



***ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR
L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA
LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI (SENEGAL)***

Mémoire pour l'obtention du
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : **INFRASTRUCTURE ET RESEAU HYDRAULIQUE**

Présenté et soutenu publiquement le 18 janvier par :

MBAYE Harouna

Travaux dirigés par :

Mr OUEDRAOGO Bèga Urbain

Enseignant à 2IE

Mr TOURE Hamidou

Chargé des études hydrauliques à la SAED

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Mahamadou **KOITA**

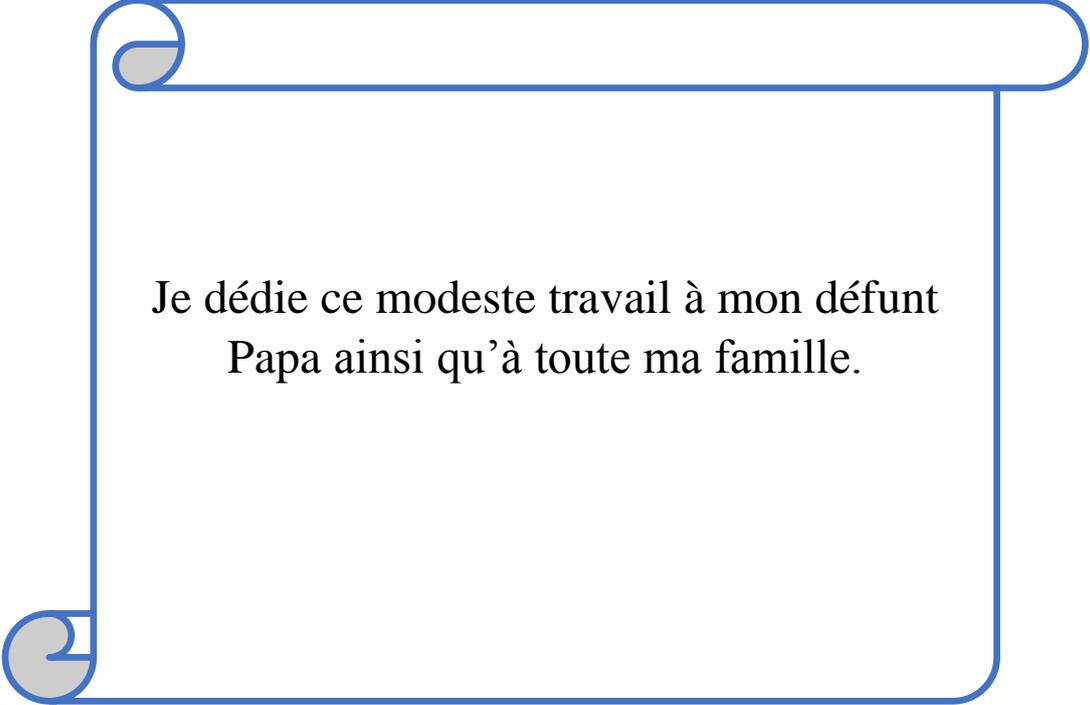
Membres et Correcteurs : Dr Lawani A. **MOUNIROU**

M. Moussa **FAYE**

Promotion 2016/2017



DEDICACE



Je dédie ce modeste travail à mon défunt
Papa ainsi qu'à toute ma famille.

REMERCIEMENTS

Je tiens particulièrement à remercier :

- ❖ Mon encadreur **Mr OUEDRAOGO Bèga** pour sa disponibilité, ses suggestions et conseils tout au long de ce présent mémoire.
- ❖ Mon maître de stage **Mr TOURE Hamidou**, chargé des études hydrauliques à la SAED, pour sa disponibilité et ses conseils.
- ❖ Le Directeur général de la SAED, pour m'avoir permis de faire le stage pratique au sein de sa structure.
- ❖ Tout le personnel de la SAED.
- ❖ La famille MBAYE, TOURE, BA, COULIBALY, KONE pour leurs soutiens de tous les jours.
- ❖ La famille OUANE et DIAGOURAGA pour le chaleureux accueil tout au long de mon séjour à Ouagadougou.
- ❖ Tous mes amis et compatriotes au Burkina Faso.

RESUME

Dans le cadre du développement de l'hydraulique pastorale au Sahel, le Projet Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel (PRAPS-SN) a été initié à l'issue de la déclaration de Nouakchott en Novembre **2013**. Le Sénégal est l'un des pays concernés par le PRAPS-SN, il bénéficiera la réalisation de **15** forages équipés avec réseau d'adduction d'eau complet et la réhabilitation de **5** autres forages.

Le présent mémoire traite le cas de l'Etude d'Avant-projet Détaillé pour l'approvisionnement en eau potable de localité de Loumbol Thylli. La demande de production de la localité s'élève à **220,7m³/j** à l'horizon **2027** avec un besoin de pointe journalier de **40m³/j** et un besoin pastoral de **180,7m³/j**. Le réseau de refoulement est composé d'une canalisation en **PVC PN10** de longueur **38m** sortant du forage et alimentant le château d'eau tronconique en béton armé de capacité **100m³**, le réseau de distribution est de type ramifié et composé de canalisation en **PVC PN6**. Le projet étant pastoral, le château dessert deux zones de pâturage et sur chaque zone de pâturage est implanté trois abreuvoirs et une Borne Fontaine.

Le coût du projet a été évalué à **259 449 683** (deux cent cinquante-neuf millions quatre cent quarante-neuf mille six cent quatre-vingt-trois) FCFA avec un coût de revient du mètre cube de l'eau à **420** (quatre cent vingt) FCFA.

Mots-clés :

Approvisionnement en eau potable

Réseau d'adduction d'eau

Loumbol Thylli

Château d'eau

Pastoral

ABSTRACT

As part of the development of pastoral hydraulics in the Sahel, the Regional Project for Support to Pastoralism in the Sahel (PRAPS-SN) was initiated at the end of the Nouakchott declaration in November **2013**. Senegal is one of the of the countries concerned by the PRAPS-SN, it will benefit the realization of **15** boreholes equipped with complete water supply network and the rehabilitation of **5** other boreholes.

This thesis deals with the case of the Detailed Design Study for the supply of drinking water in Loumbol Thylli locality. The production demand of the locality amounts to **220,7 m³/d** at the **2027** horizon with a daily peak demand of **40 m³/d** and a pastoral requirement of **180,7 m³/d**. The discharge network is composed of a **38m PVC PN10** pipeline coming out of the borehole and supplying the tapered reinforced concrete water tower with a capacity of **100m³** and the distribution network is of branched type and composed of **PVC pipe PN6**. The project being pastoral, the castle serves two pasture areas and on each pasture area will be located three waterers and a Bollard Fountain.

The cost of the project was estimated at **259 449 683** (two hundred fifty-nine millions four hundred forty-nine one thousand six hundred four twenty-three) FCFA with a cost per cubic meter of water at **420** (four hundred twenty) FCFA.

Key words :

Drinking water supply

Water supply network

Loumbol Thylli

Water tower

Pastoral

SIGLES ET ABREVIATION

AEP : Adduction d'Eau Potable.

Abr : Abreuvoir

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.

BA : Béton Armée.

BF : Borne Fontaine.

BM : Banque Mondiale.

CE : Château d'Eau.

CILSS : Comité Inter Africain de Lutte contre la sécheresse au Sahel.

DGPRES : Direction générale de la Planification des Ressources en Eau.

DH : Direction de l'hydraulique.

ENEC : Enquête Nationale sur les Effectifs du Cheptel.

ING : Institut National de la Géographie.

DNG : Direction Nationale de la Géologie.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PVC : Polychlorure de Vinyle.

PRAPS-SN : Projet Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel.

SAED : Société Africaine d'Etudes pour le Développement.

SN : Sénégal.

Table des matières

REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
SIGLES ET ABREVIATION	v
Listes des tableaux.....	viii
Liste des figures.....	viii
I. INTRODUCTION.....	1
II. GENERALITES	2
II.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	2
II.1.1. Contexte général	2
II.1.2. Problématique	2
II.2. OBJECTIFS	2
II.2.1. Objectif général.....	2
II.2.2. Objectifs spécifiques.....	3
II.3. METHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	3
III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	4
III.1. ASPECT PHYSIQUE	5
Climat	5
Hydrographie.....	5
Relief et géologie.....	5
Sol et végétation	5
III.2. ASPECT SOCIO-ECONOMIQUE.....	6
Ethnies	6
Religion et culture	6
IV. ETUDE HYDRAULIQUE.....	7
IV.1. OUVRAGE DE CAPTAGE.....	7
IV. 2. ECHEANCE DU PROJET	7
IV. 3. ZONE D'ETUDE POPULATION/ BETAAIL	7
IV. 4. CONSOMMATION SPECIFIQUE	8
IV.5. VARIATION DE LA CONSOMMATION.....	8
IV.5.1. Variation saisonnière.....	8
IV.5.2. Variation journalière	9
IV.5.3. Variation horaire	9
IV.6. BESOINS EN EAU.....	9

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.

IV.6.1. Besoins journaliers moyens (<i>Bjm</i>).....	9
IV.6.2. Besoins du jour de pointe (<i>Bjp</i>)	9
IV.6.3. Besoins annexes (<i>Ba</i>)	10
IV.6.4. Besoins pastoraux (<i>Bp</i>)	10
IV.6.5. Besoins journaliers totaux (<i>Bjt</i>)	10
IV.7. RESEAU DE DISTRIBUTION	10
IV.7.1. Structure du réseau et nature des canalisations	10
IV.7.2. Demande de production (<i>Djp</i>).....	13
IV.7.3. Débit d'adduction.....	13
IV.7.4. Débit de distribution.....	13
IV.7.5. Source d'énergie :.....	14
IV.8. DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES.....	14
IV.8.1. Les conduites de distributions	14
IV.8.2. La conduite de refoulement.....	17
IV.9. CHOIX DE LA POMPE ET DU GROUPE ELECTROGENE	18
IV.9.1. Hauteur géométrique totale <i>Hg</i>	18
IV.9.2. Hauteur manométrique totale <i>HMT</i>	18
IV.9.2. Choix de la pompe.....	19
IV.9.3. Choix du groupe électrogène.....	19
IV.10. ETUDE DU PHENOMENE DE COUP DE BELIER	20
IV.11. SPECIFICATION TECHNIQUE DES EQUIPEMENTS	21
IV.12. ETUDE DE LA STRUCTURE DU CHATEAU D'EAU.....	22
IV.12.1. HYPOTHESE DE L'ETUDE	23
IV.12.2. DONNEES DIMENSIONNELLES ET ARCHITECTURALES	24
IV.12.3. DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS DU CHATEAU D'EAU	25
IV.12.4. ETUDE DE LA STABILITE DU CHATEAU	29
IV.12.5. COÛT DE REVIENT DU METRE CUBE D'EAU	32
IV.13. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	34
IV.13.1. IMPACTS NEGATIFS	34
IV.13.2. IMPACTS POSITIFS.....	35
IV.13.3. MESURES D'ATTENUATIONS.....	35
IV.13.4. PROTECTION ET CONSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT	35
V. CONCLUSION ET RECOMMANDATION.....	36
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	38
Annexes.....	I

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.

Annexe I : Fiche d'enquête PRAPS-SN	II
Annexe II : Plan du château d'eau.....	VII
Annexe III : Carnet des nœuds.	VIII
Annexes IV : profil en long des conduites.	IX
Annexe V : Courbes de performances des pompes immergées SP30-7.....	XVII
Annexe VI : Volume du château d'eau	XVIII
Annexe VII : Note de calcul du château d'eau.....	XVIII
Annexe VIII : Plan de ferrailage du château d'eau de Loumbol Thylli	XXXVI
.....	XXXVII
Annexe IX : Devis quantitatif et estimatif.....	XXXVIII

Listes des tableaux

TABLEAU 1: POPULATION ET CHEPTEL PROJETE L'HORIZON 2027	8
TABLEAU 2: BESOINS JOURNALIERS TOTAUX DE LA LOCALITE EN 2027	10
TABLEAU 3: DISTANCES ET COTES DE TERRAIN NATUREL DES TRONÇONS.....	11
TABLEAU 4: DEBIT DE DISTRIBUTION.....	13
TABLEAU 5: DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES DE DISTRIBUTION	15
TABLEAU 6: DIAMETRES ET LONGUEURS DES CONDUITES	16
TABLEAU 7: VOLUME DU CHATEAU.....	17
TABLEAU 8: DIMENSIONNEMENT DE LA CONDUITE DE REFOULEMENT	17
TABLEAU 9: HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE.....	19
TABLEAU 10: CARACTERISTIQUE DE LA POMPE	19
TABLEAU 11: CARACTERISTIQUE DU GROUPE ELECTROGENE.....	20
TABLEAU 12: CONTRAINTE ADMISSIBLE SELON LE FASCICULE74	24
TABLEAU 13: SURFACE EXPOSEES AU VENT.....	31
TABLEAU 14: STABILITE DU CHATEAU.....	32
TABLEAU 15: AMORTISSEMENT DES EQUIPEMENTS	33

Liste des figures

FIGURE 1: CARTE DE LA ZONE D'ETUDE.....	4
FIGURE 2: PLAN DU RESEAU DE LOUMBOL THYLLI.....	12
FIGURE 3: SCHEMA DE LA CONDUITE D'ADDUCTION	18
FIGURE 4: SCHEMA DE LA COUPOLE DE COUVERTURE.....	25
FIGURE 5: CEINTURE SUPERIEURE	26
FIGURE 6: SCHEMA DE LA CHEMINEE	26
FIGURE 7: CUVE TRONCONIQUE	27
FIGURE 8: CEINTURE D'APPUI	28
FIGURE 9: EFFORTS ET MOMENTS EN FONCTION DES PILIERS.	28
FIGURE 10: ABAQUE DE DETERMINATION DE Y	30
FIGURE 11: ABAQUE DE DETERMINATION DU COEFFICIENT DE REDUCTION DES PRESSION DYNAMIQUE.	31

I. INTRODUCTION

L'accès à l'eau en quantité suffisante demeure une préoccupation majeure dans le monde et particulièrement en Afrique au sud du Sahara. Au Sahel, plusieurs régions connaissent une forte croissance de leur cheptel selon l'ENEC, par contre le développement des infrastructures hydrauliques et pastorales ne suivent pas le même rythme de croissance.

Dans le but de développer les infrastructures de production, d'abreuvement, de stockage, d'adduction et de distribution d'eau potable dans ces différentes régions du Sahel, le Projet Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel (PRAPS-SN) a été initié après la déclaration de Nouakchott en Novembre 2013. Ce projet est financé par la Banque Mondiale et il prévoit la réalisation des châteaux d'eau et des abreuvoirs dans les six pays Sahéliens afin d'améliorer la productivité et la compétitivité des filières animales.

Le Sénégal est l'un des pays Sahéliens concernés par le PRAPS-SN, le projet interviendra dans cinq régions sénégalaises notamment la région de Saint Louis au niveau des départements de Dagana et de Podor, la région de Matam au niveau des départements de Matam et de Kanel, la région de Louga au niveau du département de Linguère, la région de Kaffrine précisément le département de Koungheul et enfin la région de Tambacounda au niveau des départements de Bakel et de Koumpentoum.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons travaillé sur la région de Saint Louis et plus précisément la localité de Loumbol Thylli. Le présent thème retenu s'intitule « **Etude d'Avant-Projet Détaillé pour l'approvisionnement en eau localité de la localité Loumbol Thylli** ».

Notre travail vivait à donner une réponse technique à ce problème d'hydraulique pastorale en dimensionnant le château d'eau, les conduites de distribution, la conduite d'adduction, faire le choix des équipements hydrauliques et électromécaniques.

II. GENERALITES

II.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

II.1.1. Contexte général

Le Sénégal comme la plupart des pays Sahéliens est confronté à des problèmes d'approvisionnement en eau pour son cheptel en période de forte chaleur. En effet pendant la saison sèche, les rivières et les marigots se tarissent, cela entraîne un problème d'abreuvement dans certaines localités notamment Loumbol Thylli.

Dans le but de palier à ce problème, la Banque Mondiale a été sollicitée par les autorités sénégalaises après la déclaration de Nouakchott pour la formulation d'un Projet Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel (PRAPS-SN). Ce projet a pour objectif « le développement de l'élevage par une amélioration de l'hydraulique pastorale dans les six pays Sahéliens ».

II.1.2. Problématique

L'élevage constitue un levier pour la production de richesse au Sénégal. Cependant avec le tarissement des marigots et des mares en saison sèche, l'approvisionnement en eau pour l'abreuvement des animaux devient un défi majeur pour les pasteurs. Malgré les gros efforts déployés par le gouvernement, certaines localités n'arrivent plus à assurer l'abreuvement de leurs troupeaux et cela est dû à la croissance galopante de la taille du cheptel et aussi du mauvais état des infrastructures existantes.

Loumbol Thylli est l'une des localités frappées par ce fléau et les causes peuvent être résumées comme suit :

- L'insuffisance et le mauvais état des abreuvoirs.
- Des fuites récurrentes dans le réseau de distribution.

Ce constat prouve que le système d'AEP de Loumbol Thylli ne fournit pas suffisamment d'eau pour l'abreuvement des animaux de la localité.

II.2. OBJECTIFS

II.2.1. Objectif général

L'objectif général de cette étude est **l'amélioration de condition d'abreuvement à Loumbol Thylli par la création de point d'eau supplémentaire.**

II.2.2. Objectifs spécifiques

En tant que stagiaire, les objectifs spécifiques qui renvoient par la même occasion à l'ensemble des tâches qui ont constitué notre apport personnel sont les suivants :

- Proposer des solutions techniques pour la bonne réalisation d'un système hydraulique.
- Formulation d'un mode de gestion pour le système envisagé.

II.3. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Pour conduire cette étude, trois grandes étapes ont été explorées :

1. Phase de la recherche documentaire

Cette première phase a pour objectif de bien comprendre le contexte de l'étude et de mieux cerner la problématique. L'équipe en charge de l'étude a procédé à une collecte d'information à travers différents documents recueillis auprès du Ministère, des services de l'hydraulique (DH ; DGPRE) et la bibliothèque universitaire. L'objectif est de prendre connaissance de l'environnement institutionnel, règlementaire et technique des sous-secteurs de l'hydraulique et de l'élevage.

2. Phase de visite de terrain

Une mission conjointe PRAPS-SN, Groupement de Bureau de consultants, Direction de l'Hydraulique, Services départementaux de l'élevage et les bénéficiaires a eu lieu du 29 Janvier au 01 février 2017. Cette mission avait pour but de présenter les acteurs du Projet aux Autorités administratives aux Collectivités locales, aux Services déconcentrés de l'élevage et aux représentants locaux du PRAPS-SN de la région de Saint Louis, pour un démarrage effectif des études dans ladite région.

3. Phase de travaux de bureau

Cette dernière phase a consisté à faire l'analyse, l'interprétation et la synthèse globale des données d'enquêtes et celles collectées sur le terrain : formulation des choix techniques et technologiques ; dans l'optique de fournir un mémoire explicatif bien détaillé.

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone du projet se situe à Loumbol Thylli dans la commune rurale de Gamadji Saré appartenant à la région de Saint Louis. Saint Louis est l'une des quatorze (14) régions du Sénégal, elle s'étend sur une superficie de **19 034 Km²** et est limitée :

- ❖ A l'Est par la région de Matam ;
- ❖ A l'Ouest par l'Océan atlantique ;
- ❖ Au Nord par le fleuve Sénégal ;
- ❖ Au Sud par la région de Louga.

