalisations et de fondations
Récepteur d'impact	- Usagers et riverains des zones de travaux
Impact	- Trafic dans les zones des travaux
Mesures environnementales d'atténuation	- Signalisations visibles des différents accès aux sites de travaux, couplées d'une signalisation adaptée informant le public des travaux, des déviations et des dangers de croisement ; - Panneaux d'information du public et d'interdiction aux chantiers dans le but d'assurer une nette séparation entre zones d'activité des entreprises et zones de circulation publique ; - Panneaux de limitation de vitesse sur les chantiers
Objectif des mesures	- Assurer la circulation publique dans des conditions suffisantes de sécurité
Responsable de la mise en œuvre des mesures	- Entreprises attributaires des marchés
Responsable du suivi de la mise en œuvre des mesures	- Maitre d'œuvre
Indicateur de surveillance environnementale	- Existence des signalisations visibles et des panneaux prescrits
Indicateur de suivi environnemental	- Nombre d'accidents et d'incidents liés à la perturbation du trafic dans les zones de travaux
Cout de la mise en œuvre des mesures environnementales	- Ce cout est inclus dans le bordereau des prix unitaires des travaux .
Période de la mise en œuvre des mesures environnementales	- Pendant toute la durée du chantier

Tableau 41:Plan de gestion des impacts directs sur le lac DEM

Phase de manifestation de l'impact	- Phase d'exploitation du projet
Activité source d'impact	- Mise en service des ouvrages et des infrastructures
Récepteur d'impact	- Lac DEM
Impact	- Ressources en eaux brutes (Réduction du niveau d'eau)
Mesures environnementales d'atténuation	- Exécution des travaux dans les règles de l'art
Objectif des mesures	- Optimiser la gestion de la ressource en eau potable
Indicateurs de suivi environnemental	- Taux ou volumes annuels des réductions des pertes d'eaux sur les réseaux ONEA
Cout de la mise en œuvre des mesures environnementales	- Exécution des travaux dans les règles de l'art : inclus dans le marché de l'entreprise
Période de la mise en œuvre de la mesure environnementale	- À partir de la mise en service des installations -

VII.6. CONCLUSION PARTIELLE

Le projet aura pour effet d'augmenter le taux d'accès à l'eau dans les périmètres concernés. Conséquemment la santé des populations devra s'améliorer par l'adoption de comportements favorables à l'hygiène liée à l'eau.

Le projet va alléger également le travail des femmes en réduisant la corvée d'eau.

VIII. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

VIII.1. CONCLUSIONS

L'innovation du PN_AEPA, moyens d'atteindre les objectifs du développement durable (ODD) par la création des centres de production d'eau permettra ainsi à plusieurs communes d'avoir un accès à l'eau à un cout social. Avec la pression démographique et le changement climatique, le renforcement de l'AEP de la ville de KAYA s'impose comme une nécessité afin d'absorber le problème d'accès à l'eau. Ce projet permettra ainsi de résoudre efficacement le problème dans cette partie de la province de SANMATENGA.

Cependant, le réseau de la ville de KAYA nécessite quelques ajustements.

VIII.2. RECOMMANDATIONS

La conduite actuelle PEHD (355 mm) qui aliment la ville est à certain point de la tracer exposer.

Nous recommandons une protection de cette conduite.

Le réseau étant danse sans possibilité de mener une campagne de recherche de fuite nous préconisons la mise en place d'une sectorisation afin d'accroitre le rendement du réseau.

Nous recommandons de mener des travaux de dragage ou de curage du fond du Lac avant la réalisation des travaux.

Nous préconisons de faire un entretien régulier de la retenue.

Mettre en place un plan de gestion de la ressource en eau du lac DEM.

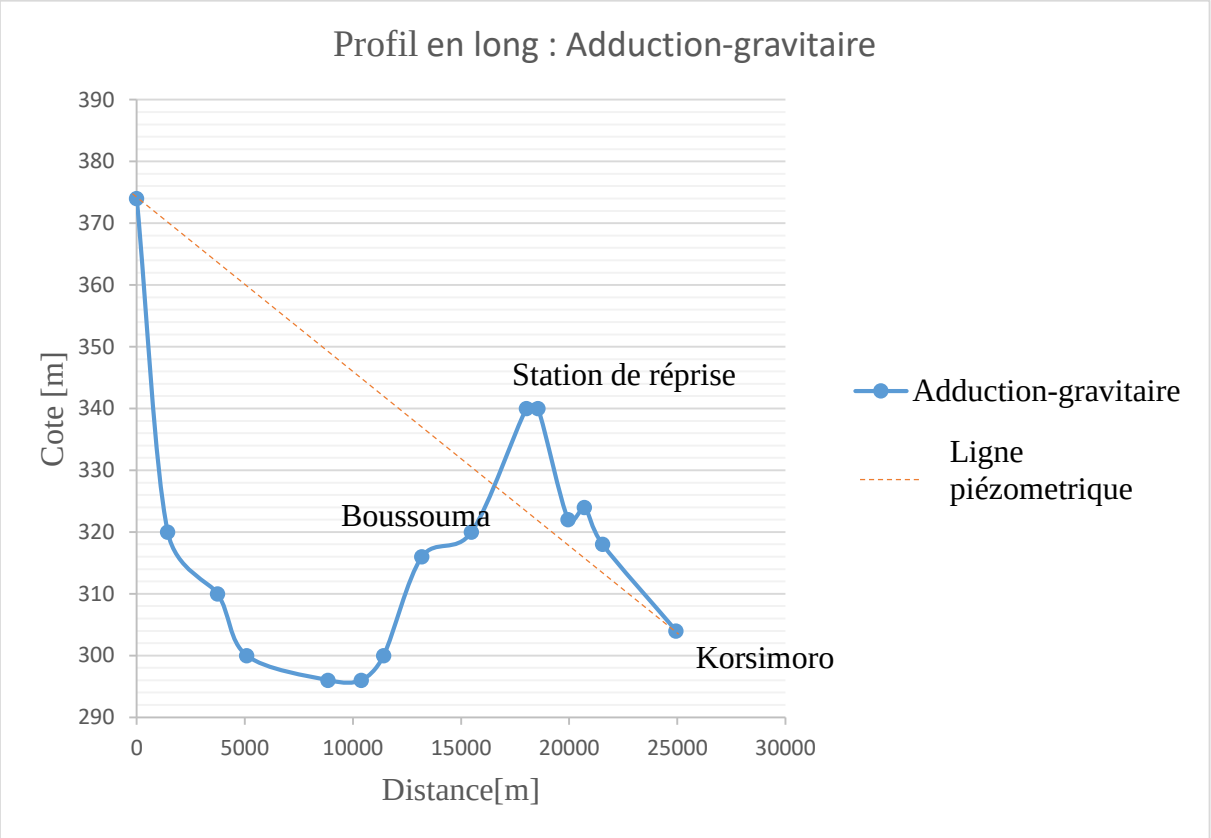


Figure 16:Profil en long du réseau d'adduction gravitaire

Nous recommandons la mise en place d'une nouvelle station de reprise (au vu du profil en long) afin d'alimenter efficacement la commune de KORSIMORO.

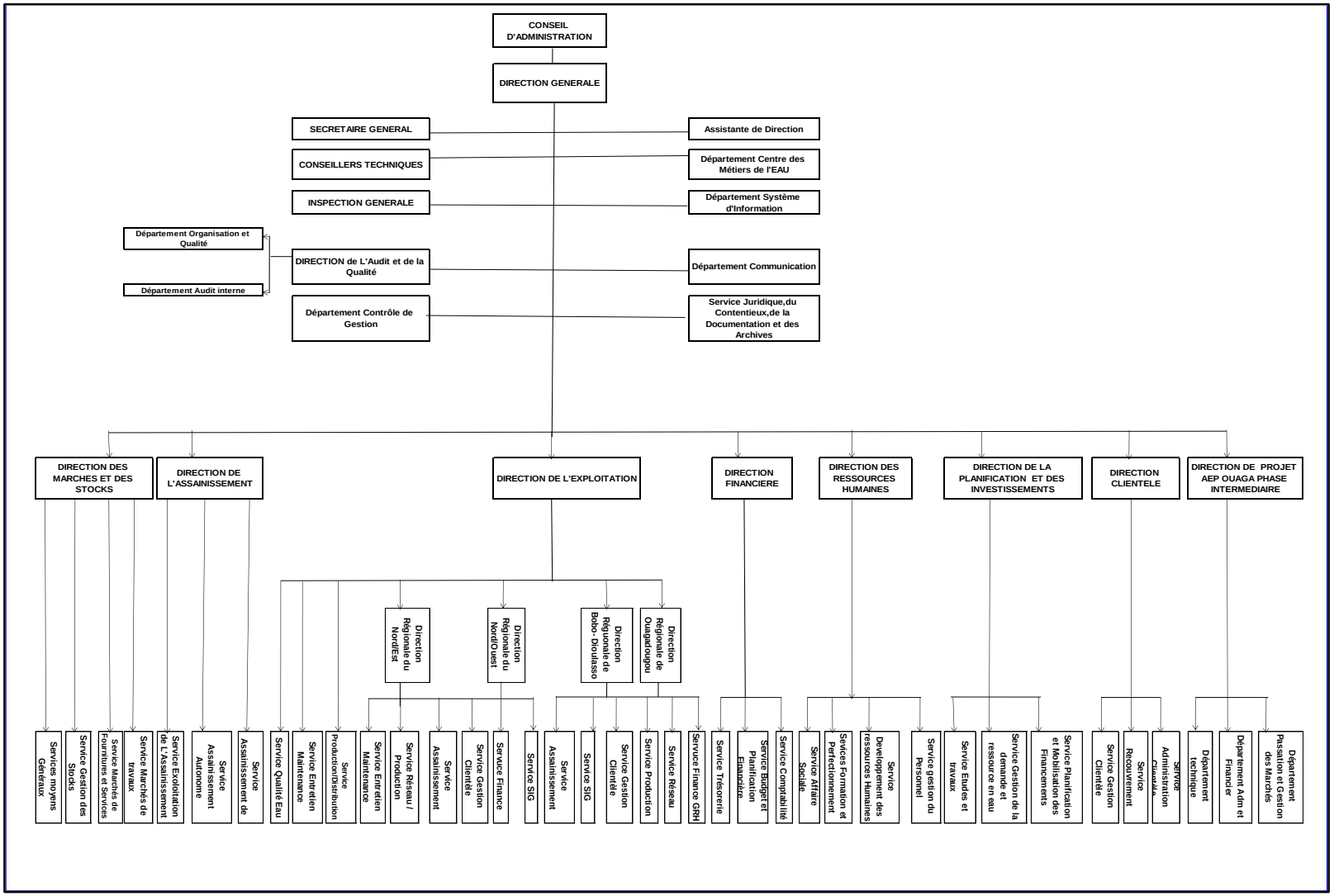
BIBLIOGRAPHIE

1. OUEDRAOGO N Emmanuel. Étude de l'approvisionnement en eau potable de la ville de KAYA à partir du Lac DEM. 20 052 006 p. 61.
2. COULIBALY BS. SÉCURISATION DE L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE KAYA. Ouagadougou ; 2011 Juin p. 57.
3. INSD. Projections démographiques des communes du BURKINA FASO 2007-2020. 2017.
4. Commune de KORSIMORO. Plan communal de développement 2014-2018. 2013.
5. Commune de KAYA. Plan communal de développement, période 2018-2022. SAMIR ; 2017.
6. Ministère de l'Eau et de l'Assainissement (MEA). Programme national d'approvisionnement en eau potable 2016-2030. 2016.
7. ONEA. Approvisionnement en eau potable de la ville de KAYA à partir du Lac DEM, Rapport de fin des travaux. ONEA ; 2009.
8. ONEA. Rapport annuel d'exploitation 2017. ONEA ; 2017.
9. Ministère de l'Eau et de l'Assainissement (MEA). Normes, Critères et Indicateurs en matière d'Approvisionnement en Eau potable et d'Assainissement des Eaux Usées et Excréta. MEA ; 2016.
10. YONABA RO. Adduction d'eau potable. 2015.
11. MESSAN A. Dimensionnement des réservoirs en béton armé. 2017.
12. BETICO. Travaux de bathymétrie, de levés topographiques et de pose d'échelles limnimétriques sur le Lac DEM et les barrages de MOUSSODOUGOU et de GOINRE. Institut interne ; 2018 JUIN
13. DJOUKAM J. Guide de conception des stations de pompage. BURKINA FASO : Groupe des Écoles EIER-ETSHER ; 1999. 52 p.
14. OUEDRAOGO BU. Traitements de production d'eau de consommation. Etsher ; 2005.
15. PDH E LLC. Design of water treatment plants,Cours. JN Ramaswamy, PhD, PE ;
16. Departments of the army and the air force. Water supply, Water treatment. Airforce AFM 88-10 ;
17. Heidelberg. Traitement et désinfection de l'eau [Internet]. ProMinent GmbH ; 2018. Disponible sur : www.prominent.com
18. MOUNIROU L. Essentiel de Dimensionnement des ouvrages hydrauliques et électromécaniques. 2018.
19. /PRES/TRANS/PM/MERH/MATD/MME/MS/MARHA/MRA/MICA/MHU/ MIDT/MCT. 2015-1187 déc. 31, 2015.

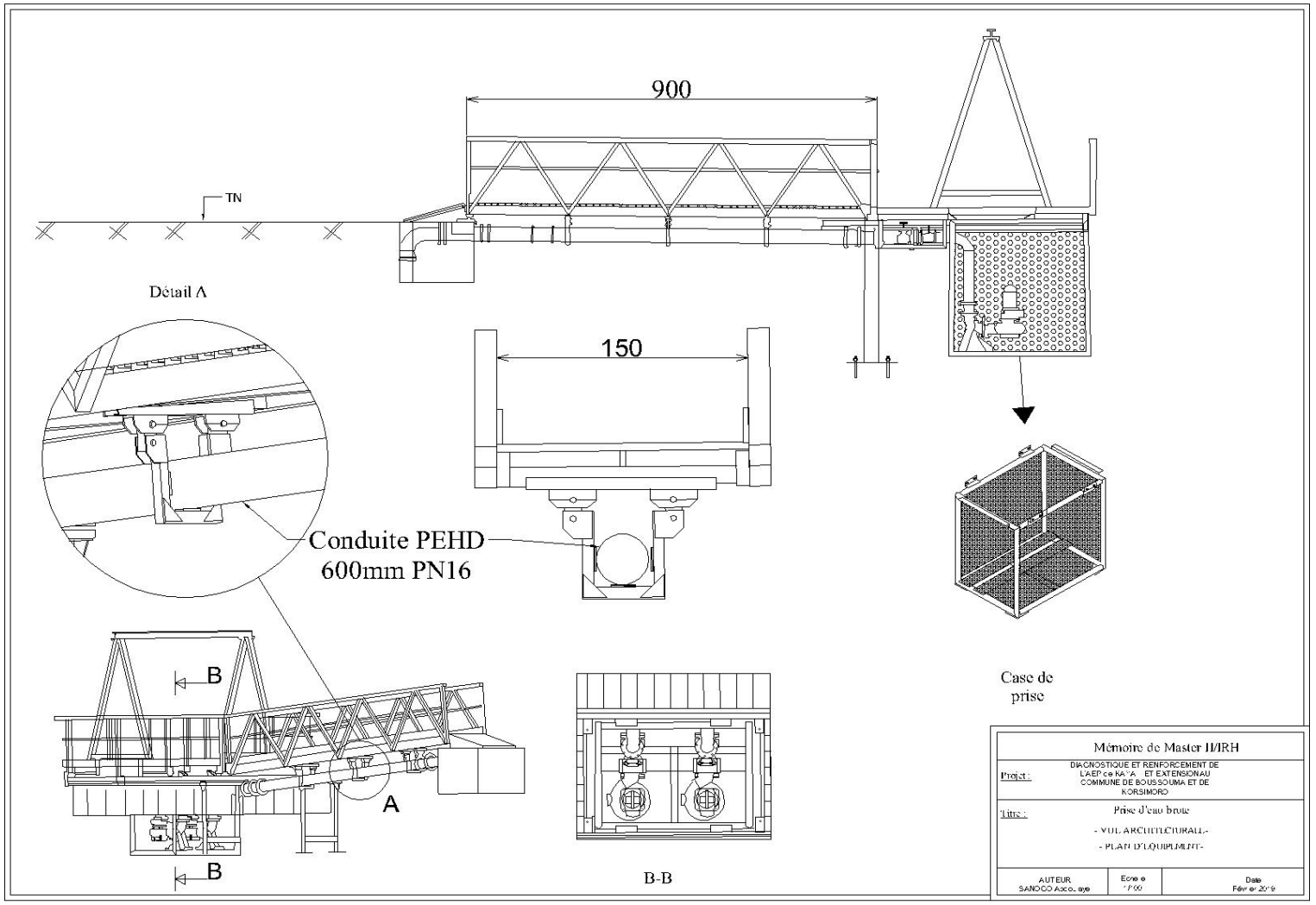
ANNEXES

Annexe 1:Organigramme de l'ONEA xiv
Annexe 2 : Prise d'eau brute xv
Annexe 3 : Station de Traitement xvi
Annexe 4 : Dimensionnement de la bâche d'eau claire de la station de traitement xvii
Annexe 5:Plan de ferraillage du réservoir xx
Annexe 6:Dimensionnement du château d'eau de 2000 m3 xxiii
Annexe 7:Plan de ferraillage du château d'eau xliii
Annexe 8:Château d'eau métallique xlix
Annexe 9: Réseau d'adduction xlix
Annexe 10:Réprésentation du réseau de distribution de la ville de Kaya l
Annexe 11:Simulation EPANET du réseau de distribution de KAYA li
Annexe 12:Réseau de distribution de BOUSSOUM xlix
Annexe 13:Simulation du réseau de BOUSSOUMA l
Annexe 14:Réseau de distribution de KORSIMORO li
Annexe 15:Simulation du réseau de KORSIMORO lii
Annexe 16:Régarde de ventouse l
Annexe 17:Regard de Vidange li
Annexe 18:Borne fontaine lii
Annexe 19: Coupe transversale de pose d'une conduite liii
Annexe 20:Regard de robinet-vannes liv
Annexe 21:Consommation des Nœuds du réseau de distribution de KAYA liv
Annexe 22:Dimensionnement du réseau de distribution de Korsimoro liv
Annexe 23:Résultat de la simulation Epanet du réseau de KAYA lv
Annexe 24:Vérification anti bélier lvi
Annexe 25:Canet des nœuds lvii