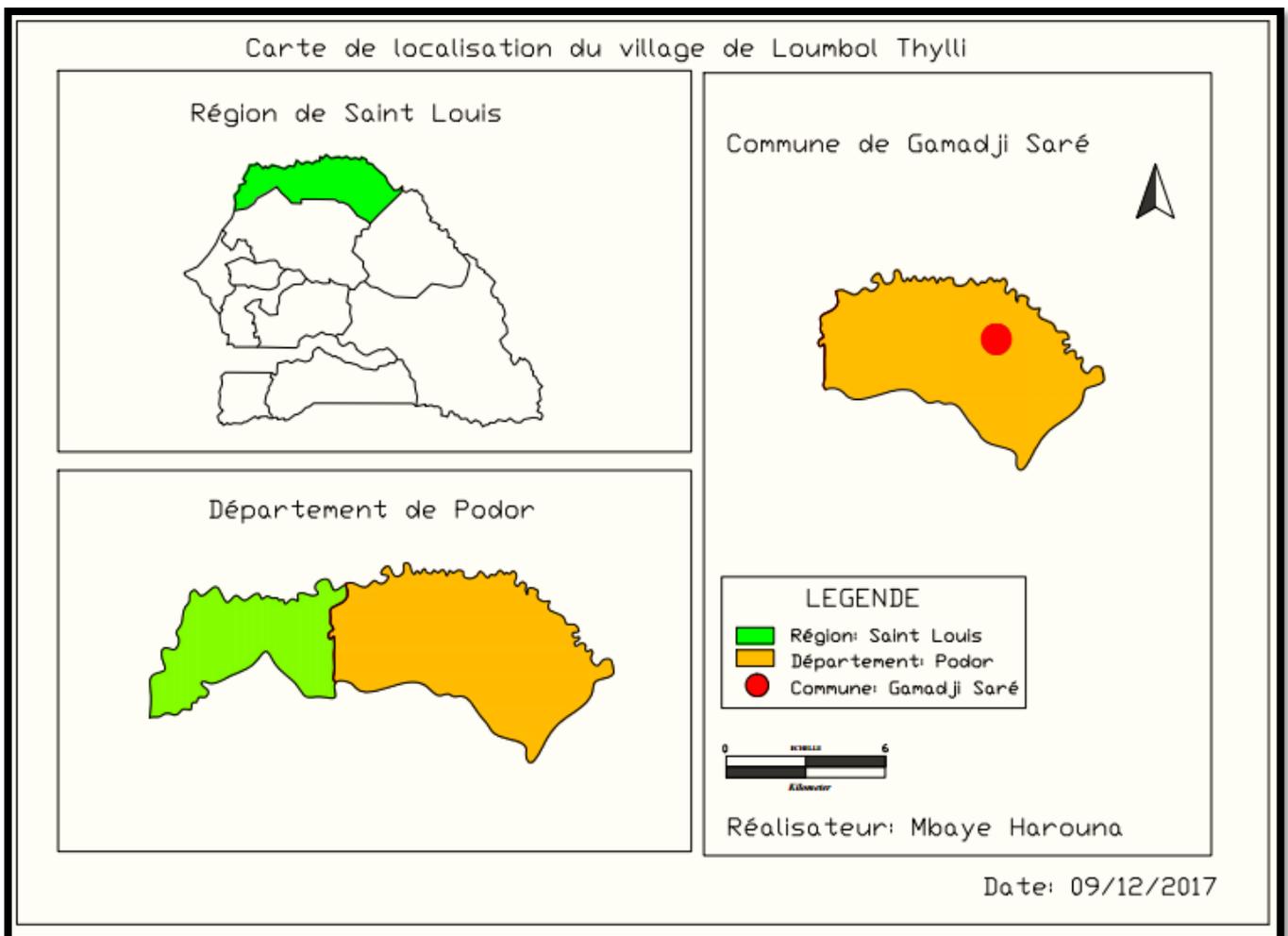


Figure 1: Carte de la zone d'étude

III.1. ASPECT PHYSIQUE

Climat

Le régime annuel des vents dominants est caractérisé par l'alternance de la mousson pendant la saison pluvieuse et l'harmatan pendant la saison sèche. La saison pluvieuse s'étend de juin à octobre avec un pic en août-septembre et variable selon la latitude. La mousson est un vent humide d'origine maritime qui participe au ré humectation atmosphérique, condition favorable à la formation des cumulus lombaires (nuages chargés) dans la région. La saison sèche dure de novembre à juin avec de l'harmatan, vent continental très sec et chaud qui souffle à des vitesses faibles à modérées faisant monter la température et crée une forte sécheresse atmosphérique (ING, 2008).

Hydrographie

Le réseau hydrographique est dominé par le fleuve Sénégal et ses affluents qui traversent toute la région. Il existe également les eaux souterraines constituées par les nappes phréatiques peu profondes mais sujettes à la salinisation et d'importantes nappes du Maestrichen dont la profondeur peut atteindre 50m au Nord et 250m au Sud-Est. Ce riche potentiel est valorisé par la réalisation des barrages de Manatali et de Diama (ING, 2008).

Relief et géologie

Le relief est dans l'ensemble peu accidenté, les plateaux, les montagnes et les collines y sont rares. Au plan géologique, l'ensemble de la zone repose principalement sur les formations gréseuses du continental terminal. Les grès du continental Hamadien affleurent par endroits (DNG, 2001).

Sol et végétation

Le sol est constitué de plusieurs sous-groupes que nous pouvons classer selon la texture, la structure, l'aptitude et la teneur en matières organiques. Les sols les plus représentatifs sont essentiellement dominés par les plaines alluvionnaires du fleuve Sénégal et affluents (DNG, 2007)

La végétation est dominée par la flore arborée et arbustive avec intermittence d'une steppe herbacée. Les arbres y sont en général très espacés et la végétation aérienne est dominée surtout par les épineux rabougris au fur et à mesure que l'on avance vers le Nord (ING, 2009).

III.2. ASPECT SOCIO-ECONOMIQUE

La région de Saint Louis est composée, depuis le découpage administratif opéré en 2002, elle compte deux (2) départements notamment le département de Saint Louis et le département de Podor. En 2008, il y'a eu l'érection de plusieurs localités de la région en communes et communautés rurales. Ainsi le nombre de communes est passé de 08 à 19 et le nombre de communautés rurales de 16 à 18. Notre zone d'étude se trouve dans la commune de Gamadji Saré avec une superficie de 43 Km² et une population de 952 habitants selon l'enquête PRAPS-SN.

Ethnies

La région est composée de villes cosmopolites où cohabitent plusieurs groupes ethniques parmi lesquels nous pouvons citer les Wolofs, les Toucouleurs, les Bambaras, les Maures etc. Ce brassage culturel fait de la région un important pôle d'échange entre la Mauritanie, le Sénégal et le Mali grâce à un commerce prospère de la gomme arabique, de l'or, des produits artisanaux et manufacturés.

Religion et culture

La population est majoritairement musulmane, l'islam y est pratiqué depuis les années 1040. Il est aussi important de signaler l'existence d'une minorité chrétienne (catholiques et protestants). La région dispose d'un riche patrimoine historique et culturel. Plusieurs activités culturelles y sont pratiquées notamment le grand festival des blues du fleuve, des nombreuses activités artistiques et théâtrales qui aux yeux de tous les observateurs avertis méritent d'être pérennisées.

IV. ETUDE HYDRAULIQUE

IV.1. OUVRAGE DE CAPTAGE

En plus de l'étude géophysique et les résultats de travaux de forage déjà réalisés dans la localité, une enquête directe a été menée auprès des autochtones afin de se rendre compte des potentialités en terme de ressources en eau. Cette enquête a permis de savoir que la plupart des forages existant dans la localité ont un débit compris entre **10** et **18m³/h**, nous pouvons dire que la localité est riche en eau souterraine. La ressource en eau utilisée dans le cadre de ce projet reste les eaux souterraines et nous jugeons que ce choix est judicieux car l'eau des forages est de bonne qualité et ne nécessite pas souvent un traitement particulier.

IV. 2. ECHEANCE DU PROJET

Dans un projet d'adduction d'eau potable, les besoins en eau peuvent évoluer en fonction de l'accroissement de la population et aussi du niveau de vie des consommateurs. Il est donc nécessaire de définir une échéance à laquelle les ouvrages dimensionnés et réalisés pourront être à même de satisfaire les fonctions pour lesquelles ils ont été conçus.

Dans le cadre de ce projet, il est retenu une échéance de 20ans comportant une première phase de 10ans. Les données réelles d'exploitation obtenues au bout de la première phase permettront une adaptation pour une seconde phase de 10ans.

IV. 3. ZONE D'ETUDE POPULATION/ BETAIL

Une enquête directe réalisée dans la localité en **2017** a permis de déterminer le nombre total d'habitants et de bétails. Le taux d'accroissement naturel de la population de Loumbol Thylli est **3,2%** (ANSD, 2012).

En ce qui concerne le cheptel, le résultat de l'Enquête Nationale sur les effectifs du cheptel (ENEC) effectué en 2010 a été utilisé afin d'estimer annuellement le taux de croissance de chaque espèce : Bovin (2%) ; Equin (2%) ; Ovin (3%) ; Caprin (3%) ; Asin (2%).

La formule utilisée pour faire la projection de la population et du cheptel à l'horizon 2027 est la suivante :

$$P_n = P_0(1 + t)^n$$

P_n : Population projetée à l'échéance du projet.

P_0 : Population initiale.

t: Taux d'accroissement.

n: Nombre d'année.

Tableau 1: Population et cheptel projeté l'horizon 2027

Désignation	Population	Bovin	Equin	Ovin	Asin	Caprin
Année 2017	952	1 770	512	984	1 915	1 100
Taux accroissement	3,20%	2%	2%	3%	2%	3%
Année 2027	1 304	2 158	624	1 322	2 334	1 478

IV. 4. CONSOMMATION SPECIFIQUE

La consommation spécifique en eau d'une population dépend de plusieurs facteurs notamment le niveau de revenu, le confort, la proximité du point d'eau, la tarification etc. Les consommations spécifiques sont déterminées selon :

- 1) **La directive de l'Organisation Mondiale de la Santé.**
 - a) **Minimum vital** : 20l/j/personne.
- 2) **La directive du Comité Inter Africain de Lutte contre la sécheresse au Sahel.**
 - a) **Bovin** : 40l/j/bovin.
 - b) **Equin** : 25l/j/équin.
 - c) **Ovin** : 5l/j/ovine.
 - d) **Asin** : 20l/j/asin.
 - e) **Caprin** : 5l/j/caprin.

IV.5. VARIATION DE LA CONSOMMATION

IV.5.1. Variation saisonnière

Le coefficient de pointe saisonnier est le rapport de la consommation journalière moyenne du mois de pointe sur la consommation journalière moyenne de l'année.

$$C_{ps} = \frac{D_{jmp}}{D_{jm}}$$

Il est influencé par les périodes de chaleurs, les flux saisonniers de personnes. La valeur typique en zone sahélienne est 1,20.

IV.5.2. Variation journalière

Le coefficient de pointe journalier est le rapport de la consommation journalière de pointe sur la consommation journalière moyenne du mois de pointe.

$$C_{pj} = \frac{D_{jp}}{D_{jmp}}$$

Il est influencé par le comportement cyclique des usagers au cours de la semaine et évolue entre 1,05 et 1,15. Il sera retenu un coefficient de 1,15 dans le cadre de ce projet.

IV.5.3. Variation horaire

Le coefficient de pointe horaire traduit les habitudes du consommateur au cours de la journée, son estimation est faite de manière statistique ou par le biais de formules empiriques.

La formule empirique utilisée dans ce projet est la suivante :

$$C_{ph} = 1,5 \times \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mh}}}$$

C_{ph} : Coefficient de pointe horaire.

Q_{mh} : Débit de distribution en m³/h.

IV.6. BESOINS EN EAU

IV.6.1. Besoins journaliers moyens (B_{jm})

La formule suivante permet de calculer les besoins journaliers moyens de la localité :

$$B_{jm} = P_n \times C_s$$

P_n : Population à l'horizon 2027.

C_s : Consommation spécifique en l/j/per.

IV.6.2. Besoins du jour de pointe (B_{jp})

Les besoins du jour de pointe sont en fonction du coefficient de pointe saisonnier et du coefficient de pointe journalier.

$$B_{jp} = B_{jm} \times C_{ps} \times C_{pj}$$

IV.6.3. Besoins annexes (B_a)

Les besoins annexes recouvrent les différents besoins des services publics (marché, centre de santé, école etc). La consommation domestique pourrait représenter 60 à 80% de la consommation en eau de la plupart des petits et moyens centres urbains en Afrique subsaharienne (**D. Zougrana, 2003**). Dans le cadre de ce projet les besoins annexes ne seront pas pris en compte car aucun service public n'est desservi par notre système d'AEP.

IV.6.4. Besoins pastoraux (B_p)

Les besoins pastoraux ont été déterminé en fonction de la consommation spécifique de chaque espèce selon la directive du Comité Inter Africain de Lutte contre la Sècheresse au Sahel (CILSS).

IV.6.5. Besoins journaliers totaux (B_{jt})

Les besoins journaliers totaux correspondent à la somme des besoins du jour de pointe et des besoins pastoraux.

$$B_{jt} = B_{jp} + B_p$$

Tableau 2: Besoins journaliers totaux de la localité en 2027

Désignation	Population	Bovin	Equin	Ovin	Asin	Caprin
Année 2017	952	1 770	512	984	1 915	1 100
Taux accroissement	3,20%	2%	2%	3%	2%	3%
Année 2027	1 304	2 158	624	1 322	2 334	1 478
Cons. Spécifique (m3/j/usa)	0,02	0,04	0,025	0,005	0,02	0,005
Besoins journaliers moyens (m3/j)	26,1	86,3	15,6	6,6	46,7	7,4
Besoins du jour de pointe(m3/j)	36,0	86,3	15,6	6,6	46,7	7,4

IV.7. RESEAU DE DISTRIBUTION

IV.7.1. Structure du réseau et nature des canalisations

Le réseau de distribution est de type ramifié, composé de bornes fontaines, d'abreuvoirs et d'appareils hydrauliques. L'ensemble des conduites utilisées sont en PVC en raison de leur

faible coût et de leur facilité de maniement, malgré leur faible résistance au charge lourde et à l'isolation. Les bornes fontaines et les abreuvoirs sont branchés aux antennes à travers des conduites secondaires. Les conduites sont placées le long des voies de circulation existantes et éviteront les concessions, elles sont enterrées afin d'être protégées contre les intempéries et éviter l'encombrement des voies de circulation. Les ouvrages de sécurité à mettre sur le réseau sont : les ventouses pour purger l'air des conduites, le regard vanne pour faire la vidange et les vannes de sectionnement.

Avec les levés topographiques, nous avons tracé le réseau de distribution dont les distances et les côtes du terrain sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3: Distances et côtes de terrain naturel des tronçons.

Tronçons	Longueur (m)	Z amont (m)	Z aval (m)
CE_N1	4214	77	74,32
N1_N2	500	74,32	72,11
N2_BF1	200	72,11	71,06
N2_Abr1	300	72,11	71,13
N1_N3	350	74,32	73,56
N3_Abr2	200	73,56	72,25
N3_Abr3	250	73,53	71,41
CE_N4	5381	77	76
N4_N5	250	76	75,01
N5_Abr4	200	75,01	73,26
N4_N6	250	76	75,14
N6_Abr5	150	75,14	74,49
N6_BF2	150	75,14	74,54
N4_N7	200	76	75,81
N7_Abr6	150	75,81	74,61

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.

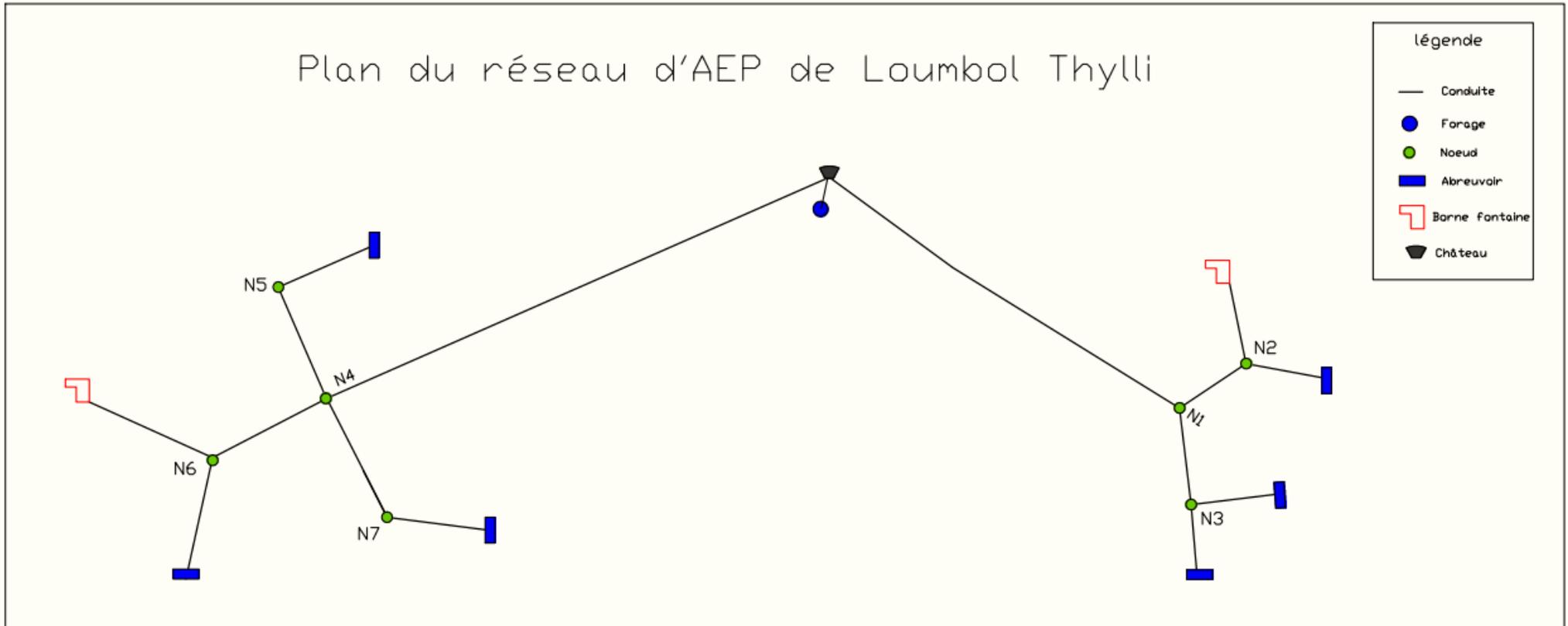


Figure 2: Plan du réseau de Loumbol Thylli

IV.7.2. Demande de production (D_{jp})

La demande de production est donnée par le rapport des besoins journaliers totaux sur le rendement du réseau. Il est communément admis que le ratio technico-économique de perte au cours du transport et de la distribution varie entre 10% à 20% (**D. ZOUGRANA, 2003**). Dans ce projet, nous disposons d'un réseau neuf alors les pertes d'eau sont évaluées à 10% des besoins journaliers totaux donc le rendement serait de 90%.

IV.7.3. Débit d'adduction

Le débit d'adduction est calculé en fonction de la demande de production et du temps de pompage estimé à **10 heures**. Ce débit nous permettra de calculer le diamètre de la conduite de refoulement.

$$Q_{add} = \frac{D_{jt}}{T_{pomp}}$$

IV.7.4. Débit de distribution

Le débit de distribution sera calculé au niveau des bornes fontaines et des abreuvoirs. Pour ce faire, nous allons d'abord déterminer les débits moyens au niveau de chaque entité et multiplier ces débits par les coefficients de pointe horaire respectifs. Une fois ces débits horaires trouvés, nous pouvons déterminer les débits prélevés en les divisant par le nombre d'abreuvoirs (débit abreuvoir) et le nombre de bornes fontaines (débit borne fontaine).

Tableau 4: Débit de distribution.

Désignation	BF	Abr
Rendement du réseau	90%	90%
Demande du jour de pointe (m ³ /j)	40,0	180,7
Temps de distribution (h)	12,0	12,0
Débit de distribution moyen (m ³ /h)	3,33	15,06
Coefficient de pointe horaire	2,87	2,14
Débit horaire de distribution (m ³ /h)	9,56	32,28
Débit horaire de distribution (l/s)	2,66	8,97
Nombre de BF et Abr	2,00	6,00
Débit ponctuel (l/s)	1,33	1,49
Débit retenu (l/s)	1,20	1,50
Temps d'adduction (h)	10	10

Débit d'adduction [m ³ /h]	4,0	18,1
---------------------------------------	-----	------

IV.7.5. Source d'énergie :

Le réseau de distribution d'énergie électrique n'étant pas disponible dans la localité, deux sources d'énergies sont envisagées pour le pompage de notre système d'AEP : la source d'énergie thermique et la source d'énergie solaire.

Parmi ces deux sources d'énergies, nous choisissons la source d'énergie thermique car son rendement est élevé et le coût de la maintenance est relativement faible par rapport à la source d'énergie solaire.

IV.8. DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES

IV.8.1. Les conduites de distributions

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE
LOUMBOL THYLLI.

Tableau 5: Dimensionnement des conduites de distribution

Tronçons	Longueur (m)	Débit (l/s)	Débit (m3/s)	D. Th (m)	D. Int (mm)	DN (mm)	Vitesse (m/s)	ΔH	$\Sigma\Delta H$	P mine (m)	Z aval (m)	Z. imp (m)	P. dyn (m)	P. max (m)
CE_N1	4214	5,7	0,0057	0,085	131,8	140	0,42	6,23	6,23	5	74,32	85,55	9,44	15,67
N1_N2	500	2,7	0,0027	0,059	84,6	90	0,48	1,60	7,83	5	72,11	84,94	10,05	17,88
N2_BF1	200	1,5	0,0015	0,044	59,2	63	0,54	1,23	9,06	5	71,06	85,12	9,87	18,93
N2_Abr1	300	1,2	0,0012	0,039	59,2	63	0,44	1,22	9,05	5	71,13	85,18	9,81	18,86
N1_N3	350	3,0	0,0030	0,062	84,6	90	0,53	1,36	7,59	5	73,56	86,15	8,84	16,43
N3_Abr2	200	1,5	0,0015	0,044	59,2	63	0,54	1,23	8,82	5	72,25	86,07	8,92	17,74
N3_Abr3	250	1,5	0,0015	0,044	59,2	63	0,54	1,54	9,13	5	71,42	85,55	9,44	18,57
CE_N4	5381	5,7	0,0057	0,085	131,8	140	0,42	7,95	7,95	5	76,00	88,95	6,04	13,99
N4_N5	250	1,5	0,0015	0,044	59,2	63	0,54	1,54	9,49	5	75,01	89,50	5,49	14,98
N5_Abr4	200	1,5	0,0015	0,044	59,2	63	0,54	1,23	10,72	5	73,26	88,98	6,01	16,73
N4_N6	250	3,0	0,0030	0,062	84,6	90	0,53	0,97	8,93	5	75,14	89,07	5,92	14,85
N6_BF2	150	1,2	0,0012	0,039	59,2	63	0,44	0,61	9,54	5	74,54	89,08	5,91	15,45
N6_Abr5	150	1,5	0,0015	0,044	59,2	63	0,54	0,92	9,85	5	74,49	89,34	5,65	15,50
N4_N7	200	1,5	0,0015	0,044	59,2	63	0,54	1,23	9,18	5	75,81	89,99	5,00	14,18
N7_Abr6	150	1,5	0,0015	0,044	59,2	63	0,54	0,92	10,10	5	74,61	89,71	5,28	15,38

Les conduites utilisées sont des **PVC PN6**, la pression maximale atteinte dans les conduites est **18,93mCE**, cette pression est inférieure à la pression nominale des conduites qui est **60mCE**.

IV.8.1.1. Vérification de la hauteur sous cuve

La côte du terrain naturel pour l'emplacement du château d'eau est **77m** et la charge imposée au réservoir par le point le plus contraignant du réseau est **89,99m** alors la hauteur minimale sous cuve est donnée par la formule suivante :

$$H = \text{Max}(Z_{\text{min imp}}) - Z_{TN}(\text{Reservoir})$$

$$H = 12,99 \text{ m}$$

Dans la réalisation, il sera retenu une hauteur sous cuve de **13m**.

IV.8.1.2. Pression de service et vérification de la vitesse

La pression minimale de service délivrée par notre système d'adduction d'eau est **5mCE**, elle permettra des prélèvements aux différents points d'eau. La vitesse dans les conduites varie entre **0,42 m/s** et **0,55 m/s**

Les diamètres standards ainsi que leurs longueurs respectives sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6: Diamètres et longueurs des conduites

DN (mm)	140	90	63
Longueur (ml)	9 595	1 100	2 050

IV.8.1.3. Détermination de la perte de charge dans les conduites

La formule de Hazen et Williams est utilisée pour déterminer les pertes de charge linéaires dans les conduites et les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires. L'expression de la formule est la suivante :

$$\Delta H = 1,1 \times \frac{10,675 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,87}} \times L$$

Q : débit en m^3/s .

D : diamètre de la conduite (m).

C_{HW} : coefficient de Hazen Williams pris égal à 150.

L : longueur de la conduite (m).

IV.8.1.4. Capacité du château

La capacité utile de stockage du château pour une adduction continue est égale à 30% de la demande journalière totale (R. YONABA, 2015). Quant à la réserve incendie dans le réservoir, elle est déterminée en fonction du temps nécessaire pour combattre un incendie.

Généralement on estime un débit de $60m^3$ durant 2 heures pour circonscrire un incendie, soit une réserve de $120m^3$.

Tableau 7: Volume du château

Loumbol Thylli	Caractéristiques du château
Demande de journalière totale (m^3/j)	220,7
Volume de stockage utile (m^3)	66,21
Volume retenu (m^3)	100

IV.8.2. La conduite de refoulement

La conduite qui relie le forage au château d'eau est appelée la conduite de refoulement, elle est dimensionnée avec le débit d'adduction et à l'aide des formules empiriques suivantes :

- ❖ Formule de Bresse : $D(m) = 1,5 \times \sqrt{Q(m^3/s)}$.
- ❖ Formule de Bresse modifiée : $D(m) = 0,8 \times Q_{(m^3/s)}^{1/3}$
- ❖ Formule de Munier : $D(m) = (1 + 0,02 \times n_{(nbre\ d'heure\ de\ pomp/j)}) \times Q_{(m^3/s)}^{0,5}$

Le calcul des diamètres selon les différentes formules est consigné dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8: Dimensionnement de la conduite de refoulement

Formule	Q (m3/s)	D.th (m)	D. Int (mm)	DN (mm)	V (m/s)	Flamant
Bresse	0,0061293	0,1174351	126,6	140	0,49	Vérifié
Bresse modifié	0,0061293	0,1464067	180,8	200	0,24	non vérifié
Munier	0,0061293	0,1033429	113	125	0,62	Vérifié

La conduite utilisée pour le refoulement est un **PVC PN10**, les diamètres donnés par la formule de Bresse et de Munier respectent la condition de Flamant. Dans le cadre de ce projet, nous choisissons le diamètre donné par Munier **DN 125**, qui est le choix le plus économique en terme d'investissement.

IV.9. CHOIX DE LA POMPE ET DU GROUPE ELECTROGENE

Avec un niveau dynamique de 18m, nous avons déterminé la hauteur géométrique et la hauteur manométrique totale puis procédé au choix de la pompe immergée et du groupe électrogène pour le nouveau système d'alimentation en eau potable. La distance entre le château et le forage est **3m**.

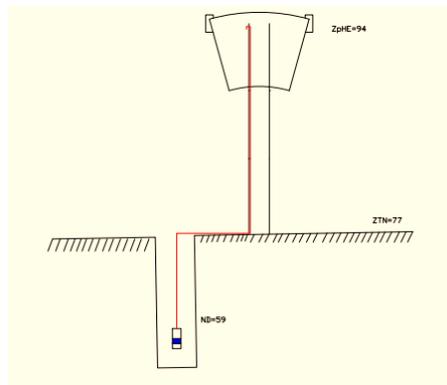


Figure 3: Schéma de la conduite d'adduction

IV.9.1. Hauteur géométrique totale H_g

Pour déterminer la hauteur géométrique, nous avons fait la différence entre la cote de la plus haute eau dans le réservoir et le niveau dynamique dans le forage.

$$H_g = ZPHE - ND$$

$ZPHE$: cote de la plus haute eau.

ND : niveau dynamique du forage.

IV.9.2. Hauteur manométrique totale HMT

La hauteur manométrique totale correspond à la somme de la hauteur géométrique et la perte de charge engendré dans la conduite de refoulement. Les pertes de charge linéaires sont déterminées par la formule de Hazen-Williams avec un coefficient de **150** et les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

$$HMT = Hg + \Delta H \quad \text{avec} \quad \Delta H = 1,1 \times \frac{10,675 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,87}} \times L$$

Tableau 9: Hauteur manométrique totale

Désignation	Valeurs	Unités
Côte PHE dans le réservoir	94	m
Côte du niveau dynamique	59	m
Hauteur géométrique totale	35	m
Longueur de la conduite	38	m
Pertes de charge	0,14	m
Hauteur manométrique totale	35,14	m

IV.9.2. Choix de la pompe

En fonction du débit d'adduction et de la hauteur manométrique totale nous avons choisi la pompe adéquate pour notre forage dans le catalogue GRUNDFOS ([Voir annexe V](#)). Le choix s'est porté sur la pompe immergé **SP30-4** dont les caractéristiques sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau 10: Caractéristique de la pompe

Type de pompe	Moteur		Rendement(%)
	Type	Puissance(KW)	
SP 30-4	MS4000	4	78

IV.9.3. Choix du groupe électrogène

La puissance apparente du groupe électrogène :

$$P_a = \frac{P_{absorbé}(kw)}{\eta_{groupe} \times \cos\varphi}$$

$P_{absorbé}$: puissance absorbée par la pompe.

$\cos\varphi$: facteur de puissance.

η_{groupe} : rendement électrique du groupe électrogène.

$$P_a = \frac{4}{0,8 \times 0,8} = 6,24 \text{ KVA}$$

Dans le catalogue SDMO, nous choisissons le groupe électrogène de caractéristiques suivante :

Tableau 11: Caractéristique du groupe électrogène

Gamme	Type de groupe	Puissance apparente	Consommation	Réservoir
1500tr/mn	Pacific TM 11,5K	5,5KVA	1,2litres/h	43litres

IV.10. ETUDE DU PHENOMENE DE COUP DE BELIER

Le coup de bélier est un phénomène de propagation d'ondes élastiques de surpression et de dépression qui peut être due à :

- ❖ L'arrêt brutal ou le démarrage d'une pompe alimentant une conduite de refoulement ;
- ❖ La fermeture instantanée d'une vanne située au bout d'une conduite d'adduction.

Le coup de bélier peut atteindre plusieurs fois la pression de service de la conduite et il est susceptible d'entraîner la rupture du tuyau. Il faut alors limiter ses effets, pour des soucis d'économie et de sécurité dans l'alimentation en eau.

Dans le cas où il y'aurait coup de bélier, nous pouvons remédier cela en changeant la classe de la conduite ou en installant un dispositif anti-bélier.

La pression maximale atteinte lors d'un démarrage spontané de la pompe est donnée par la formule suivante :

$$H_{max} = HMT + c \times \frac{V_0}{g}$$

La célérité C de l'onde de choc dans la conduite est donnée par la formule suivante :

$$c = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{E D_{int}}{E e}}} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \varepsilon = 2.10^9 Pa \\ \rho = 10^3 kg/m^3 \\ E = 3.10^9 Pa \end{cases}$$

Avec l'équation de la continuité, nous pouvons calculer la vitesse initiale V_0 :

$$Q = V_o \times S \Rightarrow \text{avec } V_o = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_{int}^2}$$

Après calcul, la pression maximale atteinte dans la conduite lors du démarrage spontané de la pompe est **59,07 mCE**, cette pression est inférieure à la pression normale de service de la conduite utilisée (**PVC PN10**) par conséquent il n'est pas nécessaire d'installé un dispositif anti-bélier entre le forage et le château d'eau.

IV.11. SPECIFICATION TECHNIQUE DES EQUIPEMENTS

Réservoir

Le château d'eau sera muni des équipements suivants :

- ❖ Une conduite d'alimentation en fonte ductile DN 125 alimentant le réservoir par le haut et une conduite de distribution en fonte ductile DN 140, munie d'un compteur et d'un robinet vannes à volant en fonte et une crépine dont la hauteur au-dessus de la cuve sera d'environ 35cm ;
- ❖ Une conduite de trop plein et de vidange en fonte ductile DN 125 muni d'une vanne ;
- ❖ Une échelle en acier se trouvant dans la cheminée pour accéder à la cuve tronconique.

Canalisation

L'ensemble des conduites utilisées dans le réseau de distribution sont des PVC PN6. Les raccords et les pièces spéciales (coude, té, cône de réduction, bride d'emboîtement etc..) sont en fonte ductile et seront installés suivant les plans des nœuds. Les fouilles des conduites ont une profondeur minimale de 0,8m et une largeur de 0,5m. Un lit de pose de sable 0,1m d'épaisseur est mis en place avant la pose des conduites. Les différents pièces ou raccord donnant lié à un changement de direction sont calé par des butées en béton armé dosé à 250kg. Pour la traverse des routes les conduites sont introduites dans des fourreaux de protection en acier.

Robinetterie

Pour sécuriser les conduites, faciliter leur exploitation et leur gestion, certains équipements tels que les robinets-vannes de sectionnement, les ventouses et les vidanges sont nécessaire.

Les robinets-vannes de sectionnement sont installés avec des bouches à clé en fonte de diamètre correspondant à la conduite sur laquelle ils sont placés et permettent l'isolement des tronçons en cas d'intervention.

Les ventouses ont pour rôle l'évacuation d'air lors du remplissage ou de l'exploitation normale et l'admission lors d'une vidange.

Les vidanges permettent de vider la conduite en cas de nécessité d'entretien. Il existe deux types de vidanges : les vidanges à gueule bée qui sont généralement construites dans les talwegs lorsque l'espace le permet et les vidanges en charge qui sont dans des regards à partir duquel l'eau est évacuée dans les systèmes d'assainissement pluviales.

Pompe

La pompe choisit serait munie d'un coffret de commande de protection qui comprend un transformateur, un contacteur, une platine de contrôle niveau, commutateur marche/arrêt, un voyant et un relais thermique. Elle sera automatisée à deux niveaux :

- ❖ Au niveau de la cuve tronconique un robinet à flotteur sera installé provoquant l'arrêt de la pompe une fois la cuve remplie ;
- ❖ Au niveau dynamique du forage pour le non dépassement du rabattement maximal, une électrode sera installé pour déclencher l'arrêt de la pompe ;

Groupe électrogène

Le groupe électrogène a un moteur diesel (1500tours/min) refroidi à air ou à eau.

L'échappement doit sortir à l'extérieur de l'abri groupe afin d'éviter les désordres que peuvent occasionner les vibrations du groupe électrogène. Le groupe doit être livré et monté sur un châssis anti vibration.

IV.12. ETUDE DE LA STRUCTURE DU CHATEAU D'EAU

Les réservoirs d'eau sont des ouvrages destinés à stocker l'eau, ils peuvent être de nature métallique, en maçonnerie, en béton armé ou en béton précontraint. Le château d'eau surélevé fait partie de la famille des réservoirs et aussi des ouvrages d'arts du point de vue esthétique, c'est un élément important pour la distribution au réseau d'adduction. Il remplit une double fonction et constitue un réservoir tampon entre la production et la distribution aux consommateurs. Aussi, il permet de maintenir une pression minimale de service au niveau des nœuds pendant les heures de forte consommation.

IV.12.1. HYPOTHESE DE L'ETUDE

IV.12.1.1. Règles de calcul

L'étude se fera conformément aux règles de calcul suivantes :

- ❖ Le calcul des parois des armatures qui sont en contact avec de l'eau se fera à l'aide des règles du fascicule 74.
- ❖ La coupole sera considérée comme soumise à son poids propre, à la charge d'entretiens et à la charge due à l'étanchéité.
- ❖ Règle NV65 qui définit les effets de la neige et du vent sur les constructions.

IV.12.1.2. Chargement

❖ Charges permanentes

- Poids propre de la construction.
- Poids surfacique de l'étanchéité.
- Escalier métallique.
- Equipements.

❖ Charges variables

- Liquide contenu : poids volumique : 10KN/m^3 .
- Charges d'entretien de couverture : 1KN/m^3 .

❖ Charges de neige

- Néant.

❖ Charges de vent

- Zone3 avec pression dynamique de base.
- Site exposé avec coefficient de site à 1,25.

IV.12.1.3. Caractéristiques du béton

- ❖ La résistance caractéristique du béton à la compression à 28 jours est de 25 MPa.
- ❖ Poids volumique du béton 25 KN/m^3 .
- ❖ Résistance caractéristique à la traction du béton à l'ELS : $\delta_{bc} = 0,6 \times f_{c28}$.
- ❖ L'enrobage est de 2cm pour tous les éléments de la structure.

IV.12.1.4. Caractéristiques de l'acier

Caractéristiques des aciers utilisés :

- ❖ HAFE500 avec $F_y = 500\text{MPa}$.
- ❖ Module d'élasticité $E_s = 200\ 000\text{ Mpa}$.

Tableau 12: Contrainte admissible selon le fascicule 74

Contrainte admissible selon le fascicule 74		
Diamètre	Contrainte	unités
6	164,97	MPa
8	155,54	MPa
10	139,12	MPa
12	126,99	MPa
14	117,58	MPa
16	109,98	MPa
20	98,37	MPa

IV.12.2. DONNEES DIMENSIONNELLES ET ARCHITECTURALES

Le château tronconique de capacité $100m^3$ est constitué des éléments suivants :

- Epaisseur de la coupole de couverture : $e = 0,1 m$
- Epaisseur de la cuve tronconique : $e = 0,15m$
- Epaisseur de la coupole de fond : $e = 0,2 m$
- Epaisseur de la paroi de la cheminée : $e = 0,08 m$
- Diamètre de la grande base de la cuve tronconique : $D_{int} = 8 m ; D_{ext} = 8,3 m$
- Diamètre de la petite base de la cuve tronconique : $D_{int} = 4 m ; D_{ext} = 4,3 m$
- Diamètre de la cheminée : $D_{int} = 2 m ; D_{ext} = 2,16 m$.
- Hauteur de la cuve tronconique : $H = 4 m$.
- Hauteur de la cheminée : $h_{ch} = 3,5 m$
- Ceinture supérieure : $b = 0,25 m ; h = 0,5 m$.
- Ceinture d'appui : $b = 0,3 m ; h = 0,6 m$.
- Pilier : $b = 0,3 m ; h = 0,3 m$.
- Entretoise : $b = 0,3 m ; h = 0,2 m$.
- Fleche de la coupole de couverture : $f_1 = 0,8 m$
- Fleche de la coupole de fond : $f_2 = 0,5 m$
- Rayon de courbure de la coupole de couverture: $R_1 = 10,40 m$
- Rayon de courbure de la coupole de fond : $R_2 = 4,25 m$

IV.12.3. DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS DU CHATEAU D'EAU

IV.12.3.1. Coupole de couverture

Elle peut être une dalle plate ou une calotte sphérique, dans ce projet nous avons choisi une calotte sphérique. Ce choix se justifie par le fait que la calotte travaille plus en compression donc utilise une grande quantité de béton et une faible quantité d'acier ce qui lui confère un caractère économique. D'autre part sa mise en place n'est pas aisée notamment le coffrage. Le dimensionnement se fera de sorte à n'avoir qu'une section d'acier minimale placée dans la section du béton. Pour cela la contrainte due à l'effort normal δ_b doit être inférieure à la contrainte admissible dans le béton δ_{adm} sinon il faudra augmenter l'épaisseur de la coupole.