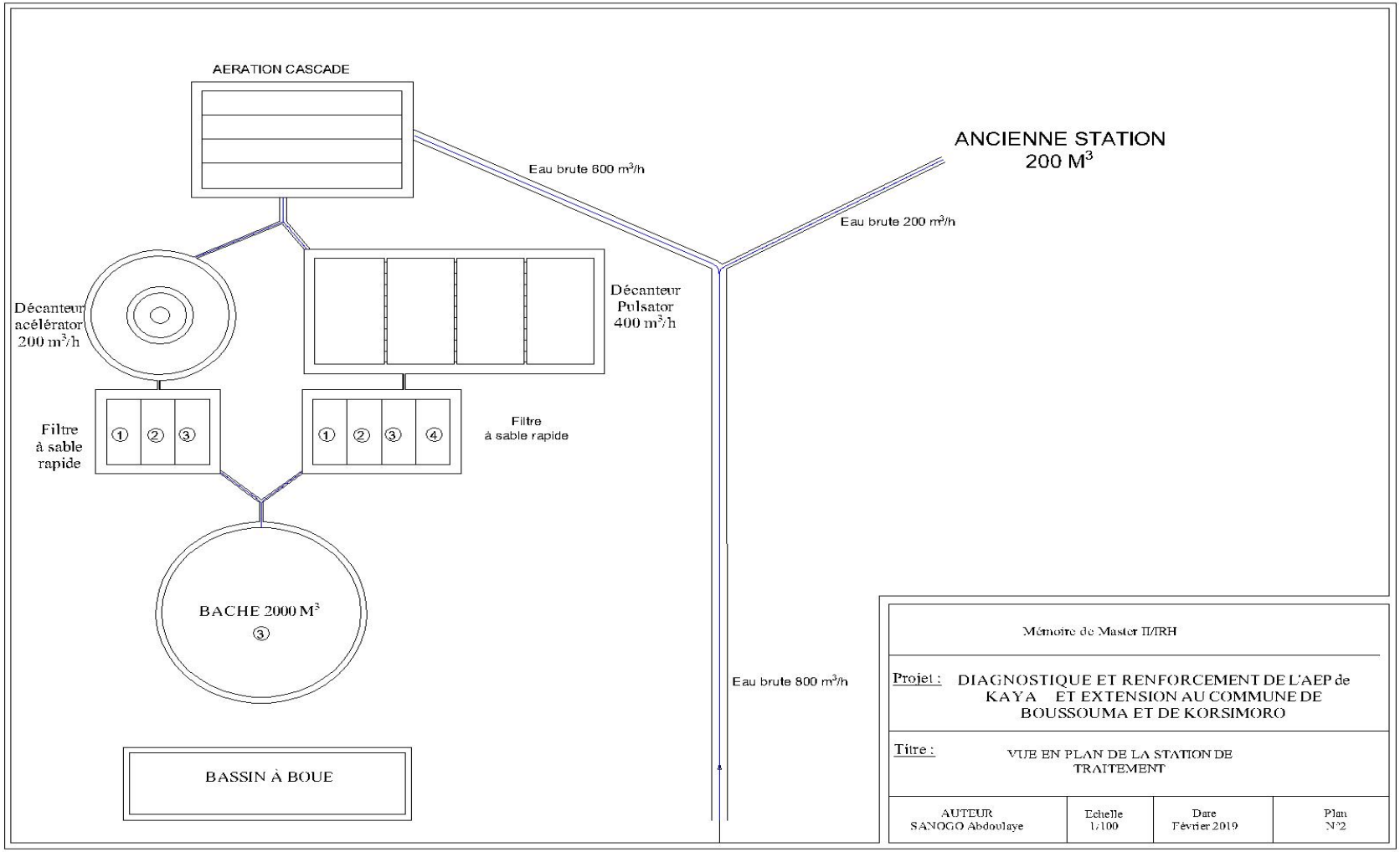
Annexe 1:Organigramme de l'ONEA



Annexe 2 : Prise d'eau brute



Annexe 3 : Station de Traitement



Annexe 4 : Dimensionnement de la bâche d'eau claire de la station de traitement

Élément	Caractéristiques géométriques	Valeur	Choix
Cuve	V (m3)	2000	2001
	r (rayon de la cuve) en m	7	7
	hu (hauteur utile)	13	13
	Rv (revanche)	1	1
	Ht (hauteur total)	14	
	Calcul de e min=HuD/4	0,45	0,5
	rayon moyen cuve :rm	7,3	
Coupole	Flèche=f=D/10	1,4	1,4
	$R=(r^2+f^2)/(2f)$		18,2
	Épaisseur :e >0,08 m		0,1
Ceinture supérieure	Section : bxh		0,5 x0, 5
Radier	Épaisseur : e≤ b/3	0,17	0,15

Calcul des sections d'acier

Calcul de la coupole

Dimensionnement par le BAEL 91, calcul à l'ELS

Calcul de l'effort normal N			
Élément calculé	Symbole	Valeurs	Unités
Flèche	f	1,4	m
Rayon de la carotte sphérique	R	18,2	m
Poids propre de l'ouvrage : $P_p = \gamma_b e$	Pp	2,5	kN/m²
Charge d'exploitation :	q	10	KN/m²
Charge par mètre carré : $P = P_p + q$	p	3,5	kN/m²
Composante verticale de l'effort normal : $P_1 = RfP/r$	P1	12,74	kN/ml
Composante horizontale de l'effort normal : $Q_1 = P_1\,(r^2 - f^2)/(2rf)$	Q1	30 576	kN/ml
Effort normal : $N = \sqrt{{P_1}^2 + {Q_1}^2}$	N	33 124	kN/ml

Contrainte du béton $\sigma_b = N/(100e)\ avec\ e(cm)$	σb	0,33	MPa
Contrainte admissible du béton : $\sigma_{adm} = Min(100e\sqrt[3]{f_{c28}})/R; (e+0.55)f_{c28}/3$	σadm	1,71	MPa
On met Asmin :$Asmin = 0.20\%be$	Asmin	0,20	Cm^2
Diamètre choisi	ϕ	8,00	mm
Nombre de HA	n	6,00	-
Sections pratiques	Asp	3,02	cm²
Espacement : $St(\leq 1.5e = 15cm\ et\ 20cm)$	St	15	cm

Calcul de la ceinture supérieure

Dimensionnement par le BAEL 91, calcul à l'ELS

Mode de fonctionnement : comme un tirant

Calcul de l'effort de traction F et de la section d'acier					
Section rectangulaire : $bxh = 0.60x0.60$	b=0.60m	H=0.60m			
Élément calculé			Symbole	Valeurs	Unités
Composante horizontale de l'effort normal			Q1	30,58	kN/ml
Résultante poids de l'eau (pas de contact avec l'eau)			Pw	0,45	kN/ml
Poussée par mètre : $Q = Q_1 + 0 = Q_1$			Q	31,03	kN/ml
Effort de traction : $F = Qr$			F	0,22	MN
Diamètre choisi			ϕ	14	mm
Contrainte de l'acier (BAEL 91)			σadm	200,00	Mpa
Section d'acier théorique :$As = F/\sigma_{adm}$			As	10,86	cm²
Nombre de HA			n	8,00	-
Section pratique			Asp	12.32	cm²

Calcul de la jupe (la cuve)

Élément en contact avec l'eau sont calculer avec le fascicule 74, la jupe est dimensionnée en 6 tranches de 1 m chacune

Cas considéré :

Cas 1 : réservoir vide où la jupe est soumise à un effort normal de compression dû à la poussée des terres et la surcharge (section soumise à un effort normal de compression)

Cas 2 : réservoir rempli à la hauteur utile, dont à la résultante des forces de poussée

hydrostatique qui l'emporte sur la poussée des terres (section soumise effort normal de traction. Nous n'avons pas pris en compte le cas où le réservoir est plein et il y a absence de terre autour, car dans la réalité ce cas bien que le plus défavorable est très improbable, car c'est d'ailleurs pour éviter un cout exorbitant que avions opter pour un réservoir enterré.

Les sections d'acier minimales sont

Aciers principaux : $\boldsymbol{Asmin = 0.125\%be = 7.5cm^2}$

Acier de répartition : $\boldsymbol{As/3 \leq Ar \leq As/2}$

Exemple de dimensionnement de la 1ere tranche :

Cas 1

$$P = (\gamma_{sol} x h + q) x K_a = (20x13 - 10)x0,33 = 89.1\ KN/ml = 0,891\ MN/ml$$

$$N = PR_m = 0,65\ MN/ml$$

Calcule de la section d'acier principale

$$Ast = \frac{N}{\sigma st} * 1000 = \frac{0,65}{200} * 1000 = 32,52\ cm^2 \text{ soit } 16,26\ cm^2/\text{nappe}$$

On retient pour chaque nappe 10HA16 (20,11 cm^2) /ml soit HA16 espacement 10cm

Calcule des aciers de répartitions

$$\frac{As}{3} \leq Ar \leq \frac{As}{2} \text{ et } As \geq \frac{Asmin}{2} \Rightarrow 5,42cm^2 \leq Ar \leq 8,13cm^2 \text{ et } Ar \geq 7,5cm^2$$

On retient pour chaque nappe 10HA10 (7,85 cm^2) /ml soit HA10 espacement 10cm

Cas 2

Calcule des aciers principaux

$$P = (\gamma_w - \gamma_{wsol} x K_a) x h = (10 - 20\ x0.33)x18 = 44,2\ KN/ml = 0,0442\ MN/ml$$

$$N = PR_m = 44,2\ x7,3 = 0,32266\ MN.m$$

$$\frac{N}{nappe} = \frac{N}{2} = 0,16133\ MN.m$$

$$As = \frac{N/nappe}{\sigma_s} = \frac{0,16133}{176,36} = 8,44\ cm^2 > Asmin = 7,5cm^2$$

On retient pour chaque nappe 10HA12 (11,31 cm^2) /ml soit HA12 espacement 10 cm

Calcule des aciers de répartitions

$$\frac{As}{3} \leq Ar \leq \frac{As}{2} \text{ et } As \geq \frac{Asmin}{2} \Rightarrow 3{,}05cm^2 \leq Ar \leq 4{,}57 \text{ et } Ar \geq 4{,}57cm^2$$

On retient pour chaque nappe 5HA10 (3,93 cm^2) /ml soit HA10 espacement 20 cm

L'ensemble des résultats est consigné dans le tableau ci-dessous.

			Aciers principaux			Acier de répartition		
Tranches	p (kN/ml)	N/nap	A	Asp	Ast	Asp	Ar	Ast (cm)
Tranche 1	20,4	0,11	10HA12	11,31	10	3,8114987	5HA10	20
Tranche 2	17	0,09	10HA12	11,31	10	3,5183064	5HA10	20
Tranche 3	13,6	0,07	10HA12	11,31	10	3,2251142	5HA10	20
Tranche 4	10,2	0,06	10HA10	7,85	10	3,125	5HA10	20
Tranche 5	6,8	0,04	10HA10	7,85	10	3,125	5HA10	20
Tranche 6	3,4	0,02	10HA10	7,85	10	3,125	5HA10	20

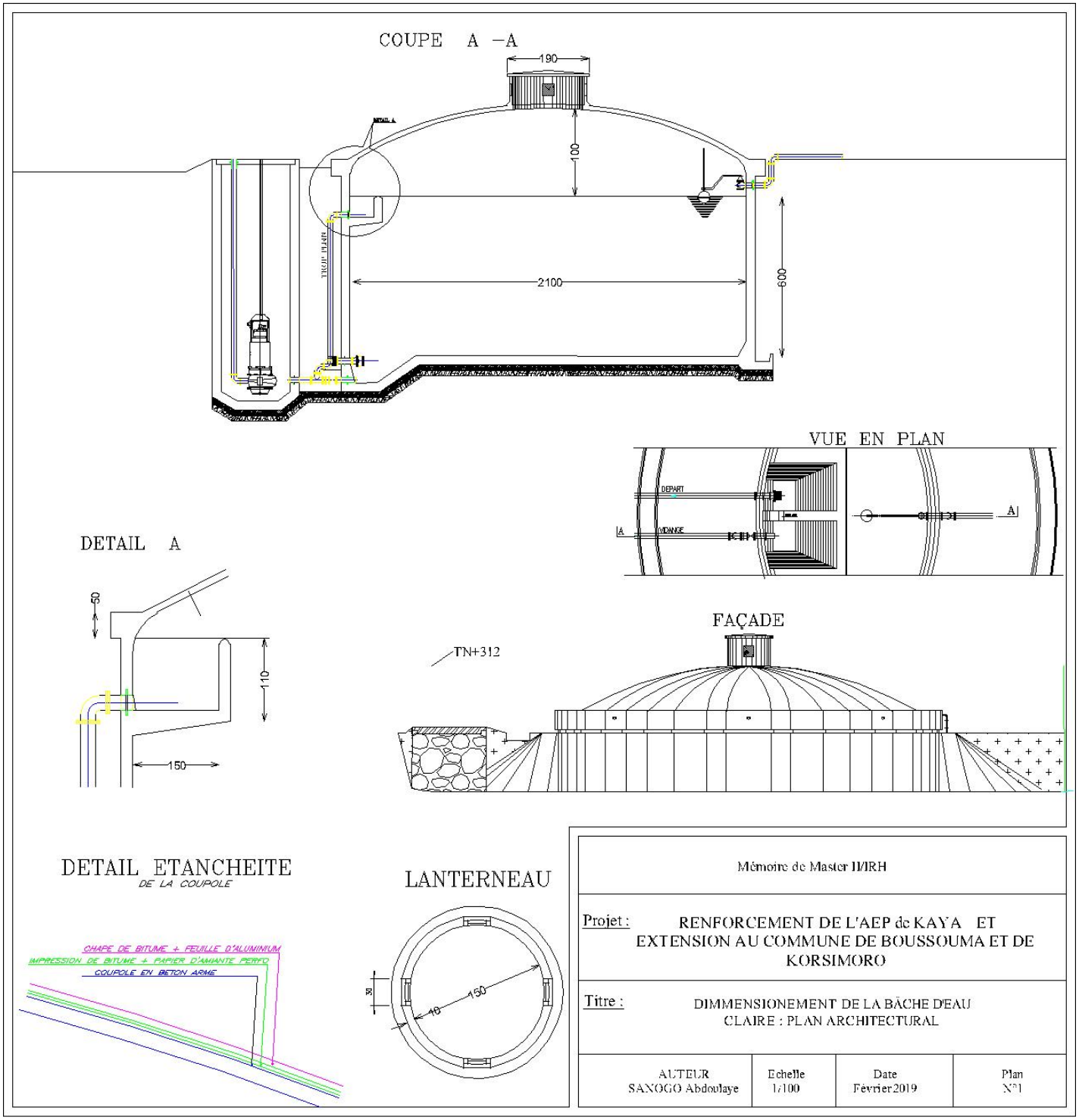
Calcul du radier

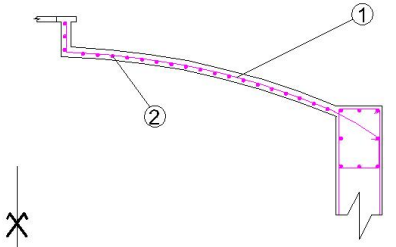
Le sol étant considéré bon, le radier sera ferraillé forfaitairement par

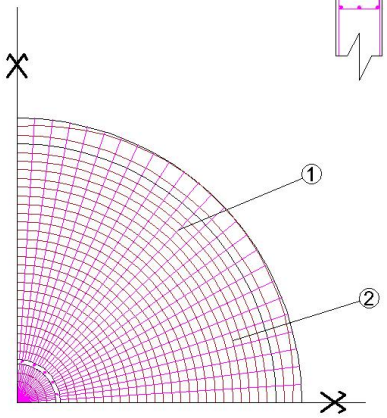
$$As \geq 0.25\ \%bd = 7{,}5cm2 \Longrightarrow As_{nappe} = 3{,}75cm^2/ml$$

On retient pour chaque nappe un maillage de 8HA8 (4,02 cm^2) /ml soit HA8 espacement 10cm

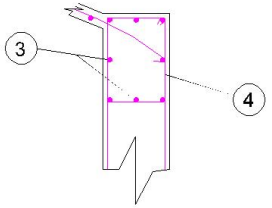
Annexe 5:Plan de ferraillage du réservoir


COUPE A –A
190
100
2100
600
VUE EN PLAN
DEPART
VIDANGE
A
A
DETAIL A
50
110
150
FAÇADE
TN+312
DETAIL ETANCHEITE
DE LA COUPOLE
CHAPE DE BITUME + FEUILLE D'ALUMINIUM
IMPRESSION DE BITUME + PAPIER D'AMIANTE PERFO
COUPOLE EN BETON ARME
LANTERNEAU
50
10
150
Mémoire de Master II/IRH
Projet : RENFORCEMENT DE L'AEP de KAYA ET EXTENSION AU COMMUNE DE BOUSSOUMA ET DE KORSIMORO
Titre : DIMMENSIONEMENT DE LA BÂCHE D'EAU CLAIRE : PLAN ARCHITECTURAL
AUTEUR SANOGO Abdoulaye
Echelle 1/100
Date Février 2019
Plan N°1





FERRAILLAGE COUPOLE



FERRAILLAGE CEINTURE SUPERIEUR

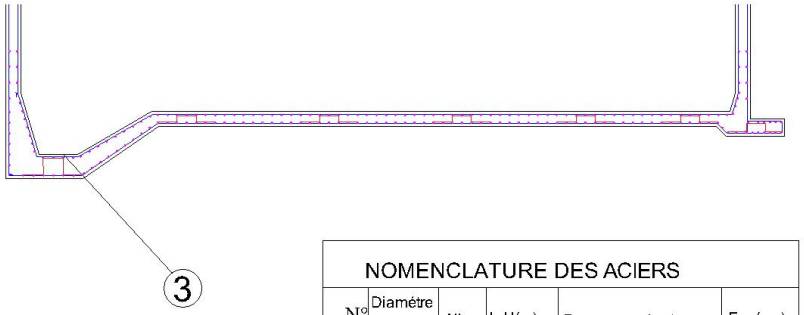
NOMENCLATURE DES ACIERS

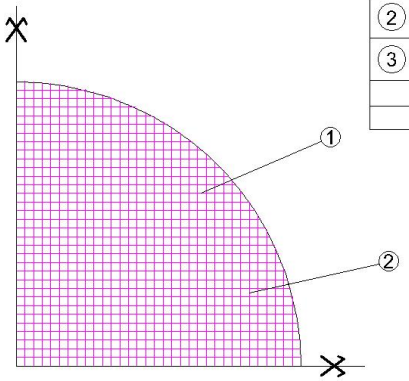
N°	Diamétre (mm)	Nbre	L,U(m)	Façonnage (cm)	Esp(cm)
1	HA 8	840	7,85	30 / 15 / 20	15
2	HA 8	840	11,6	20 / VAR / 20	15
3	HA 12	8	40,6	≤ 44000	_
4	HA 8	200	2,2	50 / 10 / 50	20

Béton : 30 MPA

Enrobage 3cm

Mémoire de Master II/IRH			
Projet : DIAGNOSTIQUE ET RENFORCEMENT DE L'AEP de KAYA ET EXTENSION AU COMMUNE DE BOUSSOUMA ET DE KORSIMORO			
Titre : DIMMENSIONEMENT DE LA BÂCHE D'EAU CLAIRE PLAN DE FERRAILLAGE COUPOLE CEINTURE			
AUTEUR SANOGO Abdoulaye	Echelle 1/100	Date Février 2019	Plan N°3





FERRAILLAGE DU RADIER

NOMENCLATURE DES ACIERS

N°	Diamétre (mm)	Nbre	L,U(m)	Façonnage (cm)	Esp(cm)
1	HA 8	264	12	20 / VAR	10
2	HA 8	264	12	20 / VAR	15
3	HA 10	60	1,2	20 / 40 / 20	100

Béton : 30 MPA

Enrobage 3cm

Mémoire de Master II/IRH			
Projet : DIAGNOSTIQUE ET RENFORCEMENT DE L'AEP de KAYA ET EXTENSION AU COMMUNE DE BOUSSOUMA ET DE KORSIMORO			
Titre : DIMMENSIONEMENT DE LA BÂCHE D'EAU CLAIRE : PLAN DE FERRAILLAGE DU RADIER			
AUTEUR SANOGO Abdoulaye	Echelle 1/100	Date Février 2019	Plan N°4

Annexe 6:Dimensionnement du château d'eau de 2000 m3

Dimensionnement des éléments en BA

- Le lanterneau

Calcul des sections d'aciers dans la dalle circulaire du lanterneau

L'évaluation des charges donne :

Charge permanente sur le lanterneau : G/S = 0.0025125 MN/m²

Charge d'exploitation : Q/S = 0.00031831 MN/m²

Nous considérons la dalle de couverture comme étant carrée, d'où $\alpha=1>0,4$

La dalle est bidirectionnelle. Nous prenons une épaisseur 10 cm. Le calcul se fera comme une poutre rectangulaire de largeur b0=1 m est de hauteur h=0,10 m

Combinaison des charges à l'ELU : $Pu=1,35\times Gm^2+1,5\times Qm^2$ $Pu = 3,87\ 10^{-3}$ MN/m²

$\alpha=1$ { $\mu x=0, 037$; $\mu y=1$}

Calcul des moments :

$Mox =\mu x \times Pu \times l^2x = 0,4\ 10^{-3}$ MN/m²

$Moy =\mu y \times Mox = 0,4\ 10^{-3}$ MN/m²

Calcul de moment limite

$Mlim=0, 392\times fbu\times b0\times d^2 =0,054$ MN.m

On a Mlim > Mox

Sections d'aciers

$$A = \frac{Mox}{Z * \frac{fe}{ys}}$$

On obtient Aox = Aoy = 0,105 cm²/ml

Choix : 4HA8/ml suivant Ax et Ay avec une section de 2,01 cm² avec un espacement de 20 cm

Calcul des sections d'aciers sur la partie cylindrique

La paroi de la partie cylindrique du lanterneau sera calculée comme un voile de 1 m (hauteurs entre la dalle du lanterneau et la coupole) de hauteur non raidi latéralement, encastré en tête et en pied avec un plancher d'un seul côté.