Les étapes de calcul ainsi sont consignées en ([Annexe VII](#)).

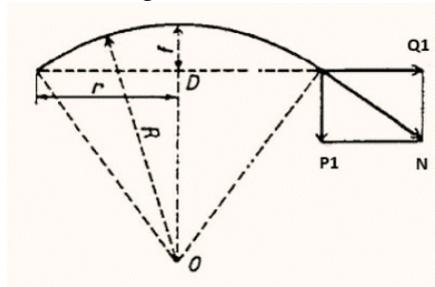


Figure 4: Schéma de la coupole de couverture

La coupole sera armée de **5HA8** totalisant une section de **$2,51\text{cm}^2$** dans chaque direction et placés en une seule nappe et comme aciers de répartition nous prendrons **5HA6** totalisant une section de **$1,41\text{cm}^2$** espacés de **20cm**.

IV.12.3.2. Ceinture supérieure

La ceinture supérieure est dimensionnée comme un tirant, elle sert de liaison entre la coupole de couverture et la cuve tronconique ([voir figure5](#)). Elle reprend linéairement les efforts de traction normaux $Q1$ provenant de la coupole de couverture et celui dû à la portion de la hauteur de l'eau Q_{eau} s'exerçant sur la ceinture. Elle a une forme rectangulaire, les aciers de la paroi de la cuve et de la coupole de couverture viendront s'ancrer dans cette section du béton.

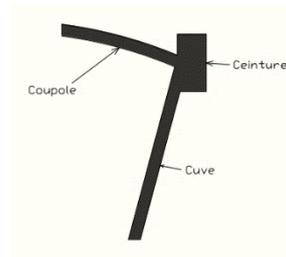


Figure 5: Ceinture supérieure

Les étapes de calcul ainsi sont consignées en ([Annexe VII](#))

La ceinture sera armée de **6HA16** totalisant une section de **12,06cm²** et comme aciers de répartition, nous allons prendre des **HA8** espacés de **20cm** dans la zone courante et de **20cm** dans la zone de recouvrement.

IV.12.3.3. Cheminée

La cheminée travaille en compression, en considérant une tranche de 1m de hauteur l'effort de compression peut être calculé par la formule suivante : $F' = P_{eau} \times r_{ch}$. Cet effort étant proportionnel à la pression de l'eau, elle sera prise au niveau de la dernière tranche car elle y est maximale ([voir figure6](#)).

Dans le dimensionnement nous chercherons à avoir une section d'acier minimale placée dans la section du béton. Pour cela la contrainte de compression du béton doit être inférieure à la contrainte admissible, sinon il faudra augmenter l'épaisseur de la cheminée.

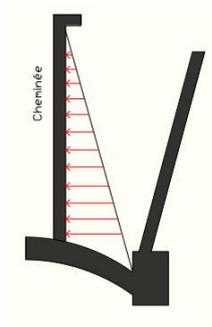


Figure 6: Schéma de la cheminée

Les étapes de calcul ainsi sont consignées en ([Annexe VII](#)).

La cheminée sera armée de **5HA8** totalisant une section de **2,51cm²** espacés de **20 cm** dans chaque direction et placés en une seule nappe et comme acier de répartition nous prendrons des **HA6** espacés de **20 cm**.

IV.12.3.4. Cuve tronconique

C'est la partie du réservoir qui contient l'eau, elle est sollicitée d'une part par les efforts de tractions $F1$ et $F2$ dans les cercles et de l'autre part par les efforts de compressions $C1$, $C2$, et $C3$ suivant les génératrices du tronc de cône. Ces différents efforts sont dus au poids propre de la paroi et à la poussée de l'eau. Elle forme un angle α avec l'horizontal qui a une grande influence sur les calculs.

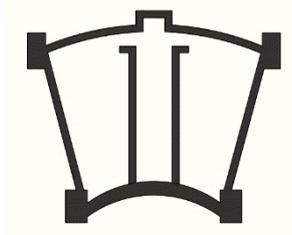


Figure 7: Cuve tronconique

Les étapes de calcul ainsi sont consignées en ([Annexe VII](#)).

Comme l'épaisseur de la cuve est supérieure à 15cm alors les aciers principaux seront placés en double nappe, nous prendrons **15HA12** espacés de **6cm** totalisant une section de **16,96 cm²** par face et dans chaque direction et comme acier de répartition, nous choisissons de prendre par face **4HA8** totalisant une section de **2,06 cm²** avec un espacement de **25cm**.

IV.12.3.5. Coupole de fond

La coupole de fond se dimensionne de la même manière que la coupole de couverture, elle doit avoir une épaisseur supérieure ou égale à 15cm.

Les étapes de calcul ainsi sont consignées en ([Annexe VII](#)).

La coupole de fond sera armée de **5HA10** totalisant une section de **3,93cm²** par face et dans chaque direction et comme acier de répartition nous prendrons par face **5HA6** totalisant une section de **1,41cm²** espacés de **20cm** par face et dans chaque direction.

IV.12.3.6. Ceinture d'appui

La coupole de fond donne par unité de longueur sur la ceinture d'appui une poussée horizontale $Q3 = 93,63KN/ml$ et une poussée verticale $P3 = 49,94KN/ml$. L'effort normal de compression par mètre linéaire $N2$ dans le tronc de cône transmis à la ceinture d'appui peut être décomposé en deux forces $Q2 = N2 \times \cos\alpha$ et $P2 = N2 \times \sin\alpha$.

Par la suite nous allons comparer $Q2$ et $Q3$, si $Q2 > Q3$ alors la ceinture sera dimensionnée en flexion composée avec effort normal de compression dans le cas contraire elle sera dimensionnée en flexion composée avec effort normal de traction.

Le poids total transmis à la ceinture d'appui correspond à la somme du poids propre de la ceinture, des poids provenant la coupole de couverture, de la ceinture supérieure, de la cuve tronconique, de la coupole de fond, de la cheminée et de l'eau.

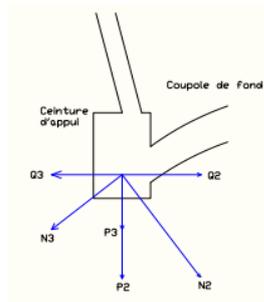


Figure 8: Ceinture d'appui

La figure ci-dessous nous donne les moments fléchissant, les efforts tranchants et les moments de torsion en fonction du nombre de piliers.

Nombre de piliers	Charge par pilier	Effort tranchant maximal	Moments de flexion		Moment de torsion maximal
			Au droit du pilier	Au milieu de la travée	
4	$\frac{P}{4}$	$\frac{P}{8}$	-0.03415 PR	0.01762 PR	0.00530 PR
6	$\frac{P}{6}$	$\frac{P}{12}$	-0.01482 PR	0.00751 PR	0.00151 PR
8	$\frac{P}{8}$	$\frac{P}{16}$	-0.00827 PR	0.00416 PR	0.00063 PR
12	$\frac{P}{12}$	$\frac{P}{24}$	-0.00365 PR	0.00190 PR	0.00018 PR

Figure 9: Efforts et moments en fonction des piliers.

Les étapes de calcul ainsi sont consignées en ([Annexe VII](#)).

La ceinture d'appui sera de **4HA12** totalisant une section de **4,52cm²** pour les armatures en travées et **4HA12** pour les armatures sur appui et comme armatures transversales, nous utiliserons des **HA6**.

IV.12.3.7. Pilier

Les piliers constituent les éléments de support pour le château, ils seront au nombre de six (6) et reposent sur des fondations de semelle isolés. Les piliers auront une hauteur de **13m** avec une profondeur d'assise **D=2m**. La charge totale transmis à l'ensemble des piliers est égale à **2320,7 KN** et la charge reçu par chaque pilier est de **386,78 KN**.

Les étapes de calcul ainsi sont consignées en ([Annexe VII](#)).

Le pilier sera armé de **4HA14** totalisant une section de **6,16 cm²** et comme acier de répartition nous prendrons des **HA6** espacés de **20cm** dans la zone courante et **10cm** dans la zone de recouvrement.

IV.12.3.8. Entretoise

Elles sont dimensionnées comme des poutres rectangulaires soumises à leur propre poids.

Les étapes de calcul ainsi sont consignées en ([Annexe VII](#)).

L'entretoise sera armée de **2HA6** totalisant une section de **0,57 cm²**.

IV.12.3.9. Semelle

Chaque pilier repose sur une semelle isolée qui sera dimensionnée selon la méthode générale du BAEL. Les semelles seront de sections carrées avec une profondeur d'assise $D = 2m$. Le sol est de bonne qualité avec une capacité portante de 1,5MPa à l'ELU, le dimensionnement se fera à l'état limite ultime de résistance.

Les étapes de calcul ainsi sont consignées en ([Annexe VII](#)).

La semelle sera armée de **7HA8** espacés de **15cm** totalisant une section de **3,52cm²** suivant les axes (OX) et (OY)

IV. 12.4. ETUDE DE LA STABILITE DU CHATEAU

La résultante horizontale des forces du vent appliqué à une structure constituée de n tronçons superposables est donnée par l'équation suivante :

$$F = q_{10} \times K_s \times K_H \times C_t \times \delta_i \times \beta$$

La pression dynamique de base q_{10} est considérée égale à 65 daN/m^2 et le coefficient d'exposition K_s induit par l'effet de site est 1,25 car nous sommes en zone 3.

L'ombre portée sur le plan perpendiculaire à la direction du vent est appelé maître couple de la construction. Le maître couple sera divisé en plusieurs surfaces élémentaires et après nous calculerons les résultantes totales des efforts trainés dans la direction du vent sur le corps du réservoir par surface en prenant en compte un coefficient de trainé global C_t donné par la formule : $C_t = Y \times C_{t0}$ avec C_{t0} est le coefficient de trainé fonction de la catégorie.

Ainsi pour un prisme de trois ou quatre cotés il est égal à 1,3 et notre réservoir sera assimilable à un prisme par hypothèse.

Y est déterminé en fonction du rapport de dimension λ qui est égal à 5 pour les constructions verticales éloignées du sol. La valeur de $Y = 1$ est lu sur l'abaque ci-dessous.

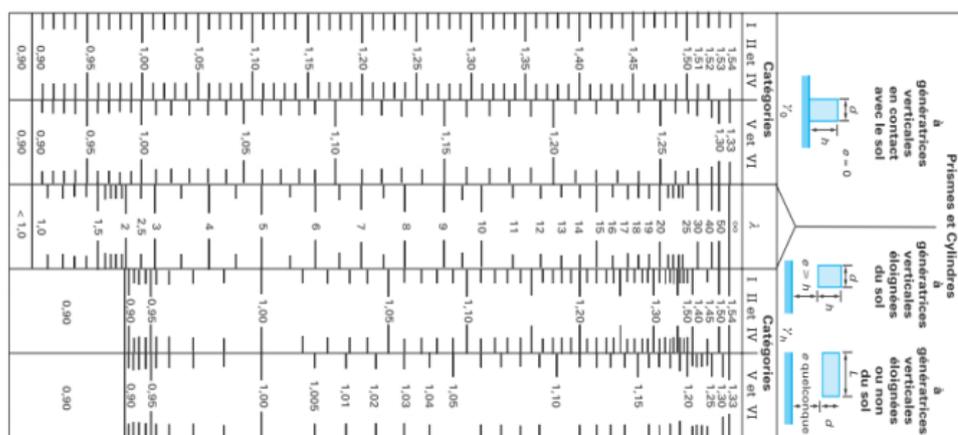


Figure 10: Abaque de détermination de Y

Nous avons donc un coefficient global de 1,3.

Nous supposons qu'il n'y a pas d'effet de masque c'est-à-dire que le site n'est jamais considéré comme protégé dans le cas d'un ouvrage surélevé (pas de réduction de pression dynamique de base). Compte tenu du fait que les relevés météo se font à une hauteur d'environ 0,5m et que la hauteur de notre ouvrage est supérieure à 0,5m, nous considérons donc un effet de dimension en prenant en compte un coefficient de réduction de la pression de base δ . Ce coefficient est déterminé sur l'abaque ci-dessous pour une hauteur de 19,5 m.

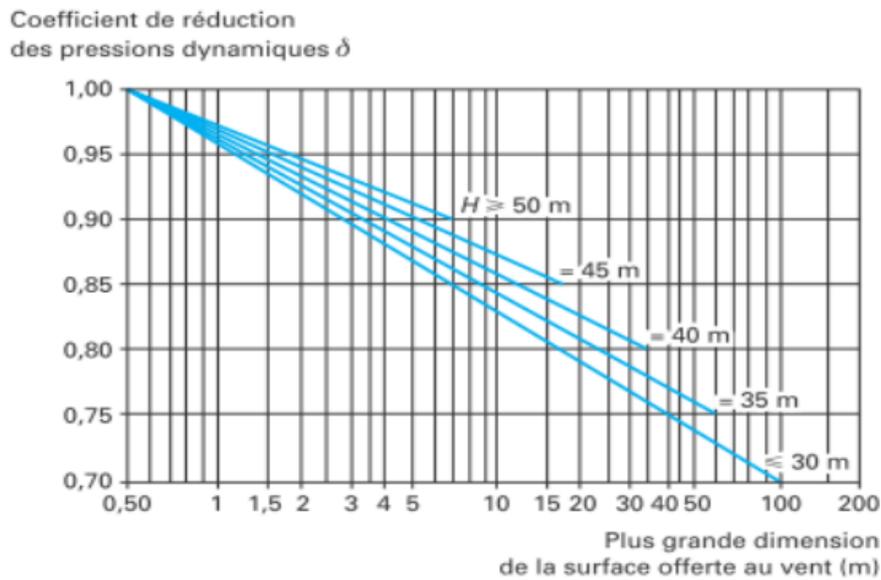


Figure 11: Abaque de détermination du coefficient de réduction des pressions dynamiques.

Nous avons déterminé un coefficient de réduction des pressions dynamiques $\delta = 0,78$.

L'oscillation de la structure dans la direction du vent induit un effet d'amplification. Vu que le mode d'oscillation fondamentale du réservoir dans la direction du vent est inconnu, nous supposons le coefficient d'amplification dynamique égale à 1 (structure en béton armé avec une déformation négligeable).

La valeur des surfaces exposées au vent sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 13: Surface exposées au vent

surfaces exposées au vent		
Désignations	Valeurs	Unités
Coupole de couverture	20,11	m ²
Ceinture supérieure	6,72	m ²
Cuve tronconique	32	m ²
ceinture d'appui	5,16	m ²
Total cuve exposé au vent	63,99	m ²
Piliers	27	m ²
Entretoises	1,35	m ²
Total supports exposé au vent	28,35	m ²

Le poids total de l'ouvrage est **3465,14KN** la stabilité de l'ouvrage est calculée dans le cas où l'ouvrage est vide et le vent est maximal. Le poids de l'ouvrage vide est obtenu en faisant la soustraction du poids total (**3465,14KN**) au poids de l'eau (**1015,13KN**).

Le poids total de l'ouvrage vide est **2450,001KN** cette valeur nous permettra de calculer le moment stabilisant de l'ouvrage.

Compte tenu de tous les effets précédemment décrit, nous allons calculer la stabilité de l'ouvrage.

Tableau 14: Stabilité du château.

Stabilité du château			
Eléments	Formule	Valeurs	Unités
Pression dynamique	$q_v = q_{10} \times K_s \times C_t \times \delta$	0,83	KN/m ²
Effet de hauteur de la cuve par rapport au sol	$K_H = 2,5 \times \frac{h_1 + 18}{h_1 + 60}$	0,86	-
Charge du vent sur la cuve	$Q_{cuve} = K_H \times q_v$	0,72	KN/m ²
Effet de hauteur du pilier par rapport au sol	$K_H = 2,5 \times \frac{h_2 + 18}{h_2 + 60}$	1,1.	-
Charge du vent sur le pilier	$Q_{pilier} = K_H \times q_v$	0,92	KN/m ²
Moment stabilisant	$M_s = P_{tot} \times r_2$	4900,02	KN.m
Moment de renversement	$M_R = \left(\frac{5}{3}\right)(Q_{vent} \times S_{t\ cuv} \times h_{cuv} + Q_{pil} \times S_{t\ pil} \times h_{pil})$	956,44	KN.m

Nous constatons que le moment stabilisant est supérieur au moment de renversement, nous pouvons dire que la stabilité de l'ouvrage est assurée.

IV.12.5. COÛT DE REVIENT DU METRE CUBE D'EAU

Pour une bonne gestion des ouvrages hydrauliques, il est important que la population bénéficiaire soit impliquée a tous les niveaux. Elle doit supporter les frais d'investissement et de fonctionnement en payant le mètre cube de l'eau à un prix conséquent tout en restant dans l'intervalle de leur possibilités financières.

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

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

P_r : Prix de revient de l'eau en m3 ;

A : Amortissement des équipements ;

I : Investissement ;

C : Charge d'exploitation et d'entretien des ouvrages ;

P : Production d'eau à l'échéance du projet.

❖ Calcul d'amortissement des équipements :

Tableau 15: Amortissement des équipements

Désignation	Base d'amort. en FCFA	Durée de vie	Amort. Annuel en FCFA
Groupe électrogène	5 000 000	5	1 000 000
Pompe immergée	2 000 000	5	400 000
Château d'eau	25 586 800	50	511736
Canalisation	125 962 000	30	4 198 733,3
Accessoires	2 800 000	5	560 000
borne fontaine	2 550 000	30	127 500
Abreuvoir	9 900 000	30	495 000
Total amortissements annuels			7 085 469,3
Total amortissements à l'horizon 2027			70 854 693

❖ **Détermination de charge d'exploitation et maintenant du système**

- Salaire du personnel ;
- Achat de pastille de chlore ;
- Prix du carburant et lubrifiant ;
- Frais d'entretien (groupe, château, réseau...)

Les charges d'exploitations et maintenances seront évaluées à **5%** sur coût total d'investissement jusqu'à l'horizon du projet ([Annexe IX](#)). Ces charges sont égales à

3 542 734,7 FCFA.

❖ **Détermination de production d'eau à l'échéance du projet**

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

$$\text{Production (P)} = 220,7 \text{ m}^3/\text{j} \times 365\text{j} \times 10 = \mathbf{805\ 555 \text{ m}^3}$$

Le prix de revient de l'eau est égal à : **414,43 FCFA**

En tenant compte de la rentabilité, le prix de l'eau sera fixé à **420 FCFA** le mètre cube.