Vérification de l'application de la méthode de voile

Longueur « c » du voile supérieur ou égal à 5 fois son épaisseur

$C=2\pi r =2\pi\times0,5$ c =3,14 m

5*e = 5 * 0,1 5 * e = 0,5

On c > 5*e donc

Épaisseur supérieure ou égale à 10 cm : dans notre cas e = 10cm .

L'élancement λ doit être supérieur à 0,80. On a λ = 19,62 > 0,8 donc ok

L'excentricité initiale de construction e= min (0,02 m; $\frac{lf}{300}$) ; e=min (0,02 m; 0,002 8)

e = 0,002 8m

La résistance caractéristique du béton : fc28=30 MPa<40 MPa

La combinaison des charges donne : Pu = 9,29 10^{-3} MN/ml

Calcul de la quantité **Vu0**

Vu0 correspond à la valeur que prend Nulim quand la section A=0

Vu0 = $\frac{65}{135 + 3{,}6(\frac{lf}{a})^2}$ Vu0 = 0,48

Calcul de quantité Vu

Vu Correspond la valeur que prend Nulim quand la section A≠0

Vu = $\frac{k*Pu}{Br*fc28}$ Vu = 0.0039

On a : Vu < Vu0. Ainsi, nous allons dimensionner le voile comme un voile armé aux armatures minimales de construction.

Av ≥ Avmin = a × d × max [0,001 ; 0,0015 $\frac{400}{fe}$ × θ($\frac{3*Pu}{Pulim} - 1$)]

Avmin = 0.1 * 1 *0.001

Avmin = 1 cm²

Choix : 4HA8 totalisant une section de 2,01 cm²

Armature horizontale

Ahmin = 100*10*max[0,001 ;$\frac{2\ AV}{3*a*d}$]

Ahmin = 1 cm²

Choix : 4HA8 totalisant une section de 2,01 cm²

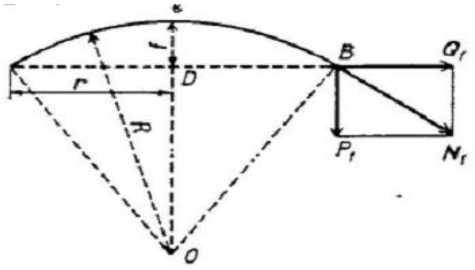
Vérification de la contrainte limite dans le béton

σb = $\frac{N}{S}$ σb = 0,001 MPa

σb(lim) = min [$\frac{h0+0,55}{3}$ * fc28 ; 130$\frac{h0}{D}$ $(fc28)^{1/3}$] = min (6,5 ; 23,76) = 6,5 MPa

σb(lim) > σb donc ok

- *COUPOLE SUPÉRIEURE*



Détermination de la flèche

Soit f la flèche au niveau de la coupole supérieure.

f ≥ $\frac{D}{10}$ f ≥ $\frac{14}{10}$ = 1,4 m

Calcul de la Surface de la coupole

S = $2\pi R_1 f_1$

Déterminons le rayon de courbure R

$R_1 = \frac{r_1^2+f_1^2}{2f_1} = \frac{7^2+1,4^2}{2x\ 1,4}$

R_1= 18,2m d'où S = 160,1 m²

Détermination des charges

désignation		formules	charges
Poids propre du béton	e = 0.1m w=25 KN/m^3 W = 22 KN/m^3	g_1 = W x e	2,5 kN / m^2
Charge d'exploitation			1 KN/m²
TOTAL		P = g_1 + Q	3,5 KN/m²

Détermination des différents efforts

désignation	formules	résultats
Composante P1	$P_1 = \frac{R_1 \times p \times f_1}{r_1}$	12,86 KN/ml
Composante Q1	$Q_1 = \frac{(r_1{}^2 - f_1{}^2)P_1}{2r_1 f_1}$	29,94 KN/ml
Effort	$N_1 = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$	32,58 KN/ml

Vérification de la contrainte dans le béton

La contrainte du béton

$\sigma_b = \frac{N_1}{100 * e}$ σ_b = 0,33 MPa

La contrainte admissible

$\sigma_{ad} \leq \text{Min}\left[\frac{100e}{R_1}(f_{c28})^{1/3} ; \frac{e+0,55}{3} f_{c28}\right]$ σ_{ad}= 1,74 MPa

$\sigma_b < \sigma_{ad}$; nous retiendrons donc e=10 cm il n'y a pas d'aciers comprimés. Nous allons donc utiliser des aciers forfaitaires.

Calcul des Aciers minimal

A_{st} = 0,2 % x e x 100 A_{st} = 2 cm^2

Aciers principaux : Nous prenons 5HA8 avec une section réelle As = 2,51 cm^2

Aciers de répartitions : Nous prenons 5HA8 avec une section réelle As = 2,51 cm^2

- *Ceinture supérieure*

Pré dimensionnement

Nf =B×ft28 => B≥$\frac{Nf}{ft28}$ = $\frac{Q1*R}{ft28}$

B≥$\frac{32,4*16.9}{2,4}$ * 10 => B ≥ 2530,5 cm²

Nous prenons une hauteur h= 70 cm et une base B = 40cm

Calcul des sollicitations

La ceinture supérieure sera noyée à moitié sur la hauteur. Donc, la ceinture est soumise à la poussée hydrostatique sur une hauteur de 30cm

Désignations.	Formules	Résultats
Poussée de l'eau	Q_2 = w x $\left(\frac{h}{2}\right)^2$	0,20 KN/ml
La charge totale Q	Q = Q_1 + Q_2	30,14 KN/ml
Efforts de traction	N_{ser} = Q x R_1	0,211 MN

Calcul de la section d'acier

$\sigma_{st} = Min(\alpha\sqrt{\eta \times \frac{ft28}{\phi s}} + \beta\eta;\ 0,5 \times fe; 90\times\sqrt{\eta \times ft28})$

σ_{st}	176,363	176,363	176,363	176,363	165,576
Ø	8	10	12	14	16

Nous utiliserons des Ø 14 donc σ_{st} = 165,576 MPa

As = $\frac{N_{ser}}{\sigma_s}$ = $\frac{0,217}{165,576}$ As = 12,49 cm²

Calcul de A_{stmin}

$A_{stmin} = \frac{B* ft28}{fe}$ A_{stmin} = 3,84 cm²

Ainsi nous gardons As = 12,49 cm²

Nous retiendrons donc 10HA14 avec une section reel de 15,39 cm²

Vérification de l'écartement maxi des barres d'acier :

La ceinture supérieure se comporte comme un tirant les dispositifs constructifs impose

e_{max}= min (1,5h ; 20) =min (1,5x70 ; 20 Cm) =20cm

Espacement des barres d'acier vérifié.

Recouvrement des armatures « tendues »

Longueur de scellement droit d'une barre isolée (ls)

ls =$\boldsymbol{\phi.fe/4.\tau su}$ avec $\boldsymbol{\tau su}$ = 0,6*ψs2.ft28 = 0,6×1.5^2×2.7=3.64 MPa

→ ls = $\frac{1.6\times500}{3.64\times4}$=61,73cm → ls =50cm

Armatures transversales

$\boldsymbol{\phi}_t$=$\frac{16}{3}$= 5,33 mm nous allons retenir des $\boldsymbol{\phi}_t$=8mm, car on est en FTP

Espacement des armatures

Pour des raisons de construction l'espacement $S_t \leq \min \begin{cases} 40\ cm \\ a + 10\ cm \end{cases}$

$S_t \leq \min \begin{cases} 40\ cm \\ 20 + 10\ cm \end{cases}$

S_t=20cm

- *CUVE CYLINDRIQUE*

Calcul de l'épaisseur

$$H_0 = \frac{H_{cyl} \times D}{4} = \frac{11.5 \times 14}{4} = 40{,}25cm$$

Pour classe A coffrage glissant $H_0 \geq 0{,}16m$

Retenons $h_0 = 40$cm les aciers seront répartis en double nappe

Calcul des sollicitations

Charge verticale

Poids propre de la partie cylindrique

$$g_1 = \gamma_b \times H \frac{((r_{ext}{}^2 - r_{int}{}^2)}{2 \times r_{moyen}}$$

$g_1 = 25 \times 11{,}5 \frac{((7{,}4^2 - 7^2)}{2\times7{,}2}$ $g_1 = 138\, KN/ml$

Poids Propre de la ceinture supérieure

g_2 = w x b x h

g_2 = 30 x 0,4 x 0,7 g_2 = 8,4 KN / ml

La charge verticale transmise par la coupole est P_1 = 12,86 kN/ml

Total des charges verticales

G = g1 + g2+P_1 G = 159.26 kN /ml

Calcul de la contrainte du béton

$\sigma_b = \frac{159{,}26.10^{-3}}{100\ x0.3}$

σ_b = 0,0037MPa

$\sigma_{ad} \leq \text{Min}\left[\frac{100e}{R_1}(f_{c28})^{1/3}\ ;\ \frac{e+0,55}{3}\ f_{c28}\right]$ σ_{ad}= 8.5 MPa

$\sigma_b < \sigma_{ad}$ Le béton à lui seul suffit pour résister à la compression, cependant notre paroi est soumise à la traction d'eau.

Calcul des charges horizontales

La hauteur d'eau étant supérieure à 3m nous avons donc utilisé la méthode des tranches horizontales. Donc 1 m par tranche

Nous avons calculé à l'aide d'Excel les aciers principaux et de répartitions des différentes tranches comme présentées ci-dessous

P = w x h ; $N = P \times r$

Calcul de la section des aciers

Sur la face extérieure

$\sigma_s = 0,8 \text{ min}\left\{\frac{2}{3}\text{ fe; Max}\left\{\frac{1}{2}\text{ fe ; } 110\sqrt{\eta x f t28}\right\}\right\}$ $\text{As} = \frac{N}{2\ x\sigma_s}$

Calcul de l'acier de répartition

$\frac{A_{st}}{6} \leq A_r \leq \frac{A_{st}}{4}$

Sur la face intérieure

$\text{As} = \frac{N}{2\sigma_s}$

Calcul de l'acier de répartition

$$\frac{A_{st}}{3} \leq A_r \leq \frac{A_{st}}{2}$$

Les cerces extérieures(BAEL)								
	Tranche1_inf	Tranche2	Tranche3	Tranche4	Tranche 5 sup	Tranche 6	tranche7	tranche8
Rayon moyen (m)	6.65							
P(KN/ml)	80	70	60	50	40	30	20	10
N(KN)	532.00	465.50	399.00	332.50	266.00	199.50	133.00	66.50
σst(Mpa)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Ast_cal(cm^2)	13.30	11.64	9.98	8.31	6.65	4.99	3.33	1.66
Ast_min(cm^2)	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
Ast(cm^2)	13.30	11.64	9.98	8.31	6.65	4.99	3.75	3.75
Choix des aciers	7HA16	6HA16	5HA16	5HA16	5HA14	5HA12	5HA10	5HA10
Section réelle(cm^2)	14.07	12.06	10.05	10.05	7.07	5.65	3.93	3.93
Espacement(cm)	15	15	20	20	20	20	20	20
Aciers de répartition								
Ar(cm^2)	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
Choix des aciers	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8
Section réelle(cm^2)	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
Espacement(cm)	20	20	20	20	20	20	20	20

Les cerces intérieures(Fascicule74)

Tranche1_inf	Tranche2	Tranche3	Tranche4	Tranche5_sup	Tranche6_sup	Tranche7_sup	Tranche8_sup
6.65							
80	70	60	50	40	30	20	10
532.00	465.50	399.00	332.50	266.00	199.50	133.00	66.50
176.36	176.36	176.36	176.36	176.36	176.36	176.36	176.36
15.1	13.20	11.31	9.43	7.54	5.66	3.77	1.89
3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
15.08	13.20	11.31	9.43	7.54	5.66	3.77	3.75
5HA20	7HA16	6HA16	5HA16	5HA14	6HA12	5HA12	5HA12
15.71	14.07	12.06	10.05	7.7	6.79	5.65	5.65
20	10	15	20	20	16.66667	20	20

Aciers de répartition

3.77	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8
2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
20	20	20	20	20	20	20	20

CEINTURE INFÉRIEURE

Les sollicitations

Prenons b =0,4 cm avec h = 0,8 cm

désignation		formules	charges
Poids propre de la ceinture inférieure	b = 0,4m ; h=0,8 w=25 KN/m^3	$P_{ceintinf}$ = w x b x h	8kN / ml
La charge P'		$P' = P_{ceintinf} + P_{coup\ sup} + G_{cylin}$	134,86N/ ml
Charge d'exploitation	α = 45°	Q' = $\frac{P'}{\tan\alpha}$	134,86 KN/ml
Poussée de l'eau	γ_w = 10 KN/m^3 H = 11,5 m	$P = \gamma_w \times H \times h$	48 KN/ml
Poussée totale / m		Q'_1 = Q' + P	182,86 KN/ml

La force horizontale Q'

Q' = $\frac{P'}{\tan\alpha}$

P' correspond au poids par mètre linéaire provenant de la coupole supérieure (P1), la paroi verticale provenant du cylindre (G), le poids propre de la ceinture inférieure (Pceint inf.), et le poids propre de la ceinture supérieure (Pceint sup)

La section d'acier des armatures

$$\sigma_{st} = \text{Min}(\alpha\sqrt{\eta \times \frac{ft28}{\phi s}} + \beta\eta;\ 0{,}5 \times fe;\ 90\times\sqrt{\eta \times ft28})$$

σ_{st}	176,363	176,363	176,363	173,363	153,163	131,138
Ø	8	10	12	14	20	32

Choisissons des HA14. σ_{st} égale à 176,363 MPa

Ast = $\frac{Q'_1 \times R_1}{\sigma_s}$

Ast = $\frac{(1112{,}016\times 7{,}4)10^{-3}}{176{,}363} \times 10000$

Ast =84,79 cm^2

Calcul de A_{stmin}

$$A_{stmin} = \frac{Bft28}{fe} = \frac{0,8 \times 0.4 \times 2,4}{500} \times 10000$$

$$A_{stmin} = 17,28\ cm^2$$

$$A_{stmin} < A_{st}$$

Alors $A_{st} = 84,79\ cm^2$ prendrons 12HA32 espacés de 40 cm dans le sens de la hauteur et 15 cm dans le sens de la largeur et de section réelle de 50,26cm^2

Vérification écartement maxi des barres d'acier :

La ceinture inférieure se comporte comme un tirant les dispositifs constructifs voudrait que e_{max}= min (1,5h ; 20) =min (1.5x40 ; 20 Cm)=20cm

Espacement des barres d'acier vérifié.

Recouvrement des armatures « tendues »

Longueur de scellement droit d'une barre isolée (ls)

ls =$\boldsymbol{\phi.fe/4.\tau su}$ avec $\boldsymbol{\tau su}$ = 0,6*ψs2.ft28 = 0,6×1.5^2×2.4=3,24 MPa

→ ls = $\frac{2\times500}{3.24\times4}$ ls= 77,16 cm

Armatures transversales

La ceinture est une poutre circulaire se comportant comme un tirant.