IV.13. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

L'étude d'impact environnemental est un facteur indispensable dans tous projets d'aménagement car l'environnement est défini comme étant l'ensemble des éléments physiques, chimiques, biologiques, naturels ou artificiels et des facteurs économiques, sociaux politiques et culturels qui ont un effet sur le processus de maintien de la vie, la transformation et le développement du milieu, les ressources naturelles ou non et les activités humaines. La notion d'environnement doit être traitée au sens large, intégrant à la fois les impacts sur les milieux physiques, biologiques et humains (Direction Nationale de l'environnement, 2001).

Ces études sont centrées sur les points suivants :

- ❖ Une étude de l'état initial du site et de son environnement ;
- ❖ Une analyse des conséquences éventuelles des travaux sur l'environnement ;
- ❖ Une étude après travaux ;
- ❖ Une justification des travaux ;
- ❖ Une évaluation des risques sur l'environnement d'un Etat voisin ou des riverains ;
- ❖ Une mesure de limitation ou d'atténuation ou encore de compenser les impacts négatifs.

IV.13.1. IMPACTS NEGATIFS

En ce qui concerne les impacts négatifs nous pouvons citer :

La pollution du sol par le rejet d'hydrocarbure (huiles de vidanges, fuites de carburants) et par l'utilisation de produits chimiques (adjuvant, ciment, huiles de coffrage, huiles des engins etc.), la pollution sonore et atmosphérique causé par les engins de construction (bétonnière, camion benne, groupe etc.). Les risques d'érosion et de pollution du sol pendant l'excavation, le défrichage de la végétation (abattage des arbustes) pour les fouilles des fondations et

d'excavation pour la pose des conduites. La perturbation de la structure du sol par des fouilles de la fondation, l'implantation des conduites et pour les sites d'emprunts et enfin la perte de terre cultivable dans la localité.

IV.13.2. IMPACTS POSITIFS

Les impacts positifs engendrés par ce projet dans la localité de Loumbol Thylli sont :

- ❖ La réaction temporaire d'emplois (ouvriers et tout le personnel du chantier) ;
- ❖ Amélioration des revenus de la population ;
- ❖ L'amélioration des conditions vie par l'apport d'eau potable ;
- ❖ Raccourcissement de la distance parcourue d'un point d'eau pour les besoins.

IV.13.3. MESURES D'ATTENUATIONS

L'application se fait par la surveillance environnementale qui consiste à veiller au respect des consignes proposés dans l'étude d'impact environnemental. Pour cela il faudra mettre en place un programme rigoureux de gestion et d'entretien de l'ensemble des ouvrages réalisés pour pérenniser les impacts positifs du projet. L'atténuation des impacts vise la meilleure intégration possible du projet à son environnement. A cet effet il est important de préciser les actions correctives ou les ajouts prévus pour réduire voire éliminer les impacts positifs.

IV.13.4. PROTECTION ET CONSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT

L'entreprise à prendre les mesures nécessaires afin de minimiser ou d'éviter les effets négatifs possible sur l'environnement. Ces quelques mesures prévues sont :

- ❖ La protection et la bonne gestion des écosystèmes forestiers (faune et flore) ;
- ❖ La protection des espaces esthétiques ;
- ❖ Les risques d'érosion du sol et de la perte du couvert végétal, de la coupure des circulations hydrauliques, de modification des écoulements et de pollution des milieux aquatiques ;
- ❖ La pollution atmosphérique pouvant venir des activités de construction ;
- ❖ Les risques de maladies professionnelles pour les travailleurs pendant la période de constructions ;
- ❖ Les risques divers liés à la construction et à l'exploitation de l'ouvrage.

V. CONCLUSION ET RECOMMANDATION

Cette étude a été effectuée dans le but de contribuer à l'amélioration des conditions d'abreuvement dans la localité de Loumbol Thylli par la création de point d'eau supplémentaire. Elle a constitué à faire une étude hydraulique, une étude du château d'eau et une estimation de coût du projet.

A l'issue de l'étude hydraulique, la population de la zone d'étude a été estimée à **1 304 hbts** et un bétail de **7 747** têtes à l'horizon **2027** avec un besoin journalier total de **220,7m³/j**. La quantité d'eau mobilisée sera stockée dans un château de capacité **100m³** qui alimentera par gravités des points d'eau pendant 12heures selon la demande et avec une pression minimale de **5mCE** que la pompe soit en marche ou en arrêt. Le réseau de distribution est composé de canalisations en **PVC PN6** et le réseau de d'adduction de **PVC PN10**. La pression maximale atteinte lors du démarrage spontané de la pompe est **59,07 mCE**, cette pression est inférieure à la pression nominale de la conduite de refoulement alors le réseau de refoulement ne sera pas muni de dispositif anti bélier. Pour le relevage de l'eau depuis le forage jusqu'au château, il est prévu une pompe immergée de marque **GRUNDFOS SP30-4**.

L'étude de la structure du château a permis de déterminer les dimensions architectures et les armatures utilisées dans la réalisation du château. Le coût du projet a été évalué à **259 449 683 FCFA** avec un coût de revient du mètre cube de l'eau à **420 FCFA**.

Il est du devoir des bénéficiaires de s'approprier de l'ouvrage et s'impliquer pleinement dans sa gestion afin de rentabiliser aux mieux le potentiel qu'il représente.

Ce stage de fin d'étude nous a permis de mettre en application l'ensemble de nos acquis et compétences en sciences et techniques de l'ingénieur mais aussi de nous familiariser avec les réalités rencontrées sur le terrain. Ce fut une expérience que nous attendons de partager avec d'autre jeunes ingénieurs et aussi de la mettre au service de nos populations.

Pour la bonne réalisation et pérennisation du nouveau système d'AEP de Loumbol Thylli, nous recommandons ce qui suit :

- ❖ La mise en place d'un comité de surveillance et d'entretiens de l'ouvrage ;
- ❖ Initier des projets d'adduction d'eau dans d'autres localités pastorales non bénéficiaire pour un meilleur taux de couverture à l'échelle national et augmenter la productivité agropastorale ;

- ❖ Inciter les entreprises de construction à aller vers le béton de résistance **30 MPa** dans la réalisation des châteaux d'eau dans l'optique de minimiser les sections d'acier ;
- ❖ Faire participer la population autochtone tout au long de la phase de réalisation des travaux.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Barbier, J.M. (1995).** Alimentation en eau potable. ETSHER.
- Henry, T. (1996).** Conception et calcul des structures de bâtiment tome5.
- Mar, A. (2003).** Ecoulement en charge. IER. : ISBN et HG (61).
- Mayère, J. (1995).** Règles neige et vent NV 65.
- Messan, A. (2013).** Béton Armé BAEL91 Modifié 99 et DTU Associés.
- Messan, A. (2015).** Dimensionnement des réservoirs en béton armé.
- OUEDRAOGO, B. (2005).** Adduction d'eau potable : ouvrages constitutifs de système d'AEP.
- YONABA, R.O. (2015).** Adduction d'eau potable : calcul des ouvrages constitutifs des réseaux d'AEP.
- Zoungrana, D. (2003).** Alimentation en eau potable. EIER.

Annexes

Annexe I : Fiche d'enquête PRAPS-SN

**Diagnostic technique
Fiche pour un point d'eau**

1. Date : ___/___/_____
 2. Nom de l'enquêteur : _____

Attention : En cas de difficulté à répondre, mettre :

- NP = non pertinent (si la question n'a pas lieu d'être posé)
- ND = non disponible (si on ne peut pas trouver la réponse)

Informations générales			
LOCALISATION			
3. Région :	4. Département :		
5. Commune :	6. Village :		
7. Localité :	8. Population du village/sites à desservir:		
OUVRAGE en cas de réhabilitation			
9. Nom de l'ouvrage donné par la population : _____	Population estimée utilisant le point d'eau : 10. N° ménages _____ 11. N° personnes _____ dont : 12. N° hommes _____ 13. N° femmes _____ 14. N° Réfugiés _____ 15. Déplacés _____		
	Cheptel estimé utilisant le point d'eau : 10. N° bovin _____ 11. N° ovin _____ 12. N° Camelin _____ 13. N° Asin _____ 14. N° Equin _____ 15. N° Caprin _____		
	Nom	Fonction	Contact
Personne ressource 1	16.	17.	18.
Personne ressource 2	19.	20.	21.
21. Date de réalisation de l'ouvrage :		22. Réalisé par :	
23. Utilisation du point d'eau (plusieurs réponses possibles)	a) Boisson <input type="checkbox"/>		b) Abreuvement <input type="checkbox"/> Précisez (petits ruminants ou troupeaux).....
	c) Cuisine/hygiène <input type="checkbox"/>		d) Maraichage <input type="checkbox"/>

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.

24. Activités autour de l'ouvrage constatées lors de la visite	a) Abreuvoir <input type="checkbox"/>	b) Animaux en liberté <input type="checkbox"/>
	c) Maraichage <input type="checkbox"/>	d) Lessive <input type="checkbox"/>
	e) Vaisselle <input type="checkbox"/>	f). Autre (à préciser) : <input type="checkbox"/> _____
Temps moyens <i>*Estimé par vous-même à l'aide d'un chronomètre ou en demandant aux usagers du point d'eau</i>	Temps moyen d'attente au point d'eau (en minutes)	25. Temps min saison sèche = 26. Temps max saison sèche = 27. Temps min saison pluies = 28. Temps max saison pluies=
	Temps moyen pour remplir un seau de 20 litres (en minutes)	25. Temps min saison sèche = 26. Temps max saison sèche = 27. Temps min saison pluies = 28. Temps max saison pluies =
	Temps moyen de marche entre le village le plus éloigné et le point d'eau diagnostiqué (en minutes)	29. Temps min saison sèche = 30. Temps max saison sèche = 31. Temps min saison pluies = 32. Temps max saison pluies =
Coordonnées du point d'eau	33. GPS Long.: ° ' " - 34. GPS Lat.: ° ' " -	
Fonctionnement de l'ouvrage	<i>Si variations selon les moments de la journée,</i> 35. Arrive-t-il que le forage tarisse <u>complètement</u> ? oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	
	36. Arrive-t-il que le forage tarisse <u>en partie</u> ? oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	
	37. A quel moment de la journée ? matin <input type="checkbox"/> midi <input type="checkbox"/> soir <input type="checkbox"/> nuit <input type="checkbox"/>	

	<p>38. Quelles sources d'eau alternatives sont utilisées en remplacement ?</p> <p><input type="checkbox"/> a) Un autre forage avec pompe</p> <p><input type="checkbox"/> b) Un autre puits amélioré</p> <p><input type="checkbox"/> c) Un autre puits traditionnel</p> <p><input type="checkbox"/> d) Une source superficielle (fleuve, rivière, lac)</p> <p><input type="checkbox"/> e) Autre</p>
	<p>39. Remarques :</p> <hr/> <hr/> <hr/>

Accessibilité du point d'eau		
<p>Quel est le niveau d'accessibilité du point d'eau pour les groupes de personnes suivants :</p>		
40 : Femmes	<input type="checkbox"/> Bonne	<input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Faible
41 : Hommes	<input type="checkbox"/> Bonne	<input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Faible
42 : Enfants	<input type="checkbox"/> Bonne	<input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Faible
43 : Personnes âgées	<input type="checkbox"/> Bonne	<input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Faible
44 : Personne en situation d'handicap (physique, moteur, psychique)	<input type="checkbox"/> Bonne	<input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Faible
45 : D'autres clans ou ethnies	<input type="checkbox"/> Bonne	<input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Faible
<p>Définition : <u>Accessibilité bonne</u> : Chemins tracés pour accéder aux points de collecte. Pas de dénivelé. Pas d'obstacles. Tous les membres de la communauté peuvent collecter l'eau.</p> <p><u>Accessibilité moyenne</u> : il existe des chemins tracés mais le dénivelé ou des obstacles imposent aux usagers une bonne mobilité.</p> <p><u>Accessibilité faible</u> : Pas de chemins tracés / Fort dénivelé / Obstacles (forêt, rivière...). Le(s) point(s) de collecte ne sont accessibles qu'aux personnes à forte mobilité.</p>		
<p>Caractéristiques de la pompe pour le débit *Mesurer et discuter avec le comité et les usagers</p>		
<p>46. Pour les forages/puits équipés de pompe électrique ou solaire, précisez le débit moyen d'exploitation : _____ (Calculez le nombre de secondes nécessaires pour remplir un seau de 20 litres)</p>		
<p>47. Pour ces pompes, quelle est la plage horaire de fonctionnement ? <input type="checkbox"/> 06h-10h</p> <p><input type="checkbox"/> 10h-12h</p> <p><input type="checkbox"/> 12h-15h</p> <p><input type="checkbox"/> 15h-18h</p> <p><input type="checkbox"/> 18h-21h</p> <p><input type="checkbox"/> 24h/24h</p>		

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.

48. Ce débit varie-t-il au cours de l'année ? oui non 66. Si oui, précisez :

49 Ce débit varie-t-il au cours de la journée ? oui non 68. Si oui, précisez :

Analyse de l'eau <i>*Mesurer et observer</i>	50. a) Si le comité de gestion ou propriétaire du puits vous dit que des chlorations régulières de l'ouvrage sont faites, mesurez le chlore résiduel avec le pool tester	_____ mg/L	b) Conforme aux normes sphères oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>
	51. Couleur de l'eau	<input type="checkbox"/> Limpide <input type="checkbox"/> Autre _____	
	52. Gout de l'eau	Normal <input type="checkbox"/> Salé / minéral <input type="checkbox"/> sableux <input type="checkbox"/>	
	53. Odeur de l'eau	Sans odeur <input type="checkbox"/> Avec odeur <input type="checkbox"/>	
	54.a) Conductivité	µS/cm : _____	b) Conforme aux normes sphères oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>

Vulnérabilité			
Questions		Oui	Non
55	Une source de pollution ou une latrine est présente à moins de 30 m de l'ouvrage		
56	Des animaux peuvent accéder à l'ouvrage car il n'y a pas de clôture ou mur, ou il y a une protection mais en mauvais état.		
57	L'écoulement des eaux usées est mauvais (Les eaux de ruissellement ne sont pas évacuées de l'ouvrage ou le canal en place est en mauvais état et/ou de longueur inférieure à 2m)		
58	Il y a de l'eau stagnante près de l'ouvrage		
59	La cimentation de protection autour de l'ouvrage est inférieure à 1m		
60	La dalle et/ou la margelle de l'ouvrage ont des fissures		
61	Le point d'eau est salé		
62	Le système de puisage est en mauvaise condition ou sale		
63	Le point d'eau se trouve dans une zone non sécurisée		
64	Il y a eu des agressions autour du point d'eau		
65	Il y a eu des agressions physiques sur la route pour aller au point d'eau		
66	Il y a ou il y a eu des tensions par rapport a l'usage ou a la gestion du point d'eau		

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.

67. TOTAL				
68. Niveau de vulnérabilité et priorité d'action de réhabilitation à entreprendre :				
Nombre de oui	Faible priorité	Haute priorité	Urgence	
0 à 4				
5 à 9				
10 à 15				
Catégorie de l'ouvrage (cocher la case correspondante en fonction du nombre de oui)				

69. Commentaires/précisions :

-

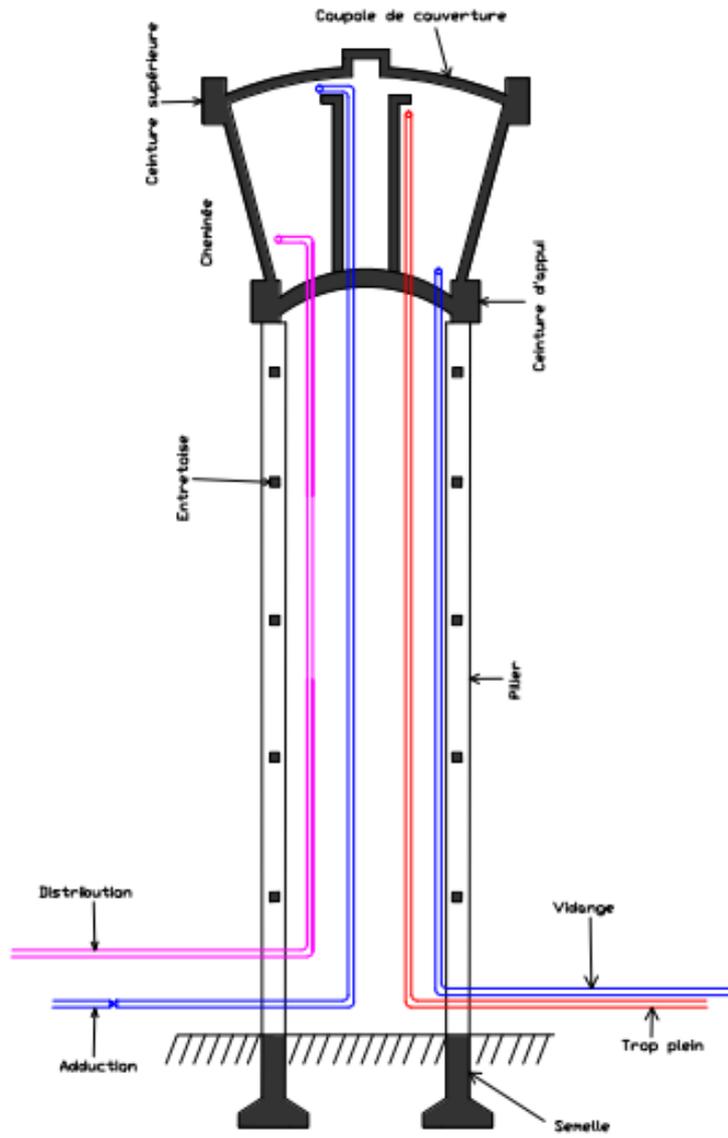
-

-

-

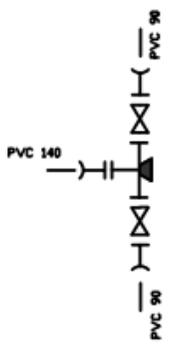
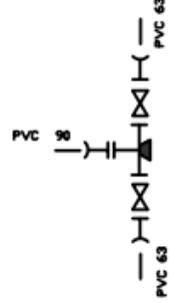
Photos : Prendre une photo du point d'eau en général et photos de détail des éléments problématiques

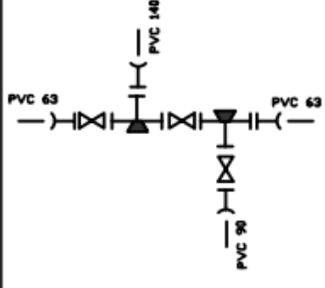
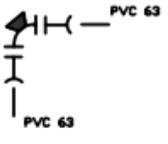
Annexe II : Plan du château d'eau



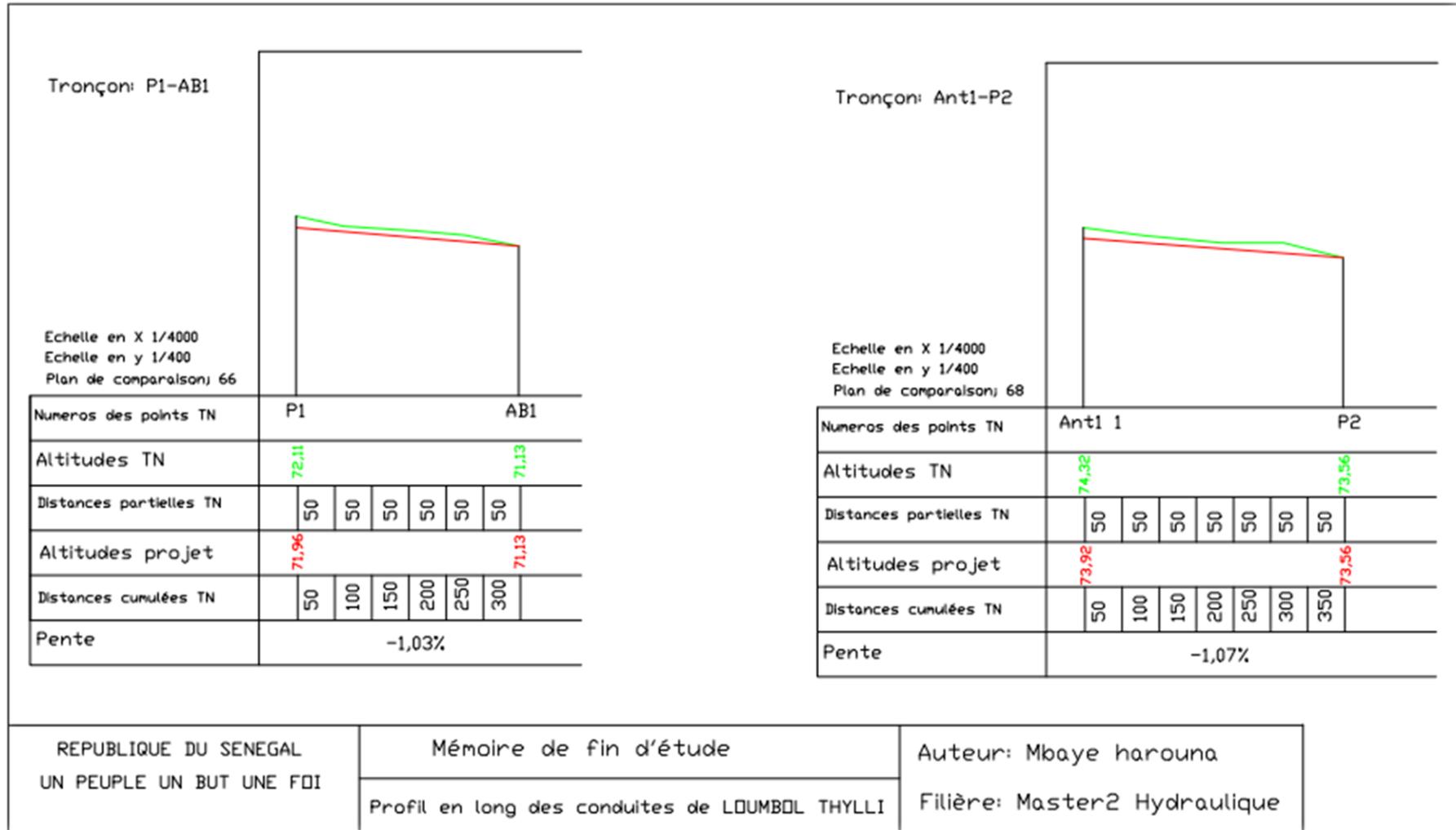
ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.