Le diamètre des armatures transversales (cades, épingle, étriers) est la valeur la plus proche du tiers du diamètre des armatures longitudinales

$\boldsymbol{\phi}_t$=$\frac{20}{3}$= 6,66mm nous allons retenir des $\boldsymbol{\phi}_t$=8mm, car on est en FTP

Espacement des armatures

Pour des raisons de construction l'espacement $S_t \leq \min \begin{cases} 40\ cm \\ a + 10\ cm \end{cases}$ $S_t \leq \min$

$\begin{cases} 40\ cm \\ 20 + 10\ cm \end{cases}$

S_t=30cm

- *CUVE TRONCONIQUE*

r2 =3 m ; l = 4m et h = 16 m α = 45° avec une épaisseur e = 40 cm

La partie tronconique est soumise d'une part à la pression de l'eau et d'autre part à son poids propre

Les sollicitations

Action de la pression de l'eau

$$F_1 = \frac{\Delta l}{\sin\alpha\cos\alpha}\left[h\left(r + \frac{l}{2}\right) - \left(\frac{r}{2} + \frac{l}{3}\right) l\tan\alpha\right]$$

$$F_1 = \frac{10 \times 3,5}{\sin 45 \cos 45}\left[11,5\left(3+\frac{3,5}{2}\right)-\left(\frac{3}{2}+\frac{3,5}{3}\right)3,5\times\tan 45\right]$$

$F_1 = 5717,33$ KN

$$C_1 = \frac{2\pi\Delta l}{\sin\alpha}\left[h\left(r+\frac{l}{2}\right)-\left(\frac{r}{2}+\frac{l}{3}\right)l\tan\alpha\right]$$

$$C_1 = \frac{2\pi x10x3,5}{\sin 45}\left[11,5\left(3+\frac{3,5}{2}\right)-\left(\frac{3}{2}+\frac{3,5}{3}\right)3,5\times\tan 45\right]$$

$C_1 = 25401,44272$ KN

Action du poids propre

$$F_2 = \frac{\Omega l}{\sin\alpha}\left(r+\frac{l}{2}\right) = \frac{25x3,5}{\sin 45}\left(3+\frac{3,5}{2}\right)$$

$F_2 = 294,16$ KN

Effort de compression élémentaire

$$C_2 = \frac{2\pi\Omega l\left(r+\frac{l}{2}\right)}{\sin\alpha\cos\alpha}$$

$$C_2 = \frac{2\pi x25x3,5\left(2+\frac{3,5}{2}\right)}{\sin 45\cos 45}$$

C_2=2613,81 Kn

Force de traction résultante

$F = F_1 + F_2$

F =6011,49 KN

La Résultante de la force de compression C

$$C = \frac{P}{\sin\alpha} + C_1 + C_2$$

$$C = \frac{P' \times \left(r_1 + \frac{hcone}{tan\alpha}\right)}{sin\alpha} + C_1 + C_2 \qquad C = 39946,02 \text{ KN}$$

Calcul des armatures

La section d'aciers due à la force de traction

Nous choisissons des Φ14 ce qui donne un $\sigma_s = 131,14$ MPa

La section d'acier pour une nappe

$$As = \frac{F}{2\sigma_s}$$

$$As = \frac{6011,490 \ .10^{-3}}{2 \ x131,14}$$

$As = 458,41 \ cm^2/ml$

Nous décidons de prendre 6 HA20 avec une section réelle 545,94cm^2

Vérification de la contrainte due à la compression

$$\sigma_b = \frac{C}{100\times e}$$

σ_b=4,67Mpa

La contrainte admissible

$\sigma_{ad} \leq \text{Min}\left[\frac{100e}{R}(f_{c28})^{1/3} ; \frac{e+0,55}{3} f_{c28}\right]$

σ_{ad} =9,5 MPa

$\sigma_b < \sigma_{ad}$ La contrainte du béton est vérifiée nous prendrons donc des aciers forfaitaires.

As min = 0,125 % x Bs

Asmin = 0,125 % x 20 x 100

Asmin = 2,5 cm^2

Prenons 5HA8 espacé de 20 cm avec une section réelle de 2,51cm^2. Il en est de même pour les armatures de répartition. Les aciers seront répartis en 2 nappes.

- *LA CHEMINÉE*

e= 15 cm avec h = 14,75m

La cheminée travaille en compression, considérons une tranche de 1 m de hauteur.

Calcul des sollicitations

La pression de l'eau et charge d'entretien

P = w x h + ɣ entretient = 10 x 14,75+1

p = 147,5 kN /m^2

Calculons F'

F' = p x r = 147,5 x 0.7

F ' = 80 KN

Calcul de la contrainte de compression du béton

$\sigma_b = \frac{F}{100 \text{ x } e}$

σ_b = 0,005334583 MPa

Calcul de la contrainte de compression limite du béton

$\sigma_{ad} \leq \text{Min}\left[\frac{100e}{R}(f_{c28})^{1/3} ; \frac{e+0,55}{3} f_{c28}\right]$; $\sigma_{ad} \leq \text{Min}\left[\frac{100\times0.15}{0.5}(30)^{1/3} ; \frac{0.15+0,55}{3} 30\right]$

$\sigma_{ad} \leq 7$ MPa

$\sigma_b < \sigma_{ad}$ La condition étant vérifiée on utilisera des aciers forfaitaires.

Calcul de la section d'acier

As min = 0,125 % x B= 0,125 % x 15 x 100

As min = 1.875 cm^2

Nous choisissons de prendre 5 HA 8 espacés de 20 cm avec une section réelle

As = 2,51 cm^2

- COUPOLE DE FOND

L'épaisseur de la coupole de fond est : e = 15 cm

Détermination des charges

désignation		formules	charges
Poids propre du béton	e= 0,2m w=25 KN/m^3	g_1 = W x e	5 kN/ ml
La charge due a l'action de l'eau		g_2 = W x h	160 kN/ ml
La charge totale		P= $g_1 + g_2$ + ɣ entretient	165 KN/ml

Détermination des différents efforts

Effort tangentiel

$P_1 = \frac{(r^2+f^2)P}{2r}$

P_1 = 274,98 KN

Effort normal

$Q_1 = \frac{(r^2-f^2)P_1}{2rf}$

Q_1 =463,73 KN

Vérification de la contrainte dans le béton

$\sigma_b = \frac{N_1}{100e}$

$N_1 = \sqrt{(P^2 + Q^2)} N_1$ = 539,13 kN/m

σ_b =2,7 MPa

La contrainte admissible

$\sigma_{ad} \leq Min \left[\frac{100e}{R}(f_{c28})^{1/3} ; \frac{e+0,55}{3} f_{c28}\right]$ σ_{ad} = 7,5 MPa

$\sigma_b < \sigma_{ad}$ Ce qui nous permet de conserver cette épaisseur de coupole de 20 cm.

Le béton à lui seul suffit pour résister à la compression, seule sollicitation observée au niveau de la coupole, nous allons donc utiliser des aciers forfaitaires.

Calcul de la section d'acier

Asmin = 0,15 %. e .100 Asmin = 0,15 % x 20 x 100

Asmin = 3 cm^2

Choisissons 5HA10 espacé de 20 cm avec une section réelle As = 3,93 cm^2

- CEINTURE D'APPUIS

Le calcul se fait à l'ELU

fser =Min (0,5×fe;90×$\sqrt{\eta \times ft28}$)=250 MPa

Contrainte admissible du béton :

$fbser$=0,85* $\frac{fc28}{\gamma b}$=17 MPa

Calcul des charges

Rayon moyen rm(m)	3,2
Poussée verticale de la ceinture d'appui P1(KN/ml)	417n84
Angle α	45.00
Poussée horizontale de la ceinture d'appui Q1(KN/ml)	731
Poussée totale de la ceinture d'appui N1(KN/ml)	539,13
Poussée totale venant du tronc N2(KN/ml)	62506,42
Poussée verticale venant du tronc P2(KN/ml)	40715,96
Poussée horizontale venant du tronc Q2	2198,26
Comparaison deQ2 >Q1	La ceinture sera armée à la compression
Poussée horizontale résultante Q(KN/ml)	164.50
Effort normal de compression à l' ELU Nu (KN)	688.41
Poids propre de la ceinture Pp(kN)	162,86
Charge verticale totale à l'ELU Pu (KN)	19061.9
τuv(Mpa)	5.5
τuT(Mpa)	1.6

La cuve repose sur une tour, alors il est sollicité par un effort normal qui vaut :

$\boldsymbol{N}$= 1,35*$\boldsymbol{Q*r1m}$= 3281,26 $\boldsymbol{KN}$

Section d'acier

Nous vérifierons que la contrainte dans la section est inférieure la contrainte admissible du béton puis nous armerons la section avec une section d'acier minimale.

Contrainte dans le béton : σb= $\frac{N}{b*h}$ =1,07 MPa

σb<σa=17 MPa, $donc$ As=max (0,002$*a*b$;4*2*(b+h))

$\boldsymbol{As}$=11,21$\boldsymbol{cm2}$

Aciers due a la torsion

Aciers dûs à la torsion	
Périmètre u (cm)	2,27
Ast (cm2)	13,03
Astmin(cm2)	1,51
Ast retenue(cm2)	13,03

Acier total : t = ***As***(torsion) + ***As***

Ast = 13,03 cm²

Choix des aciers

Aciers longitudinaux

Nous choisissons 10HA14 pour une section réelle de 15,39 cm2

Aciers transversaux

Pour le calcul des aciers transversaux dans le cadre d'une poutre, il faut respecter

3 conditions essentielles : $\begin{cases} St \leq \min(0{,}9d\ ;\ 40cm) = 40\ cm \\ \emptyset t \leq \min\left(\frac{h}{35}; \frac{b}{10}; \emptyset l\right) = 17\ mm \\ ASt \geq \frac{0{,}4\ b0}{fe} = 0.5\ c\ m2/cm \end{cases}$

De ces conditions, nous choisissons HA8 avec un espacement de 30 cm

- *DIMENSIONNEMENT DES ENTROTOISES*

Longueur des entretoises

Lt = $\frac{2\pi rm}{8}$

Lt = 2,55 m

Calcul des charges

désignation		formules	charges
Poids propre	b= 0,4m ; h=0,6	Pp = γ_b x b x h	6 kN/ml
	γb = 25		
La charge Pu		Pu = 1,35 * Pp	15,31 kN/ml
Moment en travée		Mt = $\frac{Pu\ l_t^{\ 2}}{24}$	4,89 KN.m
Moment sur appuis		$\frac{Pu\ l_t^{\ 2}}{12}$	0,73 KN.m
Moment réduit		$\frac{M_t}{bd^2 f_{bu}}$	0,00202 MN

En travée

μ_{AB} = 0, 186. D'où $\mu_u < \mu_{AB}$ Donc pas d'aciers comprimés ; donc l'entretoise sera dimensionnée en flexion simple.

Calcul des sections d'aciers

α_u = 1, 25* (1 - $\sqrt{1 - 2\mu_u}$) = 0.0025

z_u = d * (1- 0,4α_u) = 0.27 m

Ast = $\frac{M_t}{z_u * f_{su}}$* 10 avec fsu = 434, 78 MPa

Ast = 0,31 cm²

Calculons les aciers minimaux

$A_{min} = \frac{0,23bdf_{t28}}{fe} * 10^4$ $A_{min} = 1,34$

Nous choisissons 4HA8 la section réelle As = 2 ,01 $cm^{2.}$

En appuis

$\mu_u = \frac{0.15 \times M_a}{bd^2 f_{bu}}$ $\mu_u = 0,00061$ $\mu_u < \mu_{AB}$ Donc pas d'aciers comprimés ;

$\alpha_u = 1, 25* (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 0,0008$

$z_u = d * (1- 0,4\alpha_u) = 1,00$ m

$Ast = \frac{M_t}{z_u * f_{su}} * 10$ avec fsu = 434, 78 MPa

Ast = 0,047 cm^2

Calculons les aciers minimaux

$A_{min} = \frac{0,23bdf_{t28}}{fe} * 10^4$ $A_{min} = 1,34$

Nous choisissons 4HA8 la section réelle As = 2 ,01 $cm^{2.}$

Aciers transversaux

Pour le calcul des aciers transversaux dans le cadre d'une poutre, il faut respecter 3 conditions

essentielles : $\begin{cases} S_t \leq \min(0, 9d ; 40cm) & (1) \\ \emptyset_t \leq \min\left(\frac{h}{35}; \frac{b}{10} ; \emptyset_l\right) & (2) \\ A_t \geq \frac{0,4b_0 S_t}{f_e} & (3) \end{cases}$ $\begin{cases} S_t \min \leq 24,03 \text{ cm} & (1) \\ \emptyset_t \leq 5.71 & (2) \\ A_t \geq 0.26 \text{ cm}^2 & (3) \end{cases}$

En les respectant, on a des 6 HA6 espacé de 15 cm avec une section réelle de 1.41 cm^2

- DIMENSIONNEMENT DES PILIERS

Nous optons pour les piliers, car cette solution est plus économique que celle de la tour.

Pré dimensionnement

La hauteur sous cuve est de 10 m. Nous choisissons une longueur libre des piliers de 2 m (lo = 2 m). Les piliers seront de section carrée (a * a) et le nombre de rangées de poteaux est de 8.

L'élancement sera limité à 35.

L'effort transmis à un pilier est égal à 5638 KN.

Les piliers seront donc dimensionnés en compression centrée.

On a : $a \geq \frac{l_f \sqrt{12}}{\lambda}$

Calcul de la sollicitation permanente agissante

désignation		formules	charges
Le poids propre des piliers	Hsc=10m D=2m	Pp = γ_b x b x h x (D + Hsc)	12 KN
L'effort transmis à un pilier Nu(KN)		1,35 (Pe + Pp) + Pu/5	5667,88 kN
Moment sur appuis		$\frac{Pu\ l_t^{\ 2}}{12}$	1,00 KN.m
Moment réduit		$\frac{M_t}{bd^2 f_{bu}}$	0,00202 MN

La section des aciers est obtenue par la formule suivante : A=$\frac{k\beta Nu-Ns}{0.85fed}$

Calcul de la section d'acier

$\theta = 1$; Br = 0.14m² ; fed = 434.78MPa

Nb = $\theta \frac{Br \times fbu}{0.9}$ Nb = 2,6 MPa

$$A_{st} = \frac{k\beta Nu - Ns}{0.85fed}$$

$A_{st} = 69{,}048\ cm^2$

On a A_{min}= 6,4 cm².

Nous retenons 10 HA32 pour une section totale de 80,42 m²

Calcul des armatures transversales

La section des aciers transversaux est le tiers des aciers longitudinaux.

$\emptyset t = 6{,}66mm$ nous retenons $\emptyset t = 8\ mm$

Calcul des espacements

:$St \leq \min \begin{cases} a + 10 \\ 40 \end{cases}$ St=40cm, car Ast ≤ Astmin

Après calcul, on trouve

Jonction par recouvrement

$l_r = 0.6 l_s$ soit $50\emptyset l$ pour HA500

$l_r = 36cm$

- *DIMENSIONNEMENT DE LA FONDATION*

Descente de charges

Le poids transmis par le palier

Nous allons considérer les systèmes de semelles isolées sous chaque pilier.

Profondeur d'encrage D = 2,5 m. La contrainte admissible du sol σ_{sol} = 0,75 MPa. L'effort transmis à la semelle :

N_u = P =5692 KN

Calcul de l'air approché

$S = \frac{N_u}{q}$ s = 7,60 m^2

Respect de l'homothétie des dimensions poteaux et semelle

$B_1 = \sqrt{\left(S_1 \times \frac{a}{b}\right)}$ et $A_1 = \frac{a \times B_1}{b}$ $A_1 = B_1 = 1.1m$

Avec des semelles de dimensions 1,9m x 1,9m. Nous constatons que, quel que soit les dispositions adoptées la distance entre axes des semelles est toujours inférieure à la largeur des semelles, nous optons donc pour un radier général.

La surface du radier

$S \geq \frac{Pu}{\sigma s} = \frac{4701 * 10^{-3}}{0,75} = 1,21$ m²

Pour une section carrée : $a \geq \sqrt{S_{min}} = 1,1$ m²

Le radier devant couvrir toute l'emprise de la fondation alors nous prenons un

$L_x = L_y = 6,4$, pour section réelle S = 40,96 m²

Épaisseur (h_0)

$\alpha = \frac{L_x}{L_y} = 1 > 0,4$ Alors la dalle porte sur deux sens

$$h_0 \geq \frac{L_x}{30} = \frac{L_y}{30} = 0,16m$$

Nous prenons $h_0 = 35\ cm$

Donc nous avons un radier de largeur $L_x = 6.5\ m$ et de longueur Ly = 6.5 m d'épaisseur $h_0 = 35\ cm$

Calcul de sollicitations sur le radier

Poids propre du radier

$P_{pr} = \rho b * h_0$ P_{pr} = 0,00875 MN/m²

Réaction du sol

$$q = \frac{N_{ut}}{S} = \frac{4701}{36} = 1,11 kN/m^2$$

Charge totale

$P_u = 1{,}35 * P_{pr} + q$ $P_u = 1{,}12$ MN/m²

Calcul des armatures du radier

En considérant une bande de 1m, dimensionner notre radier revient à dimensionner une poutre de portée $L_x ou\ L_y\ supportant$ Pu.