Annexe III : Carnet des nœuds.

N° noeud	Schéma des noeuds	Nomenclature des pièces
N1		<ul style="list-style-type: none"> 1 TE Fonte BB DN 140/90/90 2 Robinets Vannes DN 90 2 Brides d'émboîtement DN 90 1 Bride d'émboîtement DN 140 1 Massif de butée
N2-N3-N6		<ul style="list-style-type: none"> 1 TE Fonte BB DN 90/63/63 2 Robinets Vannes DN 63 2 Brides d'émboîtement DN 63 1 Bride d'émboîtement DN 90 1 Massif de butée

N° noeud	Schéma des noeuds	Nomenclature des pièces
N4		<ul style="list-style-type: none"> 1 TE Fonte BB DN 140/63/63 1 TE Fonte BB DN 90/63/63 2 Robinets Vannes DN 63 1 Robinet Vanne DN 90 2 Brides d'émboîtement DN 63 1 Bride d'émboîtement DN 140 1 Bride d'émboîtement DN 90 2 Massifs de butée
N5-N7		<ul style="list-style-type: none"> 1 Coude 1/4 Fonte DN 63/63 2 Brides d'émboîtement DN 63 1 Massif de butée

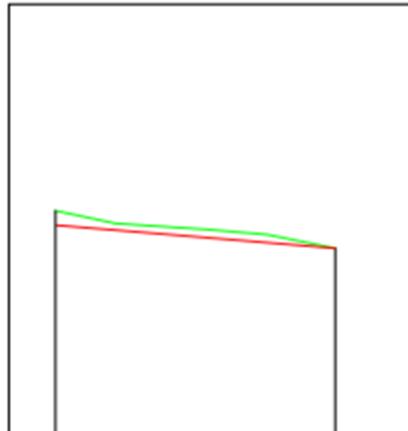
ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.



ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.

Tronçon: P1-AB1

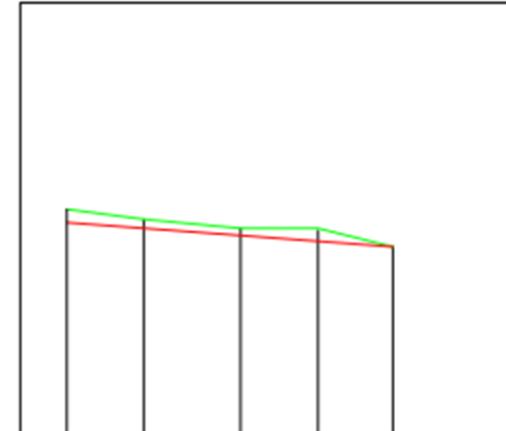
Echelle en X 1/4000
Echelle en y 1/400
Plan de comparaison; 66



Numeros des points TN	P1						AB1					
Altitudes TN	72,11						71,13					
Distances partielles TN	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
	71,96						71,13					
Altitudes projet	71,96						71,13					
Distances cumulées TN	50	100	150	200	250	300						
	-1,03%											

Tronçon: Ant1-P2

Echelle en X 1/4000
Echelle en y 1/400
Plan de comparaison; 68



Numeros des points TN	Ant1 1							P2						
Altitudes TN	74,32							73,56						
Distances partielles TN	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50		
	73,92							73,56						
Altitudes projet	73,92							73,56						
Distances cumulées TN	50	100	150	200	250	300	350							
	-1,07%													

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UN PEUPLE UN BUT UNE FOI

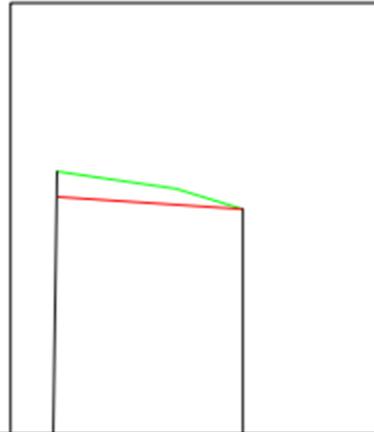
Mémoire de fin d'étude
Profil en long des conduites de LOUMBOL THYLLI

Auteur: Mbaye harouna
Filière: Master2 Hydraulique

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.

Tronçon: P2-AB2

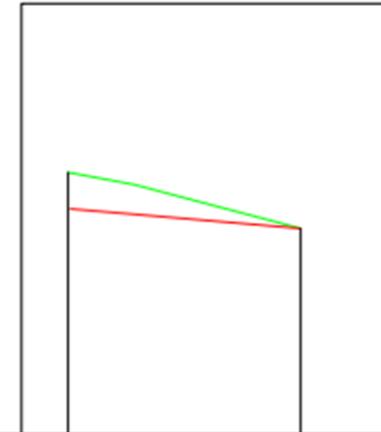
Echelle en X 1/4000
Echelle en y 1/400
Plan de comparaison; 66



Numeros des points TN	P2				AB2			
Altitudes TN	73,56				72,25			
Distances partielles TN	50	50	50	50				
Altitudes projet	72,96				72,25			
Distances cumulées TN	50	100	150	200				
Pente	-1,17%							

Tronçon: P2-AB3

Echelle en X 1/4000
Echelle en y 1/400
Plan de comparaison; 66



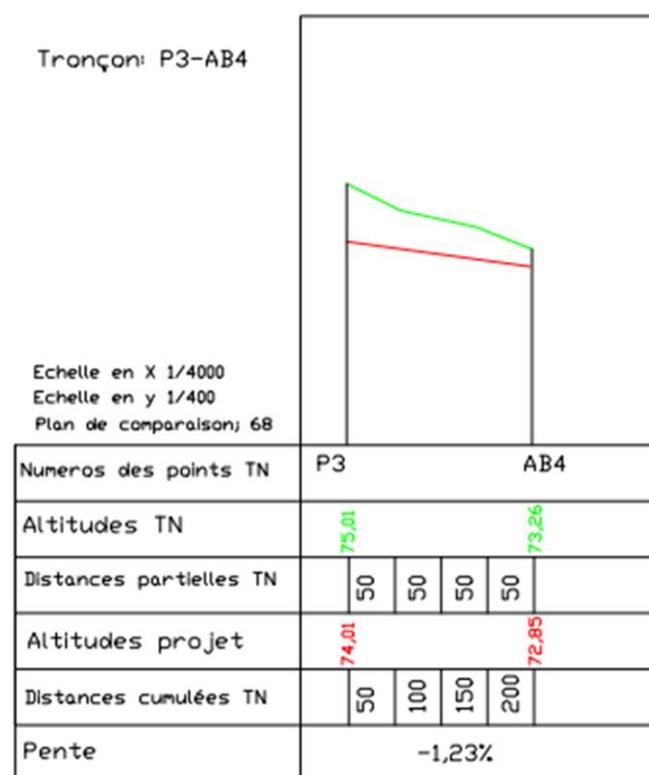
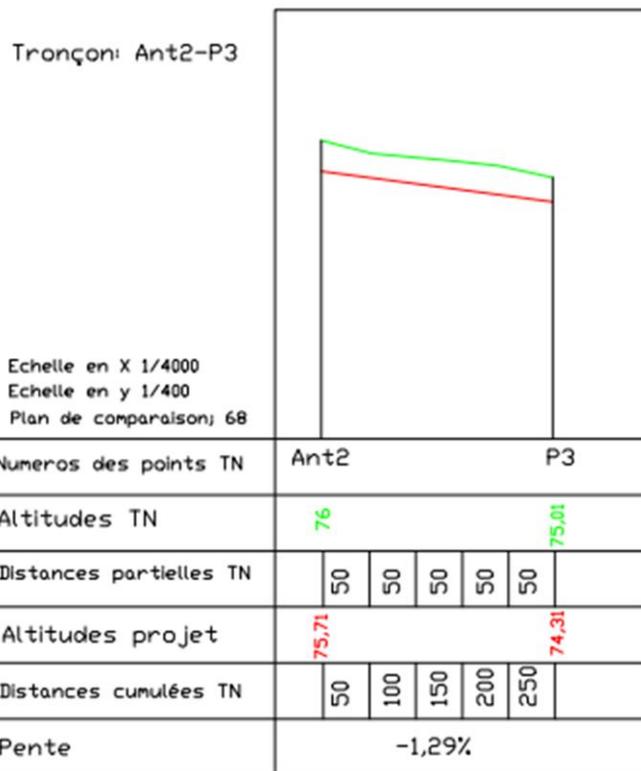
Numeros des points TN	P2					AB3				
Altitudes TN	73,56					71,42				
Distances partielles TN	50	50	50	50	50					
Altitudes projet	72,02					71,42				
Distances cumulées TN	50	100	150	200	250					
Pente	-1,12%									

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UN PEUPLE UN BUT UNE FOI

Mémoire de fin d'étude
Profil en long des conduites de LOUMBOL THYLLI

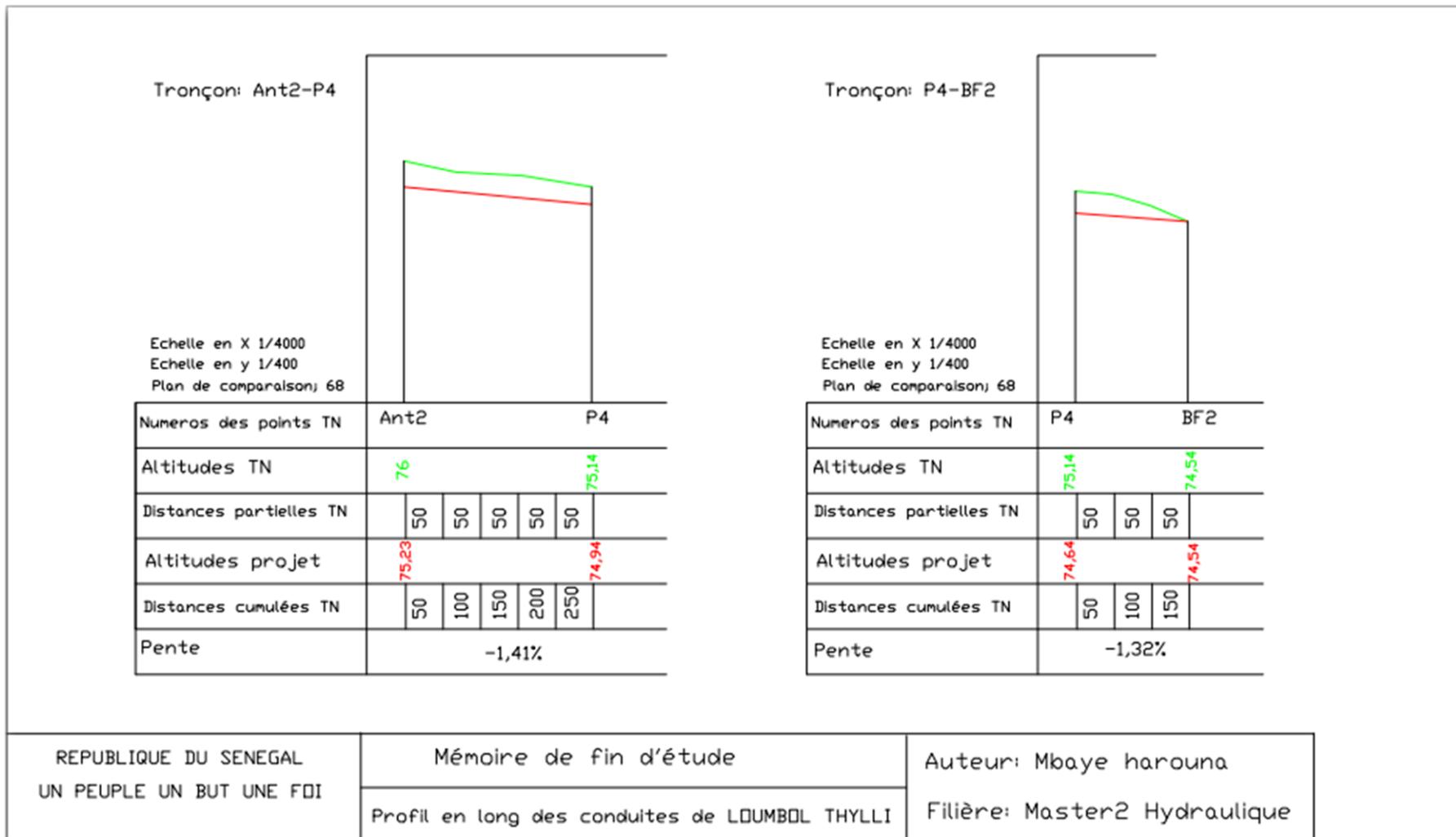
Auteur: Mbaye harouna
Filière: Master2 Hydraulique

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.

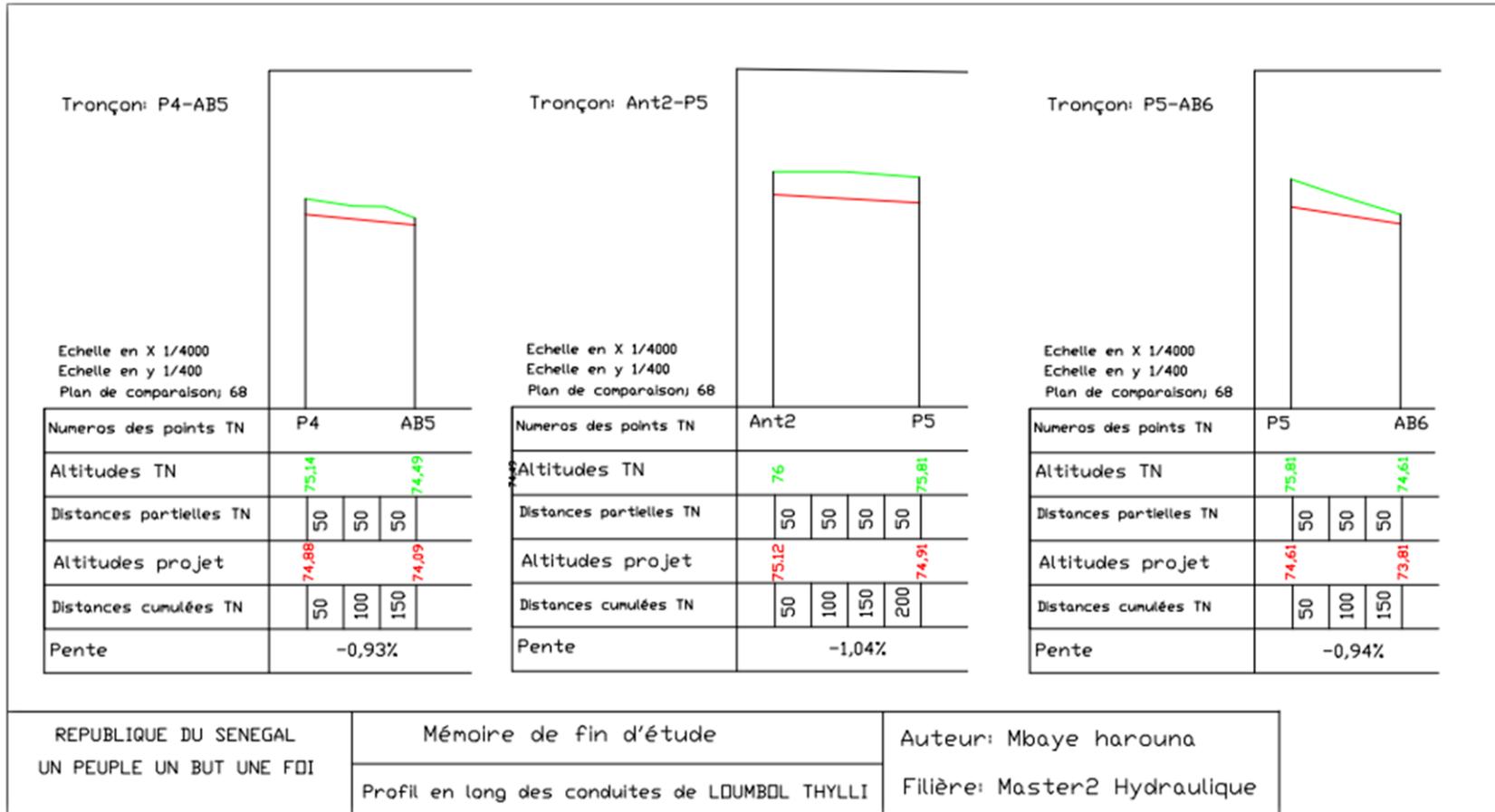


REPUBLICQUE DU SENEGAL UN PEUPLE UN BUT UNE FOI	Mémoire de fin d'étude	Auteur: Mbaye harouna
	Profil en long des conduites de LOUMBOL THYLLI	Filière: Master2 Hydraulique

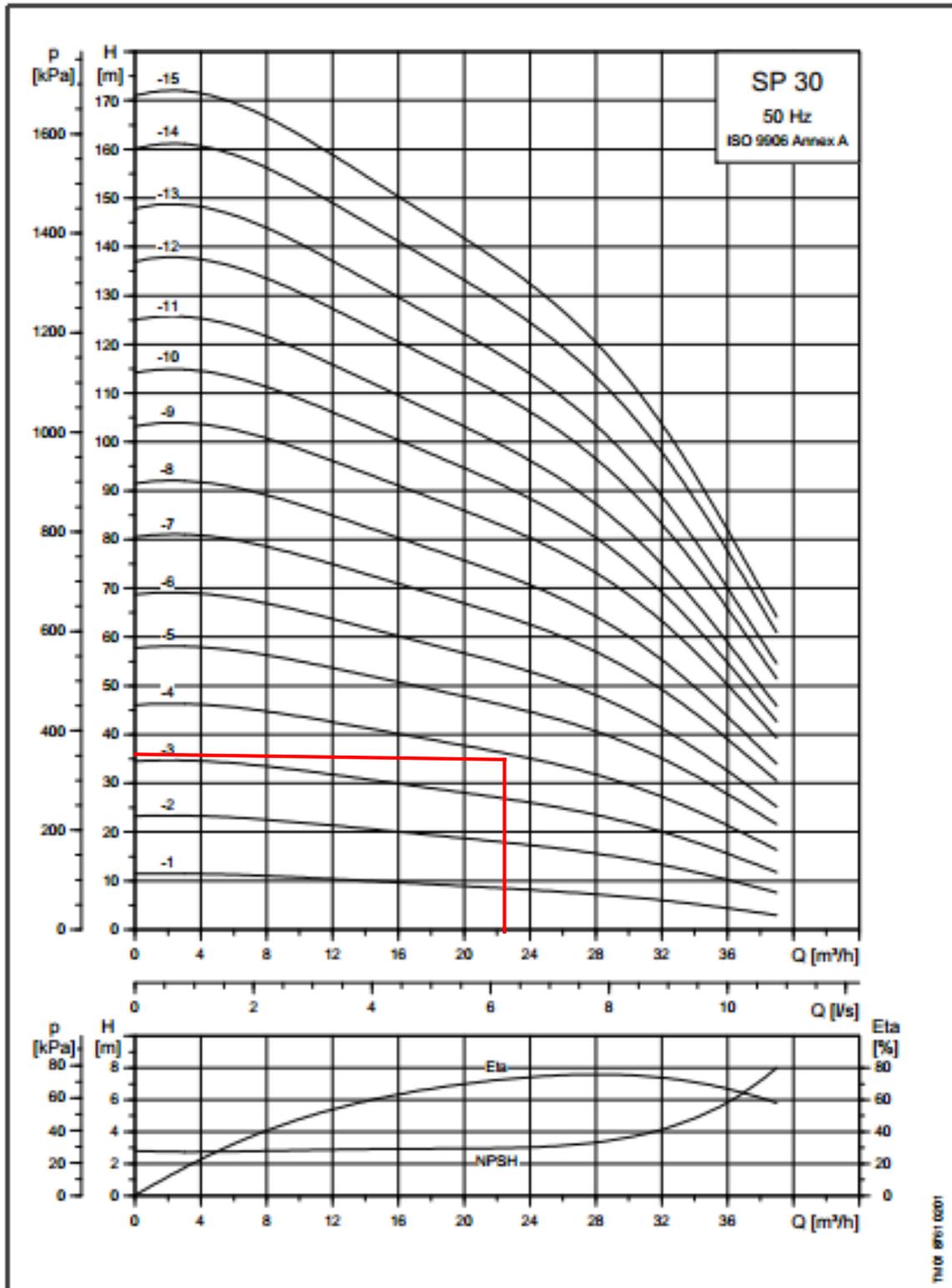
ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.



ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.



Annexe V : Courbes de performances des pompes immergées SP30-4



Annexe VI : Volume du château d'eau

Volume du château d'eau			
Eléments	Formule	Valeurs	Unités
Volume de la cuve tronconique	$v1 = \frac{\pi \times H}{3} (r_1^2 + r_2^2 + r_1 \times r_2)$	117,28	m^3
Volume de la cheminée	$v2 = \pi \times r_{ch}^2 \times H$	12,56	m^3
Volume du segment sphérique à retrancher	$v3 = \pi \times f_2^2 \times (R_2 - \frac{f_2}{3})$	3,2	m^3
Volume réel du château	$v_{réel} = v1 - v2 - v3$	101,51	m^3

Annexe VII : Note de calcul du château d'eau

Dimensionnement de la coupole de couverture :

❖ **Calcul de la charge surfacique totale P sur la coupole de couverture**

- Charge surfacique de la coupole :

$$P_{pc} = \gamma_b \times e_c = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

- Charge d'étanchéité :

$$Q_{étan} = 1 \text{ KN/m}^2$$

- Charge d'entretiens :

$$Q_{ent} = 1 \text{ KN/m}^2$$

$$P = G + Q \text{ avec } \begin{cases} G = Q_{pc} + Q_{étan} \\ Q = Q_{ent} \end{cases}$$

$$P = 4,5 \text{ KN/m}^2.$$

❖ **Calcul de l'effort normal sur la ceinture supérieure**

- La flèche supérieure f_1 :

$$f_1 = \frac{r_1}{5} = \frac{4}{5}$$

$$f_1 = 0,8 \text{ m}$$

- Charge verticale exercée par la coupole de couverture P_1 :

$$P_1 = \frac{(r_1^2 + f_1^2) \times P}{2 \times r_1} = 9,36 \text{ KN/ml}$$

- Charge horizontale exercée par la coupole :

$$Q_1 = \frac{P_1 \times (r_1^2 - f_1^2)}{2 \times r_1 \times f_1} = 22,46 \text{ KN/ml}$$

$$N_1 = \sqrt{(P_1^2 + Q_1^2)}$$

$$N_1 = \sqrt{(P_1^2 + Q_1^2)} = 24,34 \text{ KN/ml}$$

❖ Calcul des contraintes

- Contrainte de compression dans le béton δ_b :

$$\delta_b = \frac{N_1}{1 \times e} = 0,25 \text{ Mpa}$$

- Contrainte admissible dans le béton δ_{adm} :

$$\delta_{adm} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{100 \times e_c}{R_1} (f_{c28})^{1/3} = 2,81 \\ \frac{e_c + 0,55}{3} \times f_{c28} = 5,41 \end{array} \right.$$

$$\delta_{adm} = 2,81 \text{ Mpa}$$

Condition vérifiée car $\delta_{adm} = 2,81 \text{ Mpa} \geq \delta_b = 0,25 \text{ Mpa}$, alors la section d'acier minimale est définie par un pourcentage minimal par direction 0,20% de la coupole de couverture.

❖ Calcul des aciers

- Section d'aciers principaux :

$$\frac{A_{min}}{e_c \times 1} = 0,2\%$$

$$A_{min} = 2 \text{ cm}^2/\text{ml}.$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_r \geq \frac{A_{min}}{3} = 0,66 \text{ cm}^2$$

Dimensionnement de la ceinture supérieure :

❖ **Calcul de la force totale exercée sur la ceinture supérieure**

- Poussée de l'eau sur la ceinture :

$$Q_{eau} = \frac{1}{2} \omega_e \times h^2 = 1,25 \text{ KN/ml}$$

- Rayon supérieure de la cuve :

$$r_1 = 4 \text{ m}$$

- Charge horizontale exercée par la coupole :

$$Q1 = 22,46 \text{ KN/ml}$$

$$F = (Q1 + Q_{eau}) \times r_1$$

$$F = (Q1 + Q_{eau}) \times r_1 = 94,856 \text{ KN/ml}$$

❖ **Calcul de la section d'acier**

- Aciers principaux :

$$A_s = \frac{F}{\delta_{st}}$$

La contrainte de traction de l'acier sera calculée selon la règle du fascicule 74 car la ceinture est en contact avec l'eau. Pour un acier de diamètre 16mm, la contrainte de traction est 109,98MPa (**voir tableau21**).

$$A_s = 8,63 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

- Condition de non fragilité

$$A_{min} \geq \frac{B \times f_{t28}}{f_e} = \frac{(0,25 \times 0,5) \times 2,1}{500}$$

$$A_{min} \geq 5,25 \text{ cm}^2$$

Nous retenons **$A_s = 8,63 \text{ cm}^2$** .

- Diamètre de l'acier de répartition :

$$\phi_t = \max\left(8; \frac{\phi_L}{3}\right) = 8 \text{ mm}$$

- Espacement dans la zone courante S_t :

L'espacement s_t doit être inférieur au plus petit cote du tirant $b = 0,25 m$

On prendra $S_t = 20 cm$ en zone courante entre cadres.

- Longueur de recouvrement L_r :

$$L_r = L_s$$

Comme $\begin{cases} f_e = 500MPa \\ f_{c28} = 25MPa \end{cases}$ alors $\frac{L_s}{\phi_l} = 44 \Rightarrow L_s = 44 \times \phi_l$

$$L_r = 70,4cm$$

- Espacement dans la zone de recouvrement :

$$\frac{A_t}{S_t} f_e = m \times \pi \times \phi_l \times \tau_{su} \Rightarrow S_t = \frac{A_t \times f_e}{m \times \pi \times \phi_l \times \tau_{su}}$$

Avec $\tau_{su} = 0,6 \times \Psi_s^2 \times f_{t28}$ ($\Psi_s = 1,5$ et $f_{t28} = 2,1Mpa$) $\Rightarrow \tau_{su} = 2,835Mpa$

$$A_t = \frac{\pi \phi_l^2}{4} = 0,503cm^2 \quad \text{et } m = 1$$

$$S_t = 17,65cm$$

On prendra $S_t = 20 cm$ dans la zone de recouvrement.

Dimensionnement de la cheminée :

❖ Calcul de la force de compression sur la cheminée

- Poussée de l'eau sur la cheminée :

$$P_{eau} = \omega_e \times h_{ch} = 35KN/m^2$$

$$F' = P_{eau} \times r_{ch}$$

$$F' = 35 KN/ml$$

❖ Calcul des contraintes

- Contrainte de compression :

$$\delta_b = \frac{F'}{S}$$

Surface compressée

$$s = s_{ext} - s_{int} \text{ avec } \begin{cases} s_{ext} = \pi(r_{ch} + e)^2 = 3,66 \\ s_{int} = \pi(r_{ch})^2 = 3,14 \end{cases}$$

$$s = 0,52 \text{ m}^2$$

$$\delta_b = 0,067 \text{ Mpa}$$

- Contrainte admissible :

$$\delta_{adm} = \min \begin{cases} \frac{100 \times e}{r_{ch}} (f_{c28})^{1/3} = 23,39 \text{ MPa} \\ \frac{e + 0,55}{3} \times f_{c28} = 5,25 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$\delta_{adm} = 5,25 \text{ Mpa}$$

Comme cette contrainte $\delta_{adm} = 5,25 \text{ MPa} \geq \delta_b = 0,067 \text{ MPa}$, alors la section d'acier minimale est définie par un pourcentage minimal par direction 0,20% de la section du béton.

❖ **Calcul de la section d'acier**

- Section d'aciers principaux :

$$\frac{A_{min}}{e_c \times 1} = 0,2\%$$

$$A_{min} = 1,6 \text{ cm}^2 / \text{ml}.$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_r \geq \frac{A_{min}}{3} = 0,53 \text{ cm}^2$$

Dimensionnement de la cuve tronconique :

❖ **Calcul des aciers principaux (cerces)**

- Force de traction due à la poussée de l'eau F1 :

$$F1 = \frac{\omega_{eau} \times l}{\sin\alpha \cos\alpha} \left[H \left(r_2 + \frac{l}{2} \right) - l \tan\alpha \left(\frac{r_2}{2} - \frac{l}{3} \right) \right]$$

$$F1 = 382,93 \text{ KN}.$$

- Force de traction propre F2 :

$$F2 = \frac{\Omega}{\sin\alpha} \left[\left(r_2 l + \frac{l^2}{2} \right) \right]$$

$$\Omega = \gamma_b \times e$$

$$\Omega = 25 \times 0,15 = 3,75 \text{ KN/m}^2$$

$$F2 = 28,65 \text{ KN}$$

- Force de traction totale :

$$F = F1 + F2 = 411,58 \text{ KN}$$

$$A_{sp} = \frac{F}{\delta_{st}}$$

Pour des aciers de diamètre $\phi = 12 \text{ mm}$ la contrainte de traction $\delta_{st} = 126,99 \text{ Mpa}$ selon le fascicule 74 (voir tableau21).

$$A_{sp} = \frac{411,58 \times 10^{-3}}{126,99} = 32,42 \text{ cm}^2$$

$$A_{/face} = \frac{32,42}{2}$$

$$A_{/face} = 16,21 \text{ cm}^2$$

❖ Calcul des aciers de répartition

- Force de compression C1 entraînée par la poussée de l'eau :

$$C1 = \frac{2\pi\omega_{eau}l}{\sin\alpha} \left[H \left(r_2 + \frac{l}{2} \right) - l \tan\alpha \left(\frac{r_2}{2} - \frac{l}{3} \right) \right]$$

$$C1 = 1489,52 \text{ KN.}$$

- Force de compression C2 entraînée par le poids propre de la cuve :

$$C2 = \frac{2\pi\omega_{eau}l}{\sin\alpha\cos\alpha} \left[\left(r_2 + \frac{l}{2} \right) \right]$$

$$C2 = 145,39 \text{ KN}$$

- Force de compression $C3$ entraînée par l'ensemble des charges provenant de la coupole et de la ceinture supérieure :

$$C3 = \left(\frac{P_{Pceint} + P_1}{\sin \alpha} \right) \times 2\pi r_1$$

$$C3 = 314,93 \text{ KN}$$

- Force de compression totale C :

$$C = C1 + C2 + C3 = 1949,84 \text{ KN}$$

- Calcul de la contrainte de compression dans le béton δ_b :

$$\delta_b = \frac{C}{\text{Surface}}$$

avec $\begin{cases} C = \text{la force de compression totale} \\ S = \text{la section du c\^one} \end{cases}$

$$S = s_{ext} - s_{int}$$

$$s_{ext} = \pi((r_1 + e)^2 + (r_1 + e)(r_2 + e) + (r_2 + e)^2) = 96,66 \text{ m}^2$$

$$s_{int} = r_1^2 + r_1 \times r_2 + r_2^2 = 87,96 \text{ m}^2$$

$$S = 8,7 \text{ m}^2$$

$$\delta_b = 0,23 \text{ MPa}$$

- Calcul de la contrainte admissible dans le béton :

$$\delta_{adm} = \min \begin{cases} \frac{100 \times e}{D_2} (f_{c28})^{1/3} = 21,93 \text{ MPa} \\ \frac{e + 0,55}{3} \times f_{c28} = 5,83 \text{ MPa} \end{cases}$$

Comme $\delta_{adm} = 5,83 \text{ MPa} > \delta_b = 0,23 \text{ MPa}$ alors on prendra une section d'acier minimal

$$A_{smin} = 0,150\% \times B \quad \text{avec } B = (1 \times e_c)$$

$$A_{smin} = 2,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{/face} = \frac{2,25}{2}$$

$$A_{/face} = 1,125 \text{ cm}^2$$

Dimensionnement de la coupole de fond :

❖ Calcul de la charge surfacique totale P sur la coupole de fond

- Charge surfacique due à la coupole de fond :

$$Q_{pc} = \gamma_b \times e_c = 5 \text{ KN/m}^2$$

- Charge surfacique due à la cheminée :

$$Q_{ch} = \gamma_b \times e_{ch} = 2 \text{ KN/m}^2$$

- Charge surfacique due à l'eau :

$$P_{pe} = \omega_{eau} \times H = 40 \text{ KN/m}^2$$

$$P = G + Q \text{ avec } \begin{cases} G = Q_{pc} + Q_{ch} \\ Q = Q_{eau} \end{cases}$$

$$P = 7 + 40$$

$$P = 47 \text{ KN/m}^2.$$

❖ Calcul de l'effort normal sur la ceinture d'appui

- La flèche supérieure f_2 :

$$f_2 = \frac{r_2}{4} = 0,5m$$

- Charge verticale exercée par la coupole de fond P_3 :

$$P_3 = \frac{(r_2^2 + f_2^2) \times P}{2 \times r_2} = 49,94 \text{ KN/ml}$$

- Charge horizontale exercée par la coupole de fond Q_3 :

$$Q_3 = \frac{P_3 \times (r_2^2 - f_2^2)}{2 \times r_2 \times f_2} = 93,63 \text{ KN/ml}$$

$$N_3 = \sqrt{(P_3^2 + Q_3^2)}$$

$$N_3 = 106,12 \text{ KN/ml}$$

❖ **Calcul des contraintes**

- Contrainte de compression dans le béton δ_b :

$$\delta_b = \frac{N_3}{1 \times e} = 0,53 \text{ Mpa}$$

- Contrainte admissible dans le béton δ_{adm} :

$$\delta_{adm} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{100 \times e_c}{R_2} (f_{c28})^{1/3} = 6,25 \\ \frac{e_c + 0,55}{3} \times f_{c28} = 29,24 \end{array} \right.$$

$$\delta_{adm} = 6,25 \text{ Mpa}$$

Condition vérifiée car $\delta_{adm} = 6,25 \text{ Mpa} \geq \delta_b = 0,53 \text{ Mpa}$, alors la section d'acier minimale est définie par un pourcentage minimal par direction 0,20% de la coupole de couverture.

❖ **Calcul des aciers**

- Section d'aciers principaux :

$$\frac{A_{min}}{e_c \times 1} = 0,2\%$$

$$A_{min} = 6 \text{ cm}^2/\text{ml}.$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_r \geq \frac{A_{min}}{3} = 2 \text{ cm}^2$$

Dimensionnement de la ceinture d'appui :

❖ **Effort normal par mètre linéaire N2**

$$N2 = \frac{C}{2 \times \pi \times r_2}$$

$$N2 = 155,16 \text{ KN/ml}.$$

$$Q2 = N2 \times \cos\alpha = 96,06 \text{ KN/ml}$$

$$P2 = N2 \times \sin\alpha = 121,85 \text{ KN/ml}.$$

Nous constatons que $Q_2 - Q_3 = 2,43 > 0$ alors le ceinture sera dimensionnée en flexion composée avec effort normal de compression.

❖ **Poids total transmis à la ceinture**

- Poids propre de la ceinture :

$$P_{pc} = \gamma_b \times b \times h = 4,5 \text{ KN/ml}$$

- Rayon moyen :

$$r_{moy} = r_2 + (0,5 \times b) = 2,15 \text{ m}$$

$$P_T = (P_2 + P_{pc} + P_3) \times r_{moy}$$

$$P_T = (121,85 + 4,5 + 49,94) \times 2,15$$

$$P_T = 2320,7 \text{ KN}$$

Pour le reste des calculs, nous choisissons de prendre six (6) piliers comme support du château.