Calcul des moments réduit

$\alpha = 1$, donc $\mu_x = 0.0368$ et $\mu_y = 1$ alors

$M_{ox} = M_{oy} = \mu_x * Pu * l_{x^2}$ $M_{ox} = M_{oy} = 1{,}69$ MN.m

Acier longitudinaux

Moment en travée

$\mu = \frac{M_u}{b*d^2 fbu} = \mu = 0{,}2951$ MN.m

Nous avons des HAFe500 donc le moment réduit ultime $\mu l = 0.37$

$0.069 < 0.37 \rightarrow \mu <$ µl,alors pas d'acier comprimé

Section d'acier

$A_s calculé = \frac{M_u}{z*fsu} = 88{,}67$ Cm²

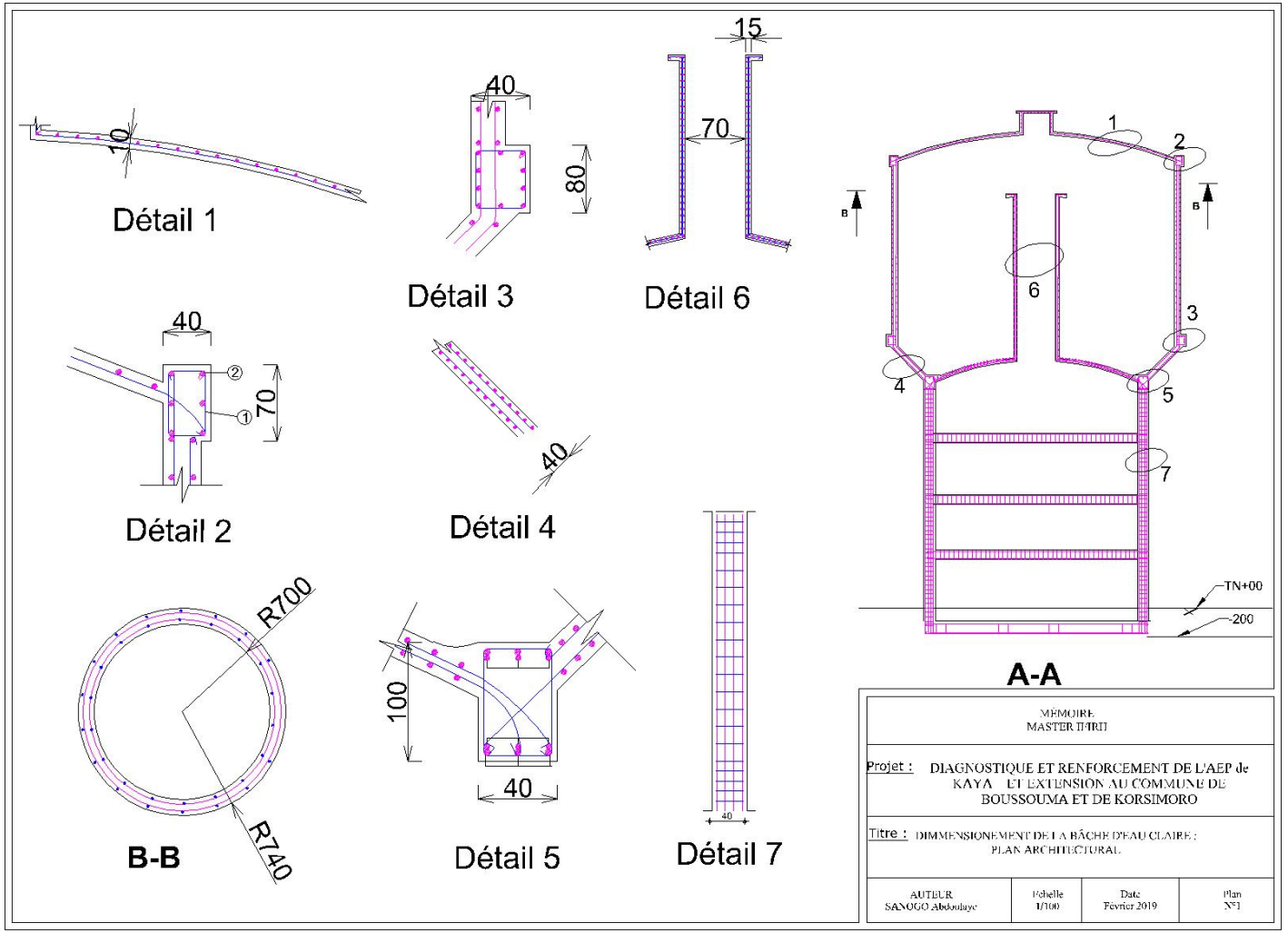
$A_{smin} = 6*h_0 = 88{,}67$ cm²

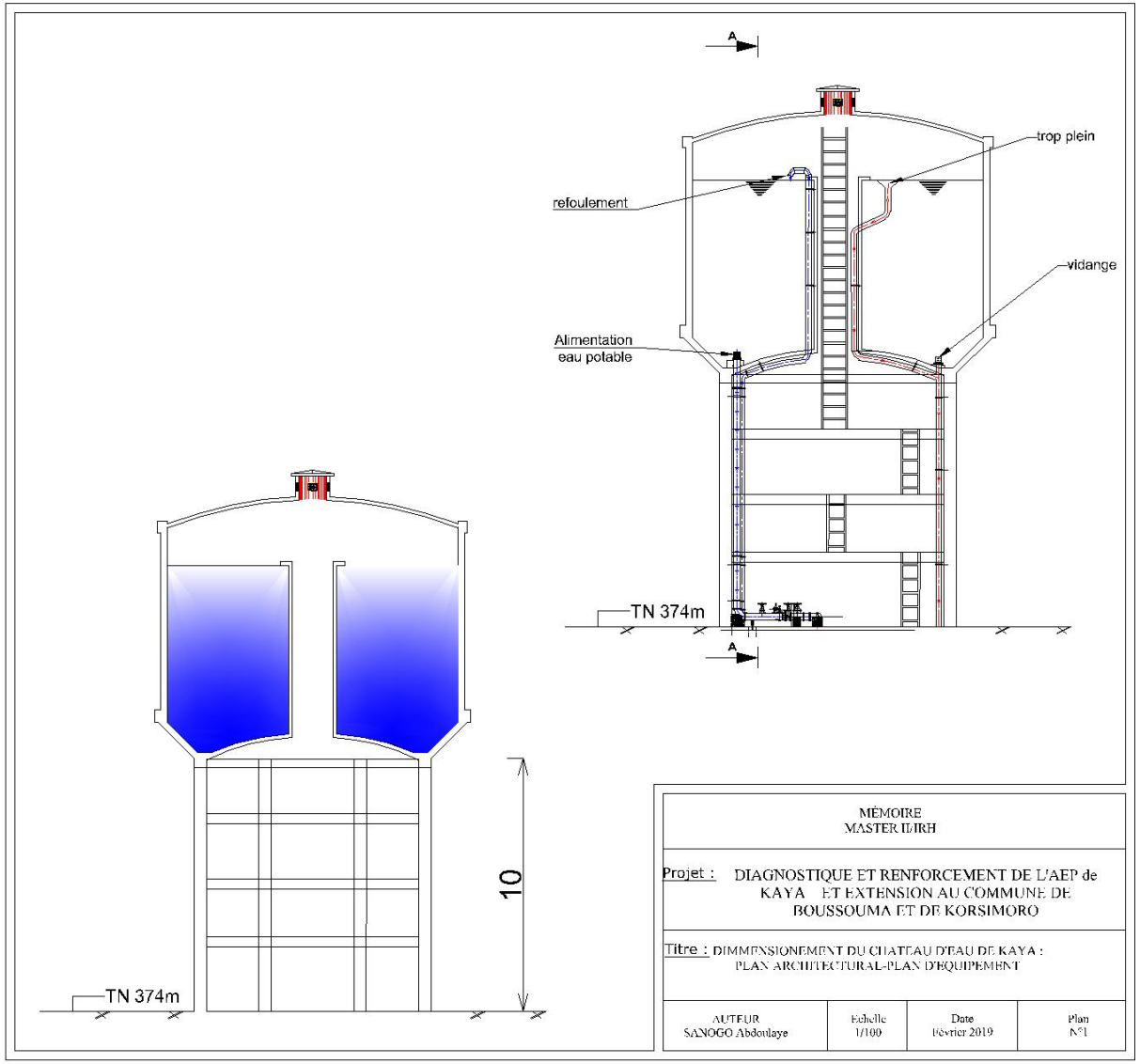
As/nappe = 44,34 cm²

Donc $A_{sx} = A_{sy} = 44{,}34$ cm²

Choix = 6 HA32 espacement de 15 cm avec une section d'acier réelle de 48,25 cm²

Annexe 7:Plan de ferraillage du château d'eau




A
trop plein
refoulement
vidange
Alimentation
eau potable
TN 374m
A
10
TN 374m
MÉMOIRE
MASTER II/IRH
Projet : DIAGNOSTIQUE ET RENFORCEMENT DE L'AEP de KAYA ET EXTENSION AU COMMUNE DE BOUSSOUMA ET DE KORSIMORO
Titre : DIMMENSIONEMENT DU CHATEAU D'EAU DE KAYA : PLAN ARCHITECTURAL-PLAN D'EQUIPEMENT
AUTEUR
SANOGO Abdoulaye
Echelle
1/100
Date
février 2019
Plan
N°1

Annexe 8:Château d'eau métallique

La virole (cuve)

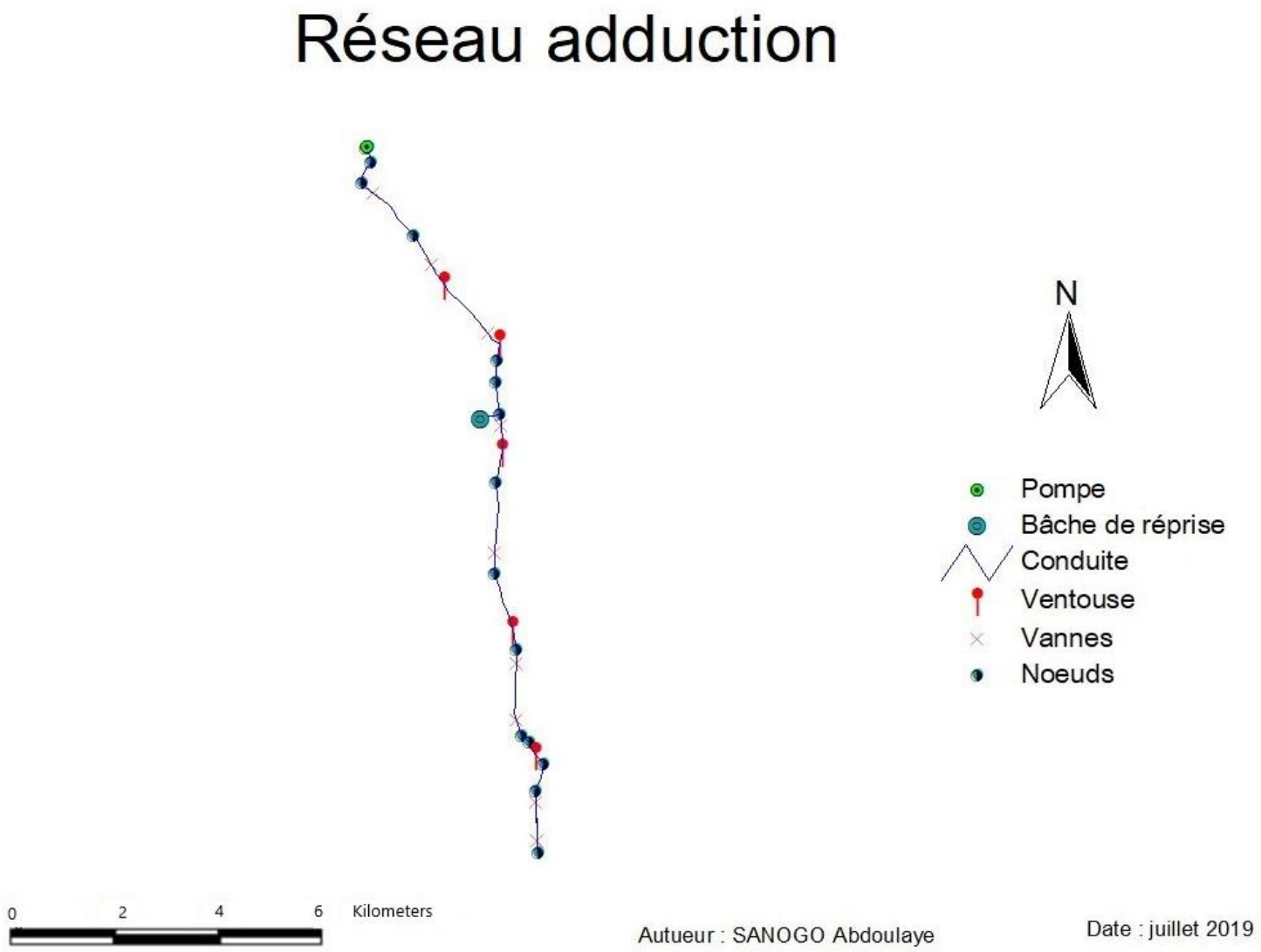
* Hauteur =7,5 (m)
* Diamètre =5 (m)

Coupole inférieure

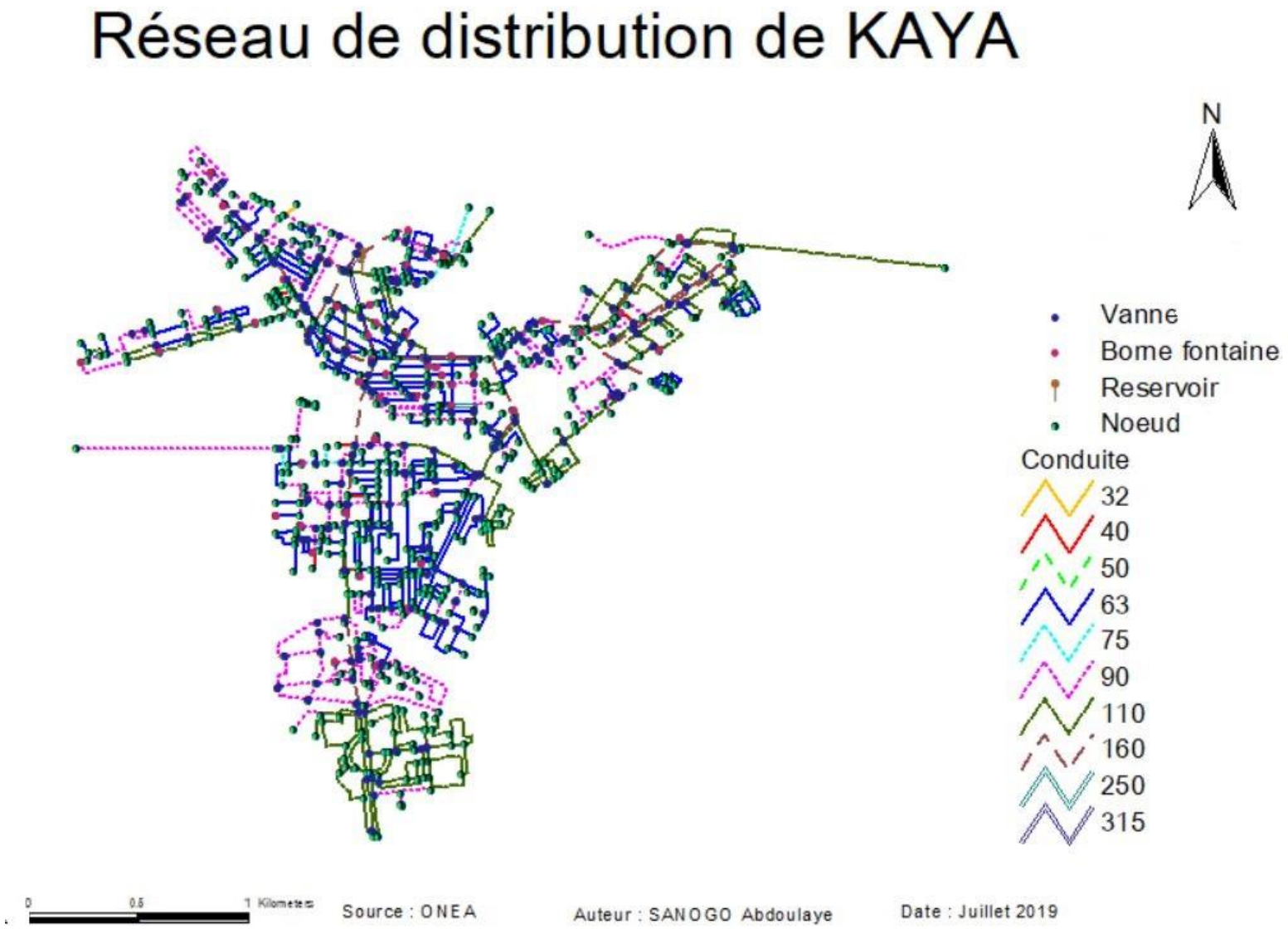
* Flèche = 0,625 (m)
* Rayon de courbure = 5,31 (m)

Contrainte limite admissible	235,000	Pa
Surépaisseur due à la corrosion	1,000	m
Coefficient de soudure z	0,700	
contrainte admissible f	156,667	Pa
Poids volumique de l'eau	10,000	KN/m²
Pression hydrique Pv	81,250	KN/m
Épaisseur de la tôle	2,852	mm

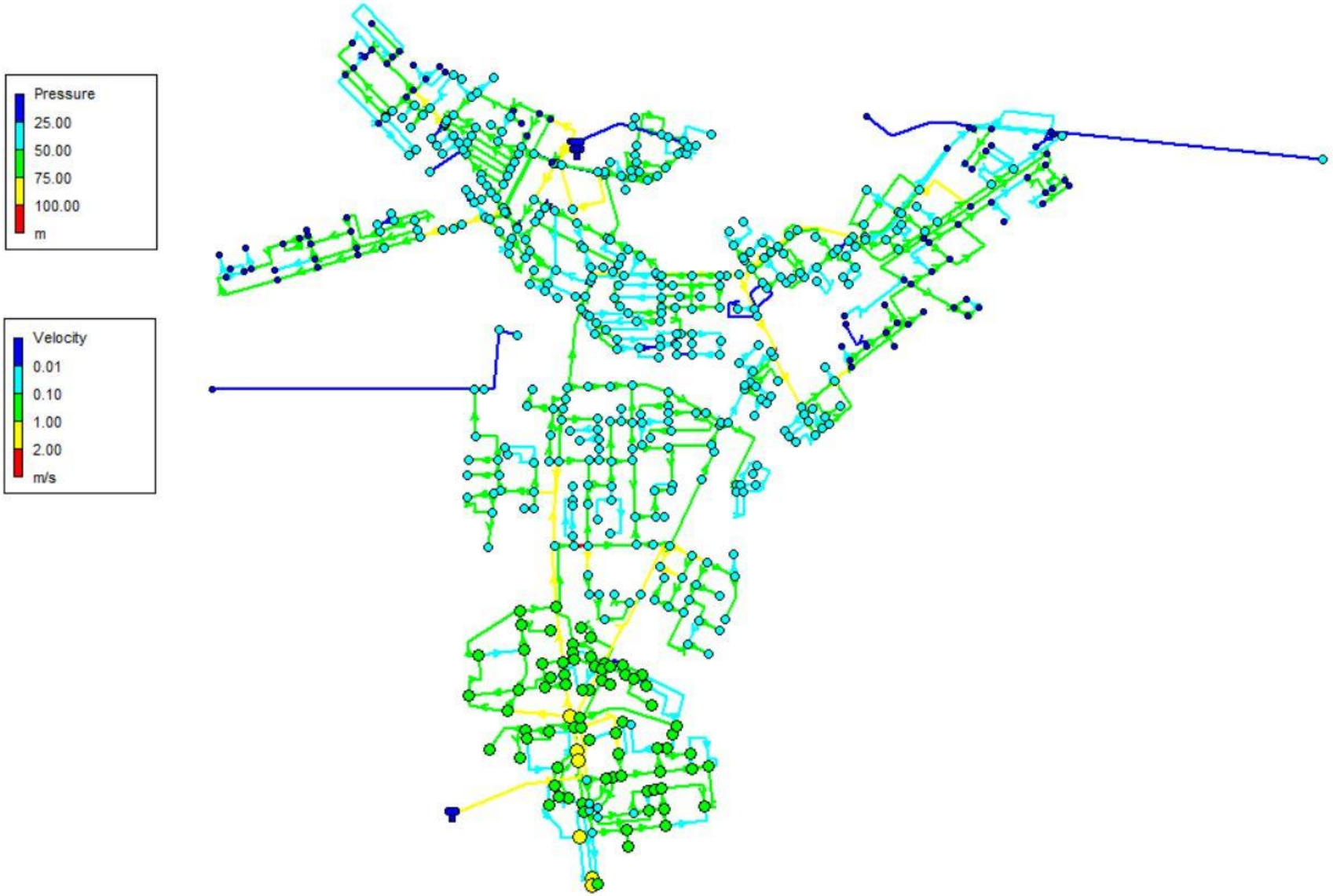
Annexe 9: Réseau d'adduction



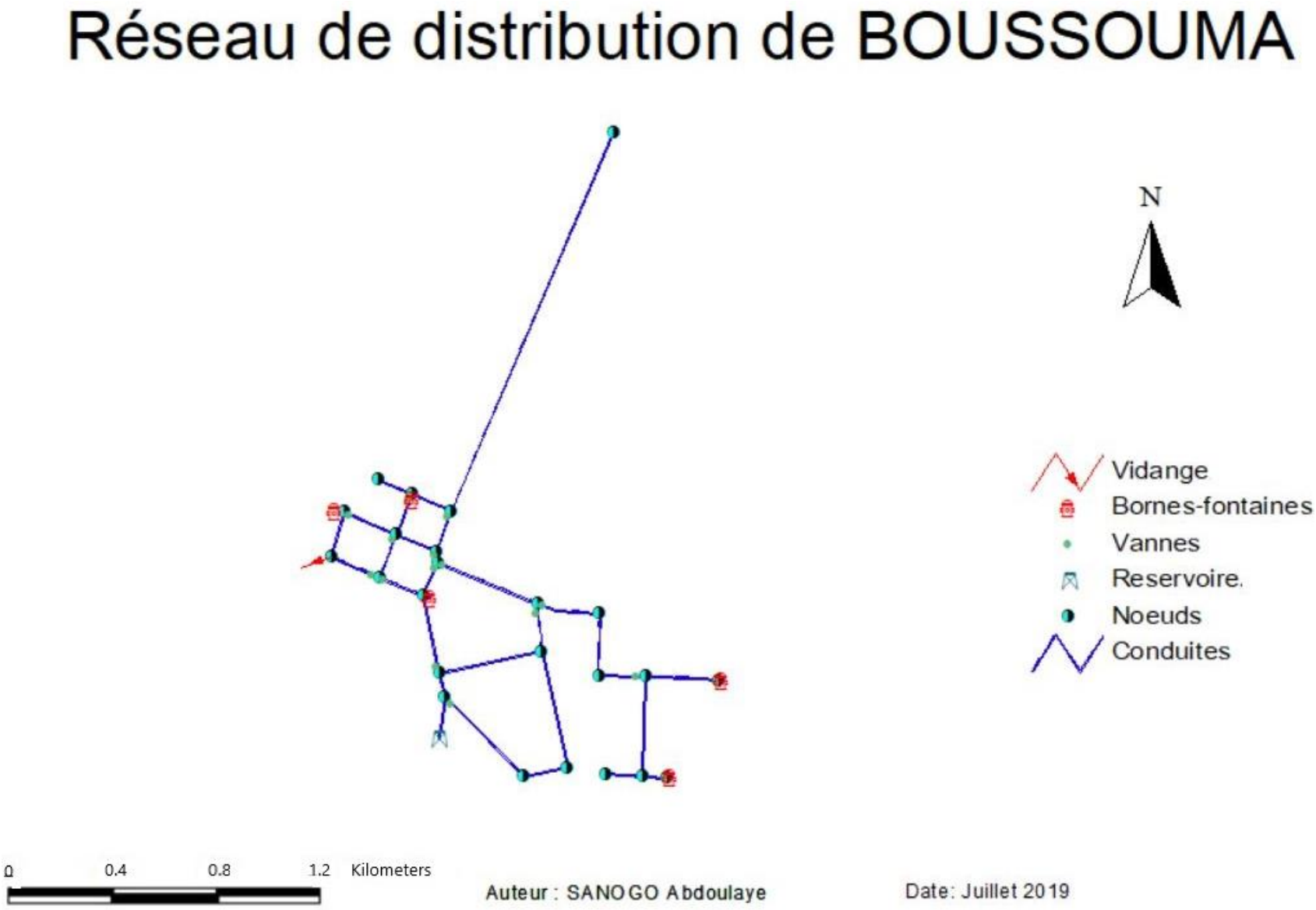
Annexe 10:Réprésentation du réseau de distribution de la ville de Kaya



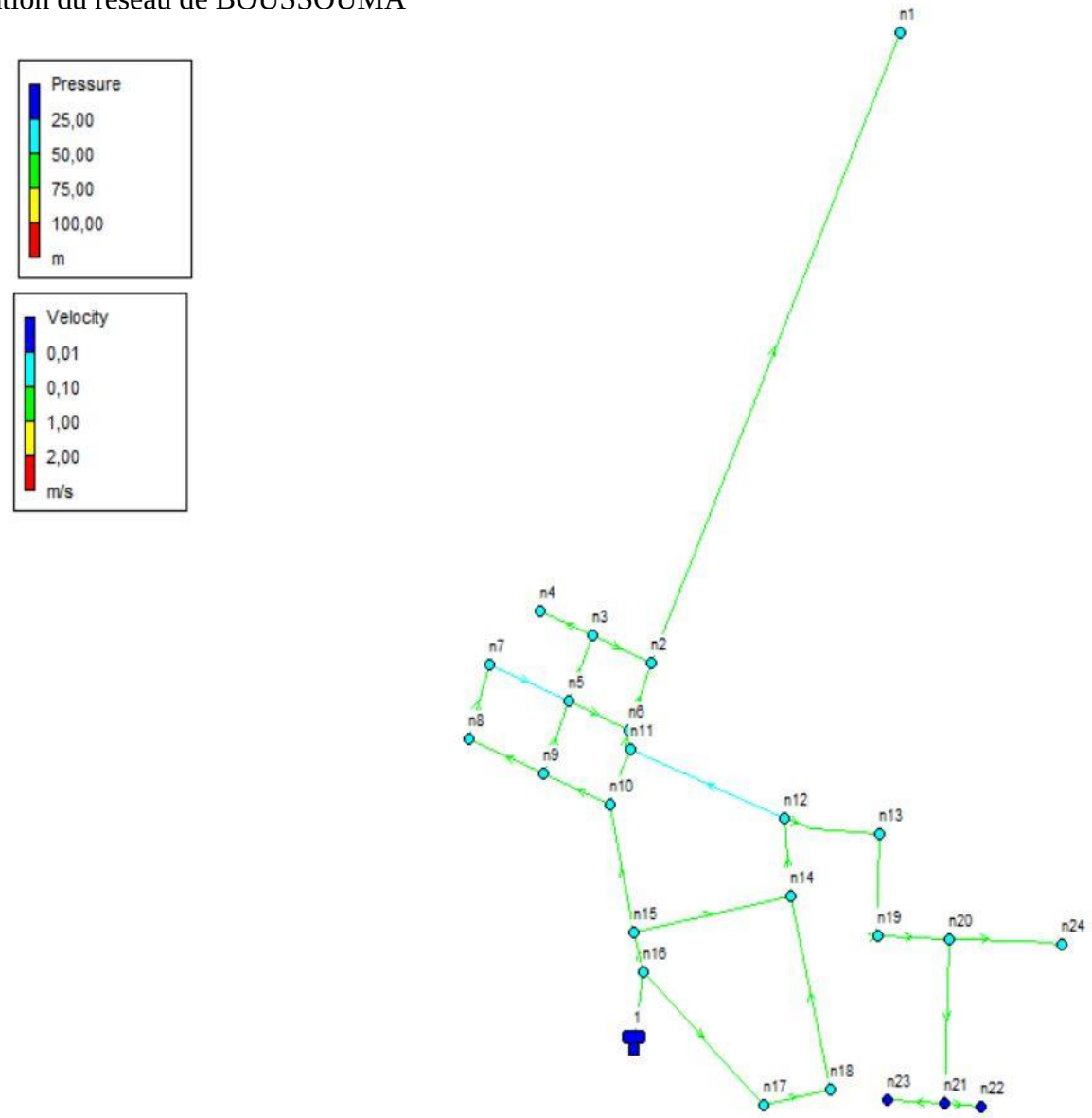
Annexe 11:Simulation EPANET du réseau de distribution de KAYA



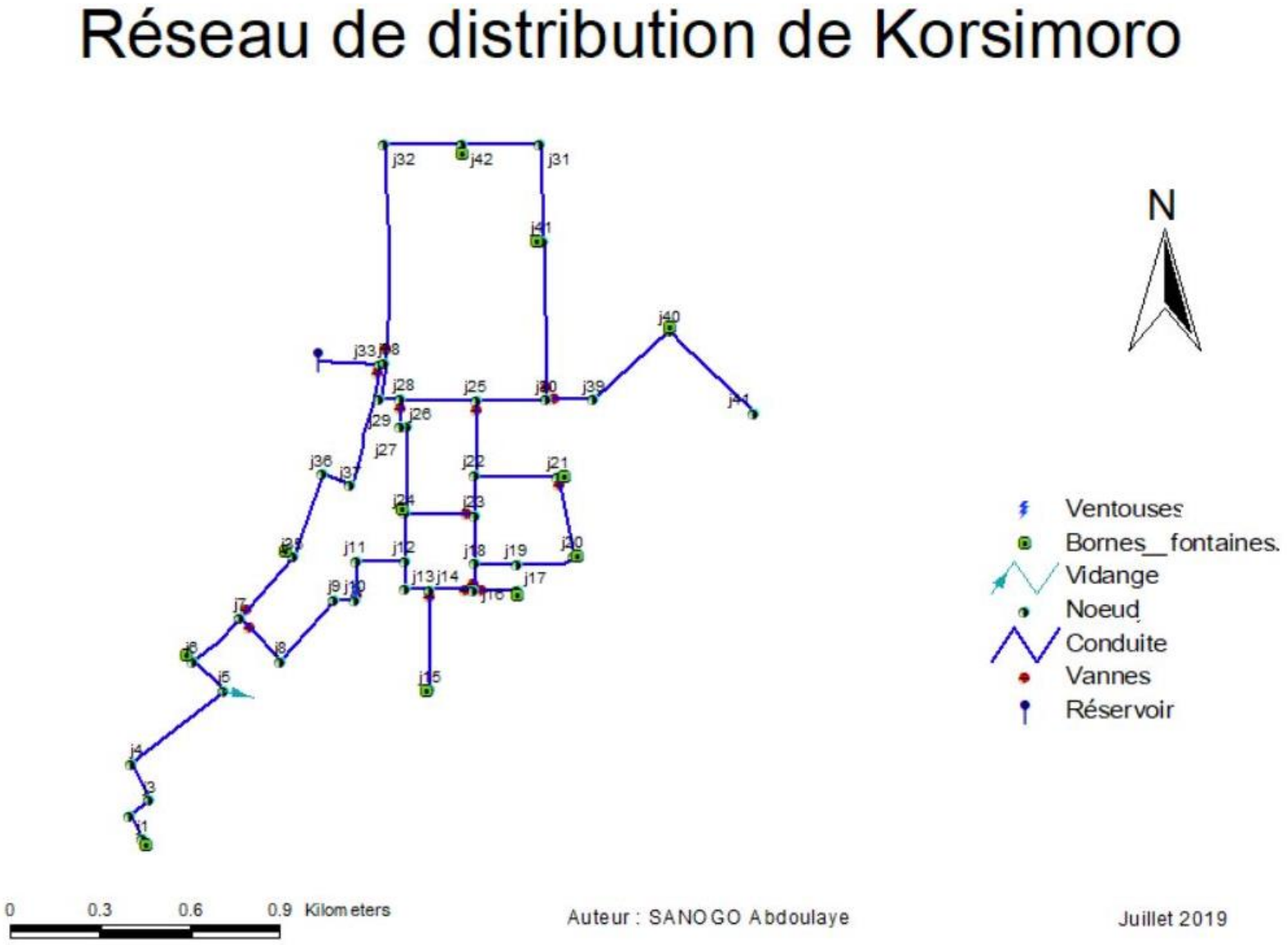
Annexe 12:Réseau de distribution de BOUSSOUM



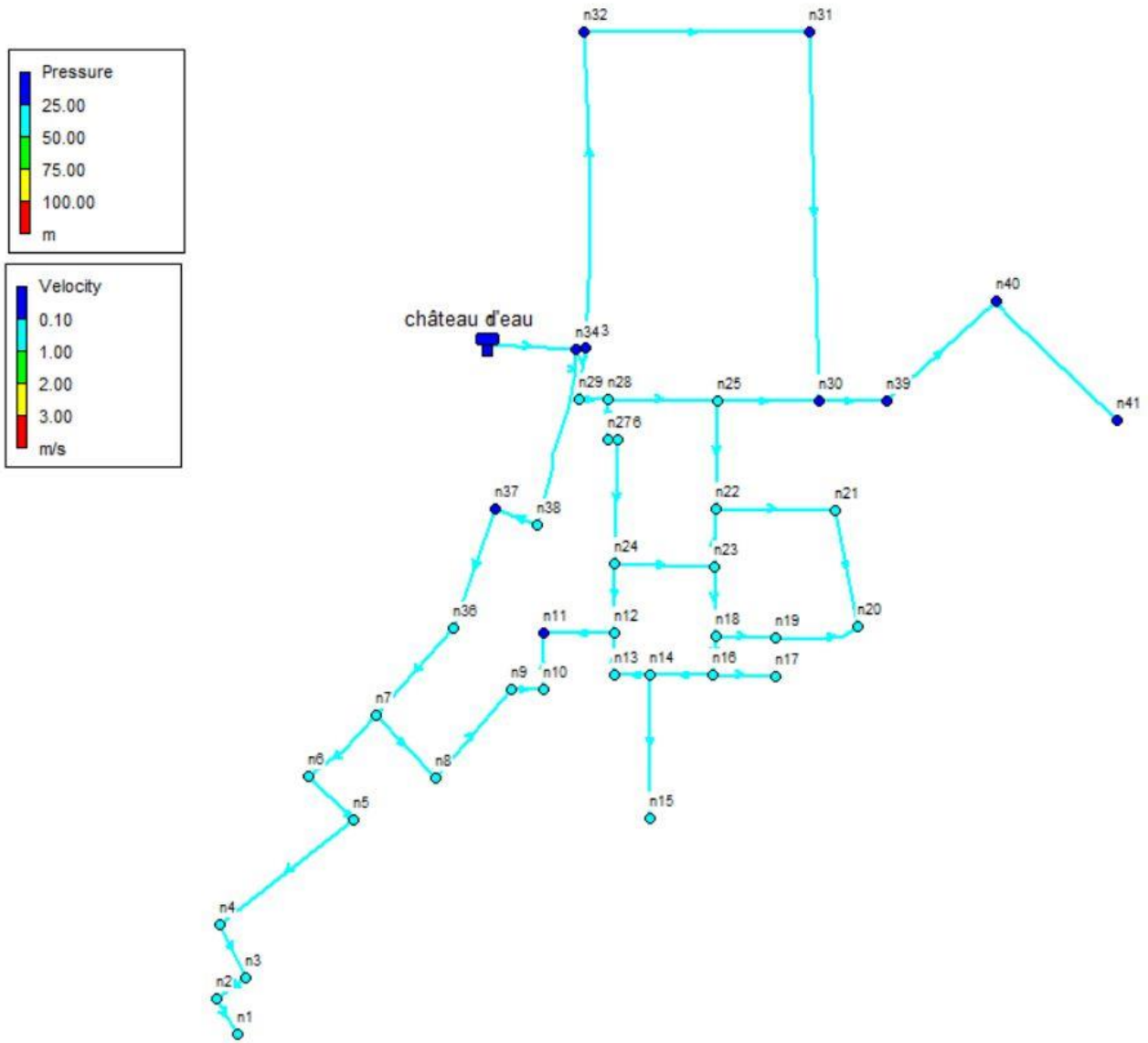
Annexe 13:Simulation du réseau de BOUSSOUMA



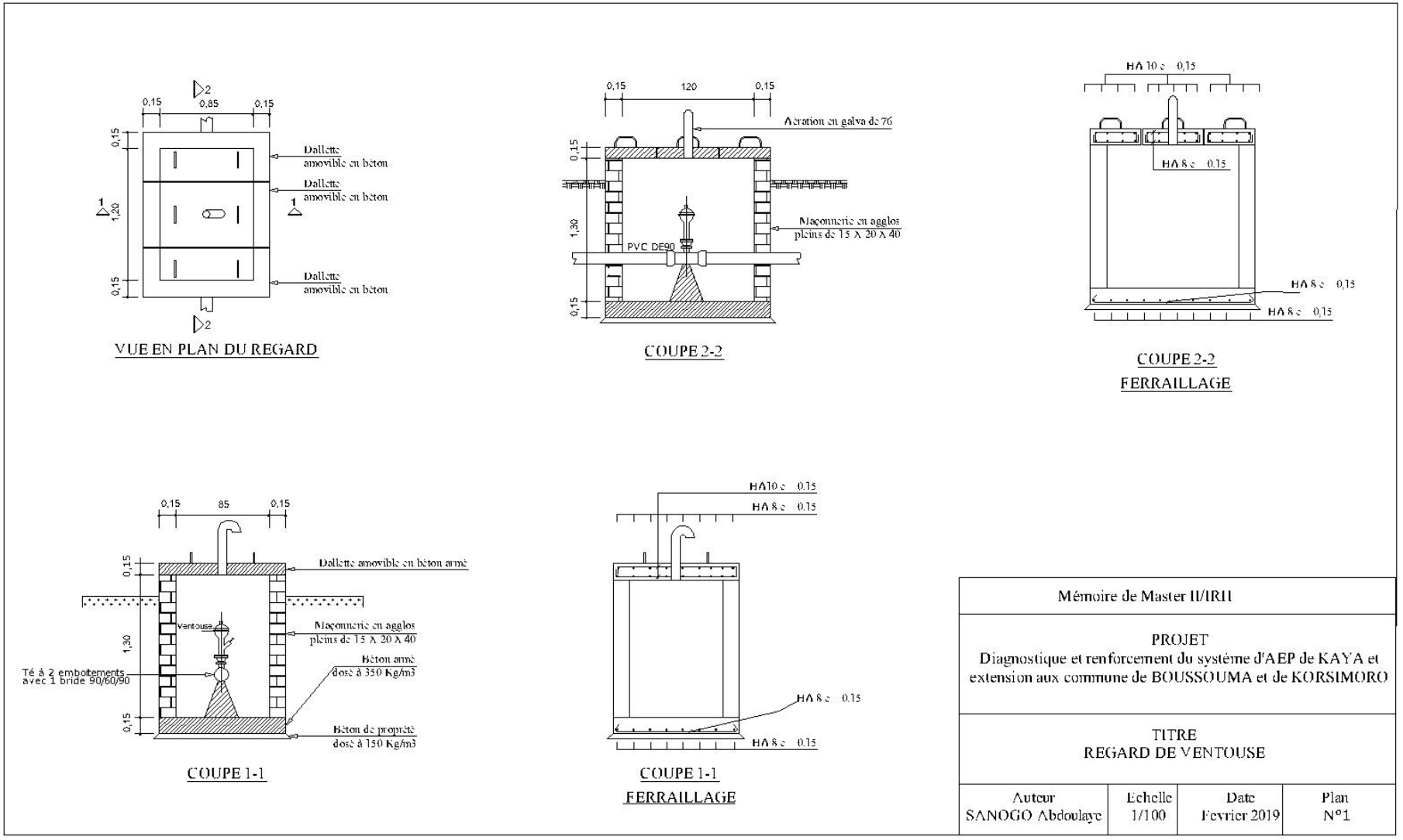
Annexe 14:Réseau de distribution de KORSIMORO



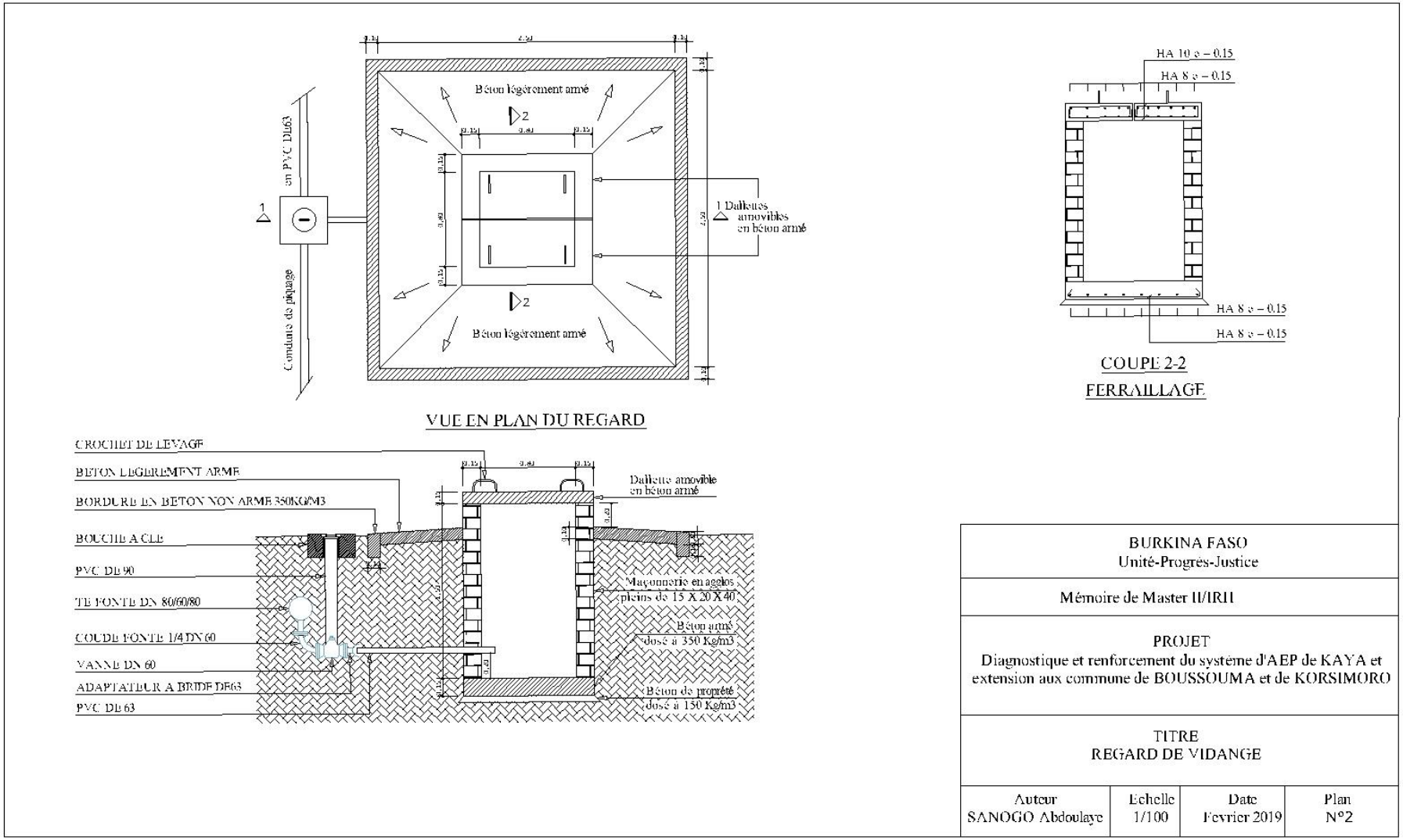
Annexe 15:Simulation du réseau de KORSIMORO



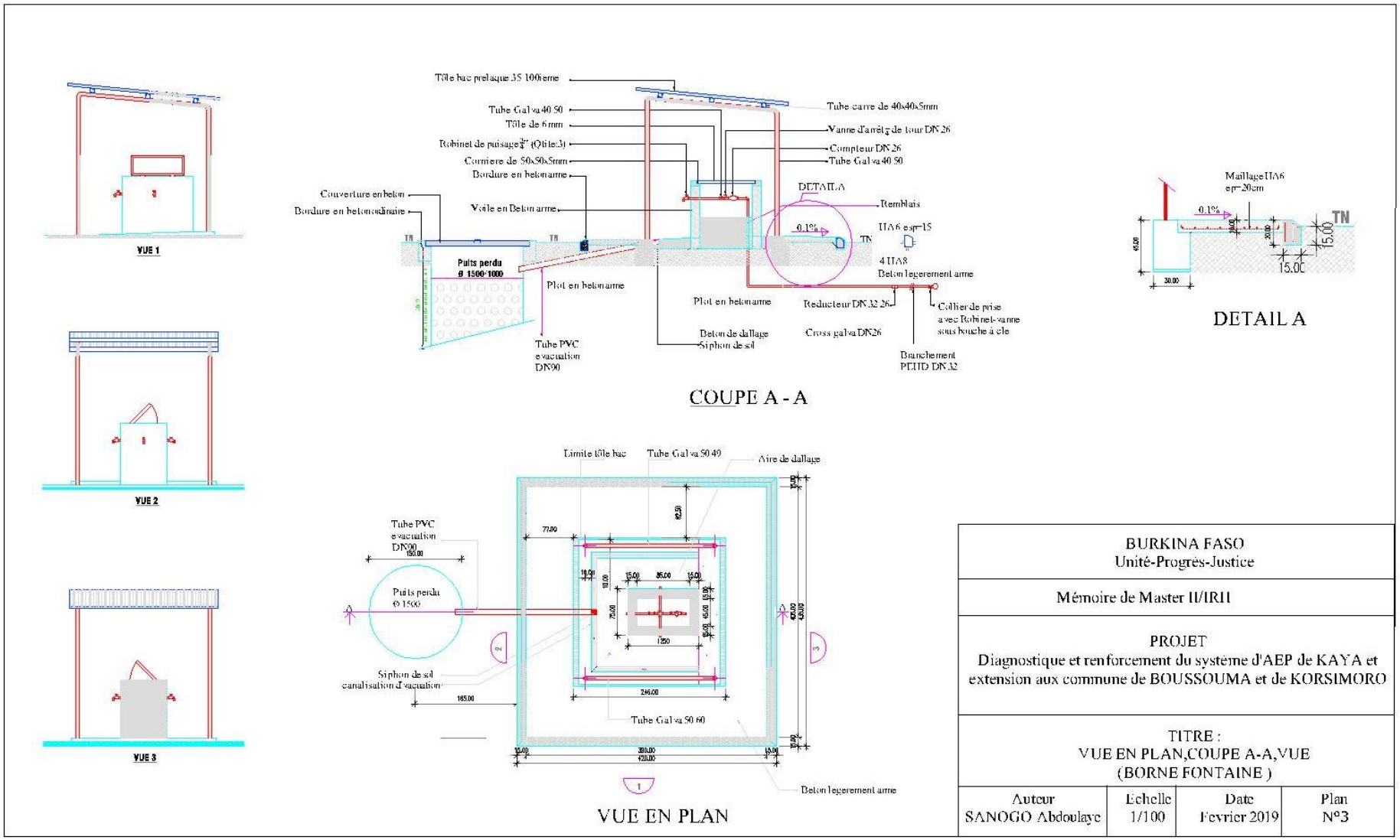
Annexe 16:Régarde de ventouse



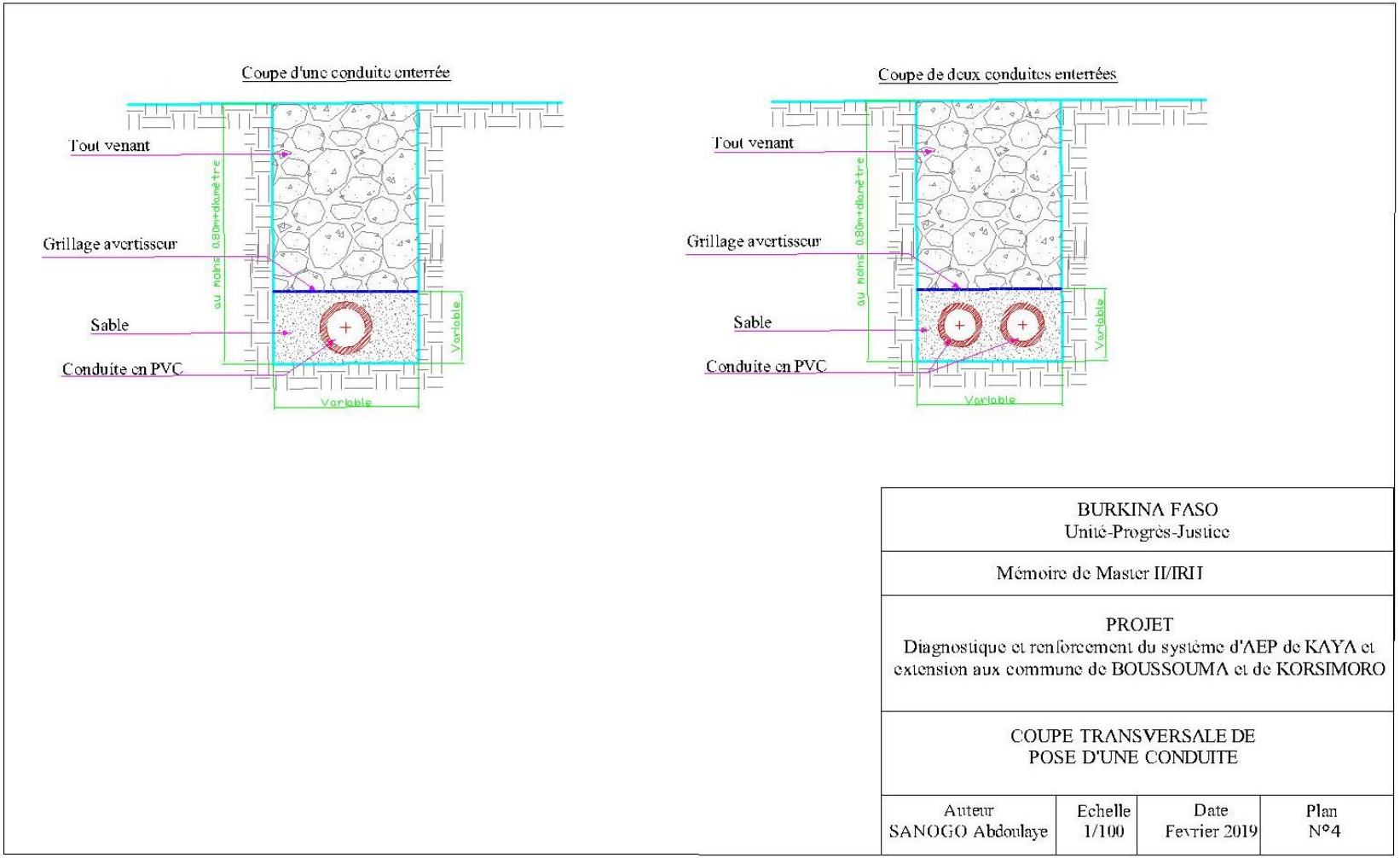
Annexe 17:Regard de Vidange



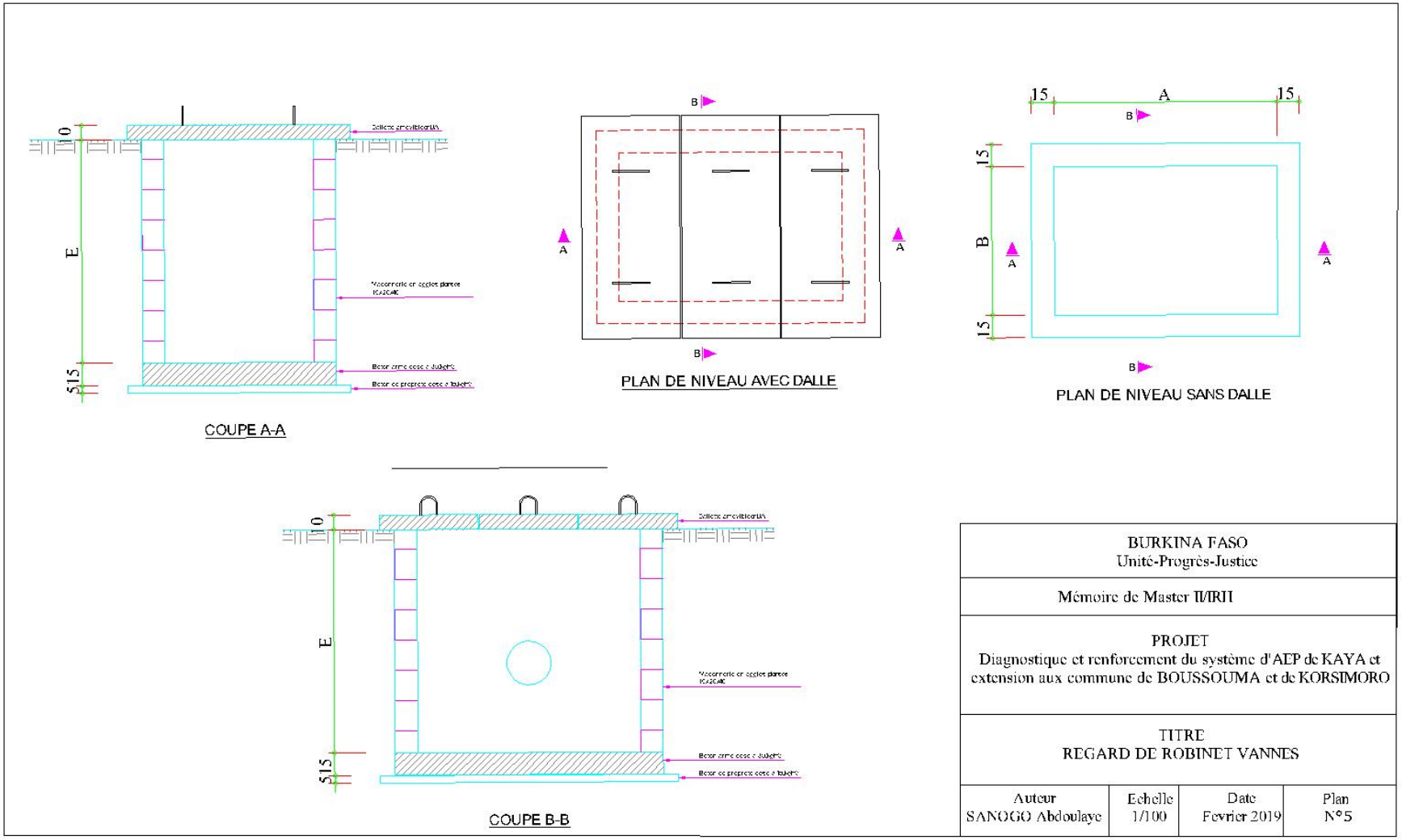
Annexe 18:Borne fontaine



Annexe 19: Coupe transversale de pose d'une conduite



Annexe 20:Regard de robinet-vannes



Annexe 21:Consommation des Nœuds du réseau de distribution de KAYA

Nœuds	ELEVATION	Conso_Noeuds l/s	Nœuds	ELEVATION	Conso_Noeuds l/s
j1	340	0,270	j520	336	0,216
j2	328	0,068	j521	332	0,351
j3	350	0,041	j522	334	0,230
j4	346	0,000	j523	334	0,189
j5	346	0,000	j524	332	0,702
j6	346	0,000	j525	332	0,027
j7	338	0,108	j526	334	0,567
j8	338	0,027	j527	334	0,702
j9	338	0,068	j528	334	0,419
j10	340	0,162	j529	332	0,230
j11	338	0,581	j530	336	0,473
j12	332	0,162	j531	336	0,783
j13	332	0,014	j532	332	0,297
j14	332	0,203	j533	332	0,162
j15	332	0,027	j534	332	0,243
j16	332	0,027	j535	332	0,365
j17	332	0,122	j536	332	0,027
j18	332	0,135	j537	330	0,257
j19	332	0,311	j538	330	0,513
j20	334	0,270	j539	330	0,351
j21	334	0,068	j540	330	0,324
j22	334	0,135	j541	330	0,243
j23	334	0,216	j542	332	0,567
j24	334	0,095	j543	334	0,419
j25	332	0,000	j544	336	0,270
j26	332	0,135	j545	334	0,338
j27	332	0,108	j546	334	0,257
j28	332	0,162	j547	334	0,810
j29	334	0,000	j548	336	0,311
j30	334	0,108	j549	336	0,284
j31	336	0,351	j550	338	0,338
j32	338	0,257	j551	338	0,918
j33	340	0,338	j552	338	0,378
j34	334	0,459	j553	334	0,419
j35	334	0,095	j554	334	0,513
j36	334	0,351	j555	332	0,311
j37	334	0,203	j556	332	0,405
j38	334	0,257	j557	332	0,473
j39	336	0,378	j558	332	0,324
j40	334	0,486	j559	330	0,365
j41	334	0,189	j560	328	0,000
j42	334	0,216	j561	360	0,000
j43	338	0,419	j562	328	0,000
j44	334	0,243	j563	326	0,581
j45	338	0,527	j564	328	1,418
j46	340	1,647	j565	326	0,500
j47	338	0,324	j566	328	1,242

Annexe 22:Dimensionnement du réseau de distribution de Korsimoro

N maille	Tronçons	L(m)	Q (m3/s)	mètre choisi (r	V (m/s)	al/Dm	ΔH	ΔH/Q	Δ Q (m3/s)	H amont	H Aval	Z aval (m)	P aval
I	R_j33	206,656	0,053	327,80	0,62	56,609	0,156	2,975		316,156	316,000	302	14
	j33-j38	21,589	0,037	230,80	0,89	38,417	0,053	1,423	0,000	316,000	315,947	302	14
	j38-j29	132,667	0,021	184,60	0,78	776,989	0,337	16,188	0,000	315,947	315,610	300	16
	j29-j28	69,907	0,020	184,60	0,76	409,424	0,169	8,312	0,000	315,610	315,441	300	15
	j28-j27	92,517	0,013	147,60	0,78	1786,425	0,320	23,913	0,000	315,441	315,121	298	17
	j27-j26	21,617	0,013	147,60	0,76	417,407	0,071	5,462	0,000	315,121	315,050	298	17
	j26-j24	285,079	0,012	147,60	0,72	5504,603	0,830	67,592	0,000	315,050	314,220	296	18
	j24-j12	161,324	0,003	67,80	0,94	197406,883	2,278	670,572	0,000	314,220	311,942	294,000	18
	j12-j11	161,324	0,000	28,80	0,55	18988648,541	2,468	6846,235	0,000	311,942	309,474	296	13
	j11-j10	127,988	0,000	36,20	-0,39	4449173,250	-0,713	1781,227	0,000	309,474	310,187	294	16
	j10-j9	72,722	-0,001	57,00	-0,36	224502,171	-0,193	208,387	0,000	310,187	310,380	294	16
	j9-j8	271,455	-0,002	67,80	-0,51	332170,393	-1,117	609,004	0,000	310,380	311,497	292	19
	j8-j7	196,918	-0,003	81,40	-0,59	90888,890	-0,854	278,596	0,000	311,497	312,351	292	20
	j7-j35	268,539	-0,010	147,60	-0,58	5185,239	-0,512	51,520	0,000	312,351	312,862	296	17
	j35-j36	291,814	-0,011	147,60	-0,67	5634,652	-0,734	64,289	0,000	312,862	313,596	300	14
	j36-j37	102,937	-0,012	147,60	-0,73	1987,626	-0,308	24,742	0,000	313,596	313,904	298	16
	j37-j33	415,620	-0,014	147,60	-0,81	8025,222	-1,531	110,842	0,000	313,904	315,435	302	13
II	j38-j29	132,667	-0,021	184,60	-0,778	776,989	-0,337	16,188	0,000	315,947	316,285	300,000	16
	j29-j28	69,907	-0,020	184,60	-0,759	409,424	-0,169	8,312	0,000	316,285	316,453	300	16
	j28-j25	250,627	-0,006	101,60	-0,739	35466,326	-1,275	212,614	0,000	316,453	317,728	296	22
	j25-j30	234,460	-0,001	28,80	-0,823	27597126,224	-7,941	14803,751	0,000	317,728	325,669	294	32
	j30-j31	851,044	0,007	101,60	0,862	120431,700	5,879	841,418	0,000	325,669	319,790	298	22
	j31-j32	518,694	0,011	147,60	0,619	10015,498	1,123	106,055	0,000	319,790	320,913	304	17
	j32-j38	731,471	0,014	147,60	0,811	14124,017	2,720	196,000	0,000	320,913	318,193	302	16
III	j28-j25	250,627	0,006	101,60	0,739	35466,326	1,275	212,614	0,000	315,441	314,167	296	18
	j25-j22	249,552	0,004	81,40	0,678	115182,128	1,432	406,165	0,000	314,167	312,734	294	19
	j22-j23	133,366	0,000	28,80	0,160	15697793,233	0,171	1639,935	0,000	312,734	312,563	294	19
	j23-j24	232,429	-0,007	101,60	-0,875	32891,068	-1,657	233,426	0,000	312,563	314,220	296	18
	j24-j26	285,079	-0,012	147,60	-0,71763977	5504,603	-0,830	67,592	0,000	314,220	315,050	298	17
	j26-j27	21,617	-0,013	147,60	-0,76478119	417,407	-0,071	5,462	0,000	315,050	315,121	298	17
	j27-j28	92,517	-0,013	147,60	-0,782	1786,425	-0,320	23,913	0,000	315,121	315,441	300	15
IV	j22-j21	276,435	0,002	57,00	0,661	853393,285	2,431	1440,280	0,000	312,734	310,304	292	18
	j21-j20	271,879	0,000	28,80	0,377	32001491,260	1,931	7860,805	0,000	310,304	308,373	290	18
	j20-j19	197,841	-0,001	36,20	-0,584	6877413,842	-2,483	4132,535	0,000	308,373	310,856	292	19
	j19-j18	137,680	-0,001	57,00	-0,581	425036,747	-0,935	630,460	0,000	310,856	311,791	292	20
	j18-j23	161,338	-0,006	101,60	-0,717	22831,064	-0,772	132,763	0,000	311,791	312,563	294	19
	j23-j22	133,366	0,000	28,80	-0,160	15697793,233	-0,171	1639,935	0,000	312,563	312,734	294	19
V	J24-j23	232,429	0,007	101,60	0,875	32891,068	1,657	233,426	0,000	314,220	312,563	294	19
	j23-j18	161,338	0,006	101,60	0,717	22831,064	0,772	132,763	0,000	312,563	311,791	292	20
	j18-j16	87,281	0,003	81,40	0,637	40285,006	0,443	133,575	0,000	311,791	311,348	292	19
	j16-j14	145,192	0,002	57,00	0,602	448226,233	1,059	688,918	0,000	311,348	310,289	292	18
	j14-j13	83,895	-0,001	57,00	-0,578	258996,439	-0,563	382,002	0,000	310,289	310,853	292	19
	j13-j12	93,574	-0,002	57,00	-0,761	288875,986	-1,089	560,905	0,000	310,853	311,942	294	18
	j12-j24	161,328	-0,003	67,80	-0,941	197411,269	-2,278	670,586	0,000	311,942	314,220	296	18
Réseau ramifier	j7-j6	213,589	0,005	101,60	0,627	30225,147	0,781	153,689		312,351	311,569	288	24
	j6-j5	143,385	0,004	81,40	0,797	66180,320	1,138	274,380		311,569	310,432	290	20
	j5-j4	392,424	0,003	67,80	0,758	480196,933	3,597	1314,187		310,432	306,835	288	19
	j4-j3	137,365	0,001	57,00	0,526	424064,743	0,765	569,695		306,835	306,070	288	18
	j3-j2	83,021	0,001	36,20	0,742	2885997,225	1,684	2204,321		306,070	304,386	288	16
	j2-j1	92,495	0,000	28,80	0,464	10887167,267	0,994	3289,991		304,386	303,392	288	15
	j14-j15	333,405	0,002	57,00	0,601	1029265,593	2,417	1577,413		310,289	307,872	288	20
	j16-j17	145,227	0,001	36,20	0,763	5048449,283	3,114	3965,146		311,348	308,234	292	16
	j30-j39	156,940	0,004	81,40	0,818	72436,609	1,312	308,252		325,669	324,357	292	32
	J39-j40	342,731	0,003	81,40	0,565	158189,773	1,369	465,288		319,790	318,422	292	26
	j40-j41	391,562	0,001	36,20	0,981	13611620,449	13,889	13749,496		324,357	310,468	290	20

Annexe 23:Résultat de la simulation Epanet du réseau de KAYA

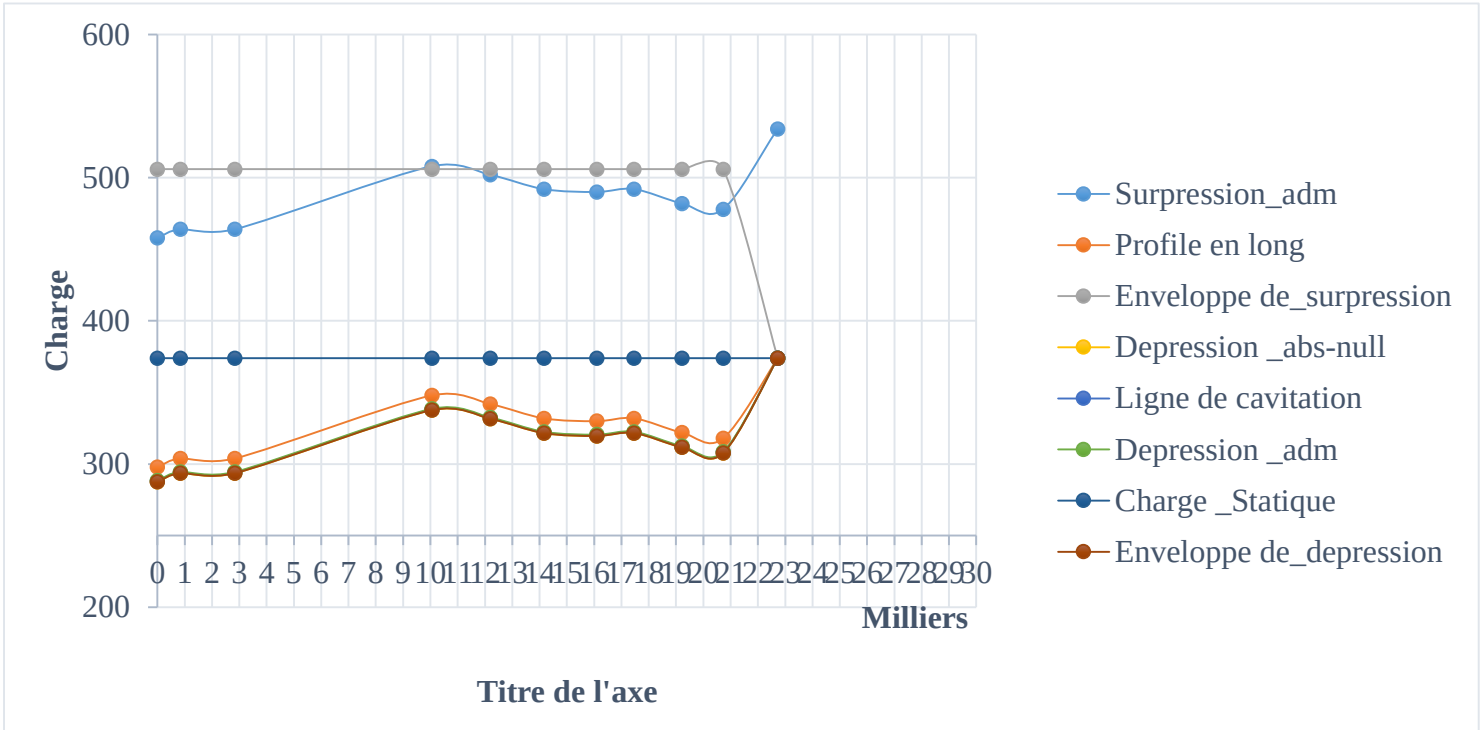
	Flow	Velocity	Unit Headloss	Friction Factor
Link ID	LPS	m/s	m/km	
Pipe p3	70,74	1	2,22	0,013
Pipe p5	21,34	1,06	5,98	0,017
Pipe p6	0	0	0	0
Pipe p7	0	0	0	0
Pipe p8	21.34	1.06	5.87	0.016
Pipe p9	3.54	0.37	1.23	0.019
Pipe p10	0.07	0.01	0	0
Pipe p11	3.45	0.36	1.19	0.019
Pipe p12	3.12	0.33	0.93	0.019
Pipe p13	17,69	0,88	4,07	0,017
Pipe p14	0,01	0	0	0
Pipe p15	17,51	0,87	4,12	0,017
Pipe p16	15,6	0,78	5,14	0,027
Pipe p17	4,32	0,21	0,37	0,025
Pipe p18	5,78	0,29	0,75	0,029
Pipe p19	7,89	0,39	0,86	0,018
Pipe p20	6,96	0,35	0,63	0,017
Pipe p21	8,03	0,4	0,85	0,017
Pipe p22	8,41	0,42	1,12	0,02
Pipe p23	8,47	0,42	1,03	0,018
Pipe p24	8,17	0,41	0,96	0,018
Pipe p25	7,85	0,39	0,85	0,018
Pipe p26	0,14	0,01	0	0,017
Pipe p27	0,11	0,03	0,02	0,022
Pipe p28	0,16	0,05	0,05	0,022
Pipe p29	0	0	0	0
Pipe p30	7,62	0,38	1,24	0,027
Pipe p31	-3,44	0,54	3,91	0,024
Pipe p32	-1,94	0,3	1,08	0,02
Pipe p33	-1,61	0,25	0,71	0,02
Pipe p34	-0,59	0,09	0,1	0,021
Pipe p35	1,24	0,19	0,42	0,02
Pipe p36	11,06	1,74	33,85	0,02
Pipe p37	2,92	0,94	15,9	0,022
Pipe p38	0,35	0,11	0,27	0,026
Pipe p39	2,47	0,79	11,33	0,022
Pipe p40	0,26	0,08	0,12	0,022
Pipe p41	2,01	0,65	7,51	0,022
Pipe p42	3,97	0,62	4,37	0,02
Pipe p43	2,43	0,38	1,72	0,021
Pipe p44	1,48	0,23	0,85	0,028
Pipe p45	0,77	0,12	0,16	0,019

Pipe p46	1,06	0,17	0,32	0,021
Pipe p47	0,54	0,09	0,08	0,019
Pipe p48	0,89	0,14	0,23	0,02
Pipe p49	1,05	0,17	0,3	0,019
Pipe p50	0,37	0,06	0,04	0,02
Pipe p51	-0,59	0,09	0,1	0,02

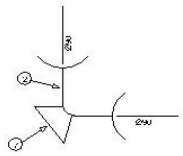
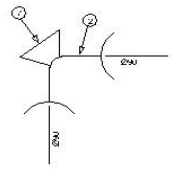
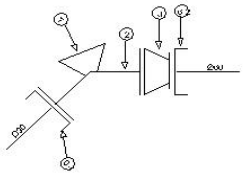
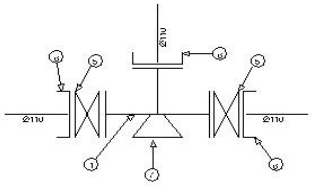
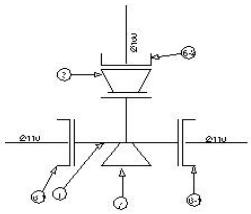
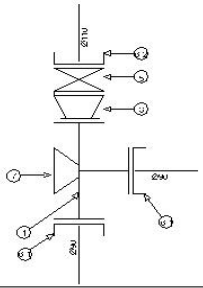
Annexe 24:Vérification anti bélier

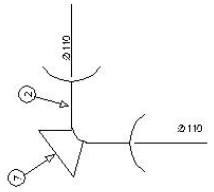
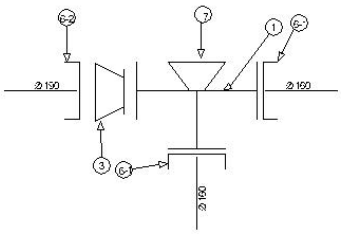
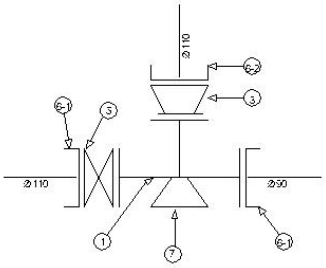
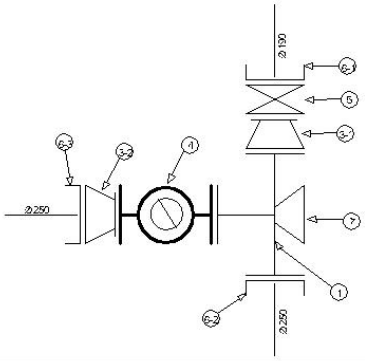
SP2_Bâche											
	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Abscisse X(m)	0	840,37	2840,37	10056,37	12188,37	14158,37	16092,37	17463,37	19219,37	20728,716	22728,716
Côte Z(m)	298	304	304	348	342	332	330	332	322	318	374
Surpression_adm	458	464	464	508	502	492	490	492	482	478	534
Enveloppe de_surpression	505,95	505,95	505,95	505,95	505,95	505,95	505,95	505,95	505,95	505,95	374,00
Depression _abs-null	287,67	293,67	293,67	337,67	331,67	321,67	319,67	321,67	311,67	307,67	374,00
Ligne de cavitation	288,1	294,1	294,1	338,1	332,1	322,1	320,1	322,1	312,1	308,1	374,00
Depression _adm	288,6	294,6	294,6	338,6	332,6	322,6	320,6	322,6	312,6	308,6	374,00
Charge _Statique	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374,00
Enveloppe de_depression	287,67	293,67	293,67	337,67	331,67	321,67	319,67	321,67	311,67	307,67	374,00

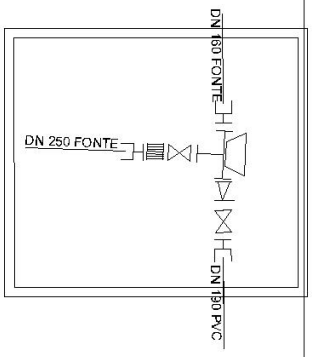
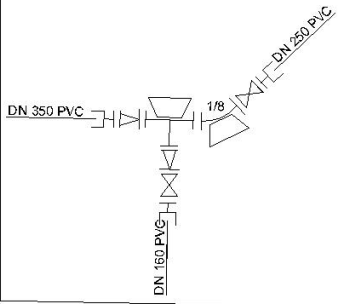
L'Enveloppe de surpression par fois inferieur à la surpression admissible, donc de risque de rupture, Nécessité de protection par un anti-bélier
L' enveloppe de dépression partout au même niveau que la dépression admissible, pas de risque de cavitation.



Annexe 25:Canet des nœuds

Carnet des Noeuds				
Noeuds	schéma	N°	Nomenclature	Nombre
j2; j3'; j4		②	coude Fte 2E 90° DN90	1
		③	Butée	1
J8 J11		①	coude Fte 2E 90° DN90	1
		②	Butée	1
J9		①	coude PVC 2E 45° DN90	1
		②	reducteur DN 90/63	
		③	Butée	1
j14		①	Té Fte 2B DN 110	1
		⑤	RVR DN 110	2
		⑥	adaptateur DN 110	3
		⑦	Butée	1
J16		①	Té Fte 3B DN 110	1
		③	reducteur DN 160/110	1
		⑥	⑥ adaptateur DN 90	2
			⑥ adaptateur DN 110	1
		⑦	Butée	1
J18		①	Té PVC 3B DN 90	1
		③	reducteur DN 110/90	1
		⑤	RVR DN 110	1
		⑥	⑥ adaptateur DN 90	2
			⑥ adaptateur DN 150	1
		⑦	Butée	1

Carnet des Noeuds				
Noeuds	schéma	N°	Nomenclature	Nombre
J27 J26		②	coude Fte 2E 90° DN 110	1
		⑦	Butée	1
J28		①	Té Fte 3B DN 110	1
		③	reducteur DN 190/110	1
		⑥	adaptateur DN 110	2
		⑦	Butée	1
J30		①	Té Fte 3B DN 110	1
		③	Réducteur DN 160/110	1
		⑤	RVR DN 110	1
		⑥	⑥-3 adaptateur DN 110	2
			⑥-2 adaptateur DN 110	1
		⑦	Butée	1
J31		①	Té Fte 3B DN 200	1
		②		
		③	③-1 reducteur DN 250/200	1
			③-2 reducteur DN 250/90	1
		④	CTR DN 250	
		⑤	RVR DN 200	1
		⑥	⑥-3 adaptateur DN 200	1
			⑥-2 adaptateur DN 250	1
			⑥-1 adaptateur DN 90	1
		⑦	Butée	1

LISTE DES NOEUDS	SCHEMA DES NOEUDS	Nbre	LISTE DES PIECES
J38		1	2 ADAPTATEUR A BRIDE FONTE DN 250 1 ADAPTATEUR A BRIDE PVC DN 160 1 CONE FONTE BB 25010 1 JOINT DE DEMONTAGE DN0300 1 TE FONTE BBTB 300/300 1 RVR DN 160 1 VANNE DN 250 PAPILLON 1 BUTEE EN BETON 1 REGARD BA
J33		1	2 BAC (TABERNACLE-TUBE ALLONGE-BAC) 1 ADAPTATEUR A BRIDE PVC DN 250 1 ADAPTATEUR A BRIDE PVC DN 160 1 ADAPTATEUR A BRIDE PVC DN 350 1 CONE FONTE BB 350/250 1 TE FONTE BBTB 350/250 1 RVR DN 250 1 RVR DN 160 1 COUDE FONTE 1/8 DN 250 2 BUTEE EN BETON