❖ **Vérification de choix du nombre de piliers**

- Effort tranchant maximal :

$$V = \frac{P_T}{2np} \quad \text{avec } np = \text{nombre de pilier}$$

$$V = 193,39 \text{ KN}$$

- Contrainte tangentielle due à l'effort tranchant :

$$\tau_{uv} = \frac{V}{b \times d} \quad \text{avec } b = 0,3 \text{ m} \quad \text{et} \quad d = 0,9 \times h = 0,9 \times 0,6 = 0,54 \text{ m}$$

$$\tau_{uv} = 1,19 \text{ Mpa}$$

- Contrainte tangentielle due au couple de torsion :

$$\tau_{ut} = \frac{M_{tmax}}{2 \times b_0 \times \Omega}$$

$$b_0 = \frac{a}{6} \quad \text{avec } a = \min \begin{cases} b = 0,3 \text{ m} \\ h = 0,6 \text{ m} \end{cases} \quad a = b = 0,3 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,05 \text{ m}$$

$$\Omega = (h - b_0)(b - b_0) = 0,1375 \text{ m}^2$$

Moment de torsion maximal M_{tmax} :

$$M_{tmax} = 0,00151 \times P_T \times r_{moy} = 0,007534 \text{ MN.m}$$

$$\tau_{ut} = 0,55 \text{ MPa}$$

Comme la fissuration est peu préjudiciable alors la contrainte limite de la ceinture est égale à :

$$\tau_{lim} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,15 \times \frac{f_{cj}}{\gamma_b} \\ 4 \text{ MPa} \end{array} \right. \quad \tau_{lim} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \text{ MPa} \\ 4 \text{ MPa} \end{array} \right.$$

$$\tau_{lim} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\tau_{uv}^2 + \tau_{ut}^2} = \sqrt{1,21^2 + 0,56^2} = 1,31 \text{ MPa}$$

$$1,31 < \tau_{lim} = 2,5 \text{ MPa}$$

Nous pouvons dire que le choix des six piliers est judicieux.

❖ Calcul des moments

Moment de flexion au milieu de la travée :

$$M_t = 0,00751 \times P_T \times r_{moy} = 0,037471 \text{ MN.m}$$

Moment de torsion maximal :

$$M_{tmax} = 0,00151 \times P_T \times r_{moy} = 0,007534 \text{ MN.m}$$

Moment de flexion au droit du pilier :

$$M_{app} = -0,01482 \times P_T \times r_{moy} = -0,073944 \text{ MN.m}$$

❖ Armatures en travées

- Armatures longitudinales à la flexion composée :

Moment de flexion ultime M_u :

$$M_u = 1,35 \times M_t = 0,0506 \text{ MN.m}$$

$$N_u = 1,35((Q_2 - Q_3) \times r_{moy}) = 0,0070 \text{ MN}$$

$$e = \frac{M_u}{N_u} = 7,18 \text{ m}$$

Coefficient de remplissage du diagramme de contrainte ψ_1 :

$$\psi_1 = \frac{N_u}{b \times h \times f_{bu}} = 0,0027$$

$\psi_1 < 0,81$ alors nous choisissons l'excentricité critique relative ζ dans un catalogue.

On choisit de prendre $\zeta = 0,1666$

Calcul de $e_{Nc} = h \times \zeta$:

$$e_{Nc} = 0,0999 \text{ m}$$

$e_{Nc} < e$ alors la section est partiellement comprimée et l'état limite peut ne pas être atteint.

Excentricité additionnelle :

$$e_A = e + (d - 0,5h) = 7,42 \text{ m.}$$

$$M_{fict} = N_u \times e_A = 0,0523 \text{ MN.m}$$

Calcul du moment réduit ultime :

$$\mu_u = \frac{M_{fict}}{bd^2 f_{bu}} = 0,0422$$

Nous constatons que $\mu_u < \mu_{AB} = 0,186$ alors il n'existe pas d'acier comprimé.

$$A_{fict} = \frac{M_{fict}}{Z_u \times f_{su}} \text{ avec } \begin{cases} Z_u = d(1 - 0,4\alpha_u = 0,5284 \\ \alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 0,0539 \end{cases}$$

$$A_{fict} = 2,28 \text{ cm}^2$$

$$A_{réel} = A_{fict} + \frac{N_u}{f_{su}}$$

$$A_{réel} = 2,44 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{smin} \geq 0,23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 1,56 \text{ cm}^2$$

$A_{smin} < A_{réel}$, donc nous allons utiliser les valeurs de $A_{réel}$ pour déterminer les sections d'acier. On retient donc $A_{réel} = 2,44 \text{ cm}^2$.

❖ Armatures longitudinales pour la torsion :

$$A_t = \frac{M_{tmax} \times u}{2 \times \Omega \times f_{su}}$$

$$f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

$$u = 2 \times [(h - b_0) + (b - b_0)] \quad \text{Avec} \quad b_0 = 0,05$$

$$u = 1,6 \text{ m.}$$

$$A_t = 1,008 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$\frac{A_{min}}{u \times b_0} \times f_e \geq 0,4 \text{ Mpa}$$

$$A_{min} \geq \frac{0,4 \times 0,05 \times 1,6}{500} \times 10^4$$

$$A_{min} \geq 0,64 \text{ cm}^2$$

La condition de non fragilité est respectée, on utilise la section de **1,03 cm²**.

La section totale d'armature en travée retenue est $A_t + A_{réel} = 3,08 \text{ cm}^2$.

❖ Armature sur appui

- Moment ultime :

$$M_u = 1,35 \times M_{app} = -0,09982514 \text{ MN.m}$$

- Calcul du moment réduit :

$$\mu_u = \frac{M_u}{bd^2 f_{bu}} = 0,0242$$

$$\mu_u = 0,0242$$

Nous remarquons que $\mu_u < \mu_{AB} = 0,186$, nous sommes en pivot A et il n'existe pas d'acier comprimé.

❖ Calcul de la section d'acier :

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u * f_{su}} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} Z_u = d(1 - 0,4\alpha_u) = 0,5334 \\ \alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 0,030580 \end{cases}$$

$$A_{st} = \frac{0,09982514 \times 1,15}{0,5334 \times 500}$$

$$A_{st} = 4,31 \text{ cm}^2$$

La section totale d'armature sur appui retenue est $A_{st} = 4,31 \text{ cm}^2$.

Dimensionnement du pilier :

❖ **Calcul de la force de compression pilier**

- Poids propre du pilier P_{pp} :

$$P_{pp} = \gamma_b \times a \times b \times h = 29,25 \text{ KN}$$

- Force reçu par un pilier N_u :

$$N_u = \frac{P_t}{6} = 386,78 \text{ KN}$$

- Force de compression à l'ELU N'_u :

$$N'_u = 1,35(N_u + P_{pp})$$

$$N'_u = 561,65 \text{ KN}$$

❖ **Calcul de l'élancement λ et de la section réduite du béton B_r**

$$\lambda = \frac{l_f}{i} \quad \text{avec} \quad i = \sqrt{\frac{i_{min}}{B}}$$

$$i_{min} = \frac{a^3 \times b}{12} = \frac{0,3^3 \times 0,3}{12}$$

$$i_{min} = 0,000675 \text{ m}^4$$

$$B = a \times b = 0,09 \text{ m}^2$$

$$l_f = l_o = 2,1 \text{ m}$$

$$i = \sqrt{\frac{i_{min}}{B}} = 0,086 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{2,1}{0,086} = 24,24$$

Comme l'élancement est inférieure à 50 alors α est donnée par la formule suivante :

$$\alpha = \frac{0,85}{1 + 0,2 \times \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = 0,78$$

- La section réduite :

$$B_r = (a - 0,02)(b - 0,02) = 0,078 \text{ m}^2$$

❖ Calcul des aciers

- Aciers principaux :

$$A_{sc} \geq \left(\frac{N'_u}{\alpha} - \frac{B_r f_{c28}}{0,9\gamma_b}\right) \cdot \left(\frac{\gamma_s}{f_e}\right)$$

$$A_{sc} \geq -16,73 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} = \max\left(4U; \frac{0,2B}{100}\right) \text{ avec } \begin{cases} 4U = 4 \times 2 \times (a + b) = 4,8 \text{ cm}^2 \\ \frac{0,2B}{100} = 45 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$A_{min} = 4,8 \text{ cm}^2$$

La section d'armature longitudinale retenue est $A_{sc} = 4,8 \text{ cm}^2$.

Nous choisissons de prendre **4HA14** comme aciers principaux.

- Diamètre des aciers de répartition :

$$\phi_t \geq \frac{\phi_l}{3} = \frac{14}{3} = 4,66 \text{ mm}$$

$$\phi_t = 6 \text{ mm.}$$

- Espacement dans la zone courante :

$$s_t \leq \min \begin{cases} 40 \text{ cm} \\ (a + 10) \text{ cm} \\ 15\phi_l \end{cases}$$

$$s_t \leq \min \begin{cases} 40 \text{ cm} \\ (30 + 10) \text{ cm} = 40 \text{ cm} \\ 15\phi_l = 15 \times 1,4 = 21 \text{ cm} \end{cases}$$

L'espacement minimal doit être inférieur à 21cm alors on choisit de prendre **20 cm**.

- Longueur de recouvrement :

$$L_r = 0,6L_s$$

Nous savons que pour $\begin{cases} f_e = 500MPa \\ f_{c28} = 25MPa \end{cases}$ alors $\frac{L_s}{\phi_t} = 44 \Rightarrow L_s = 44\phi_t$

$$L_s = 61,6 \text{ cm}$$

$$L_r = 36,96 \text{ cm.}$$

On choisit de prendre $L_r = 30 \text{ cm}$

- Espacement dans la zone de recouvrement :

$$s_t = \frac{L_r}{3} = 10 \text{ cm}$$

Dans la zone de recouvrement on a un espacement de **10 cm**.

Dimensionnement de l'entretoise :

❖ Calcul des efforts

- La longueur en travée :

$$l = \frac{2\pi r_{moy}}{6} = \frac{2 \times \pi \times 2,15}{6} = 2,25 \text{ m}$$

- Pré dimensionnement de l'entretoise :

$$\frac{1}{15} \leq \frac{h}{l} \leq \frac{1}{10}$$

$$\frac{l}{15} \leq h \leq \frac{l}{10}$$

$$0,15 \leq h \leq 0,23$$

On choisit de prendre $h = 0,20m$ et $b = 0,30m$.

- Poids propre de l'entretoise :

$$P_{p \text{ entretoise}} = \gamma_b \times b \times h \times l = 25 \times 0,20 \times 0,30 \times 2,25$$

$$P_{p \text{ entretoise}} = 3,38 \text{ KN/ml}$$

La charge permanente $G = 3,38 \text{ KN/ml}$ et la charge variable $Q = 0,5 \text{ KN/ml}$.

- Calcul de l'effort ultime P_u :

$$P_u = 1,35G + 1,5Q$$

$$P_u = 5,31 \text{ KN/ml}$$

- Calcul de l'effort de service P_{ser} :

$$P_{ser} = G + Q$$

$$P_{ser} = 3,88 \text{ KN/ml}$$

❖ Calcul des moments

- Calcul du moment ultime M_u :

$$M_u = \frac{P_u l^2}{8}$$

$$M_u = 3,36 \text{ KN.m}$$

- Calcul du moment de service M_{ser} :

$$M_{ser} = \frac{P_{ser} l^2}{8}$$

$$M_{ser} = 2,46 \text{ KN.m}$$

- Calcul du moment réduit μ_u :

$$\mu_u = \frac{M_u}{bd^2 f_{bu}} = \frac{3,36 \times 10^{-3}}{0,30 \times (0,9 \times 0,20)^2 \times 14,17}$$

$$\mu_u = 0,024$$

Nous remarquons que $\mu_u < \mu_{AB} = 0,186$, nous sommes en pivot A et il n'existe pas d'acier comprimé.

❖ Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} \text{ avec } \begin{cases} Z_u = d(1 - 0,4\alpha_u) = 0,178 \\ \alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 0,031 \end{cases}$$

$$A_{st} = \frac{0,00336 \times 1,15}{0,178 \times 500}$$

$$A_{st} = 0,44 \text{ cm}^2$$

Dimensionnement de la semelle :

❖ Pré dimensionnement de la semelle

- Calcul du côté A de la semelle :

$$A \geq \sqrt{\frac{a \times N'_u}{b \times \delta_u}}$$

$$A \geq 0,62 \text{ m.}$$

Comme la section est rectangulaire nous choisissons de prendre $A = B = 0,8 \text{ m.}$

- Calcul de la hauteur de la semelle :

$$\frac{B - b}{4} \leq da, db \leq A - a$$

$$\frac{0,8 - 0,3}{4} \leq da, db \leq 0,8 - 0,3$$

$$0,125\text{m} \leq da, db \leq 0,5\text{m}$$

On choisit de prendre $da = 0,45 \text{ m.}$

$$h = da + 5\text{cm}$$

$$h = 50\text{cm}$$

❖ Calcul de la section d'acier

- Poids propre de la semelle :

$$P_{p \text{ semelle}} = \gamma_b(A \times B \times h) + \gamma_b(a \times b \times D) = 12,5 \text{ KN}$$

- Effort ultime sur la semelle :

$$P_U = 1,35(P_{p \text{ semelle}} + P_{p \text{ entretoise}}) + N'_u$$

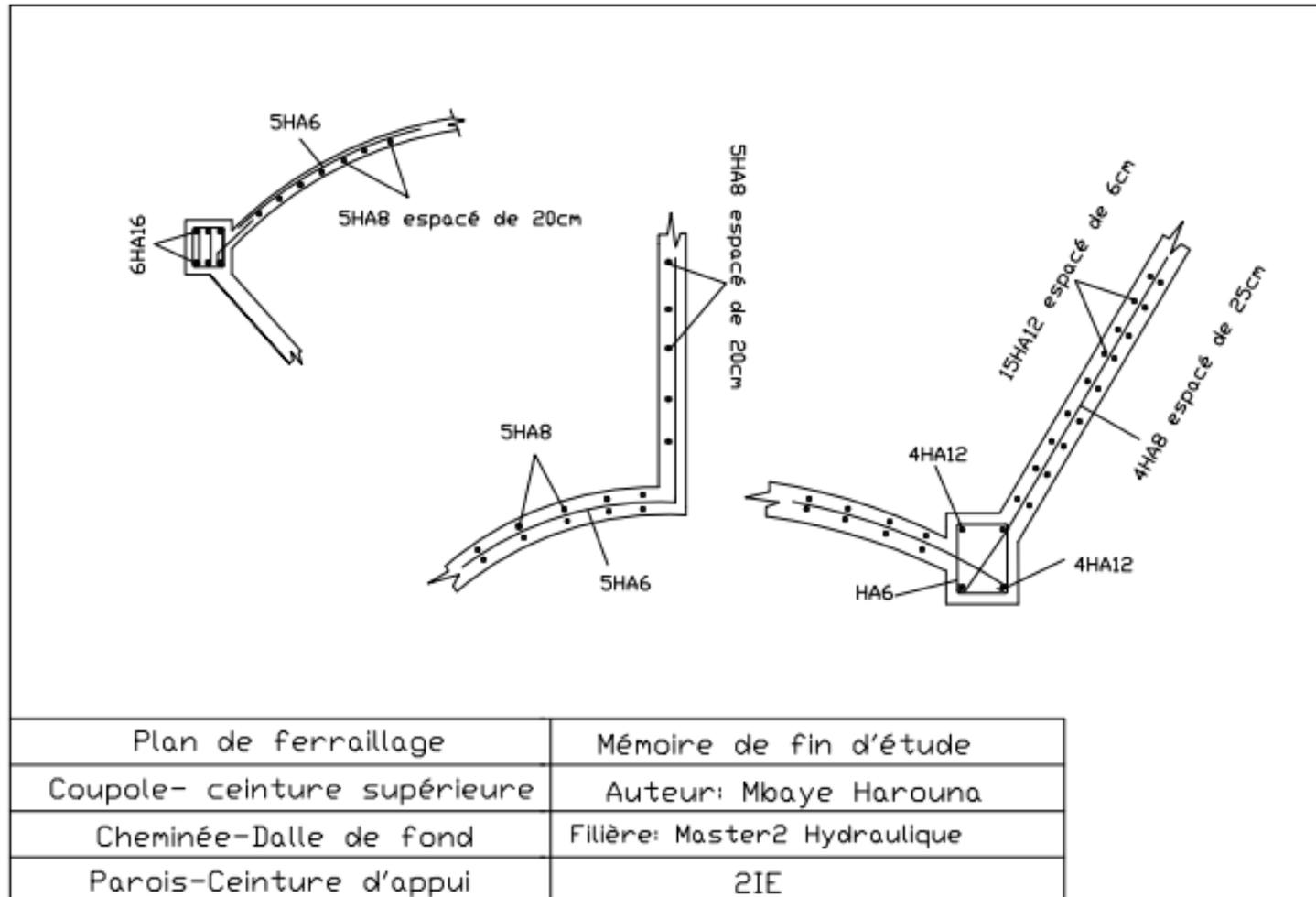
$$P_U = 0,638 \text{ MN}$$

$$A_{s/A} \geq \frac{P_u(A - a)}{(8 \times da) \times f_{su}} = \frac{0,638 \times (0,8 - 0,3) \times 1,15}{(8 \times 0,45) \times 500}$$

$$A_{s/A} = A_{s/B} \geq 1,77 \text{ cm}^2/\text{ml.}$$

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE LOUMBOL THYLLI.

Annexe VIII : Plan de ferrailage du château d'eau de Loumbol Thylli



ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE
LOUMBOL THYLLI.

Annexe IX : Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation	Unité (U)	Quantité(Q)	Prix unitaire	Prix total
A	Ouvrage de captage				
I	Mobilisation et démobilisation				
I.1	Mobilisation des équipements et matériels de forage.	FF	1	4 700 000	4 700 000
I.2	Repli de l'atelier de forage	FF	1	500 000	500 000
	sous total I				5 200 000
II	Foration				
II.1	Foration formation meuble 9"7/8 à la rotary à l'air ou la boue	ml	150	35 000	5 250 000
II.2	Alésage du trou (diamètre 9"7/8	ml	150	20 000	3 000 000
	sous total II				8 250 000
III	Equipement				
III.1	Pose et retrait tubage provisoire PVC pleine 254 mm	ml	1	25 000	25 000
III.2	Fourniture et pose de tube pleine PVC de 200 mm	ml	1	20 000	20 000
III.3	Fourniture et pose de tube crépine PVC 200mm	ml	1	20 000	20 000
III.4	Fourniture et pose du bouchon de fond ou pied PVC	u	1	35 000	35 000
III.5	Fourniture et pose d'un packer	u	1	75 000	75 000
III.6	développement du forage	u	1	100 000	75 000
III.7	Mise en place des remblais de protection des PVC	u	1	30 000	30 000
III.8	Mise en place de béton de cimentation sur la profondeur de 2 m	u	1	45 000	45 000
III.9	Tête de forage	u	1	45 000	45 000
III.10	Gravillonnage	u	1	150 000	150 000
	sous total III				545 000
IV	Essai de pompage				
IV.1	Essai de débit méthode CIEH	u	1	400 000	400 000
IV.2	Essai de débit à longue durée	u	1	1 600 000	1 600 000
IV.3	Analyse physico chimique et bactériologique de l'eau	u	1	4 50 000	4 500 000
	Sous total IV				2 450 000

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE
LOUMBOL THYLLI.

	TOTAL I+II+III+IV				16 445 000
B	Ouvrage de stockage				
I	Béton armé fondation				
I.1	Béton de propreté dosé à 150 Kg/m3 pour semelle	m3	0,6	350 000	210 000
I.2	Béton armé pour fondation dosé à 350Kg/m3	m3	1,92	400 000	768 000
	sous total I				978 000
II	Béton armé pilier				
II.1	Béton armé du pilier dosé à 350Kg/m3	m3	3,6	400 000	1 440 000
II.2	Béton armé entretoise dosé à 350Kg/m3	m3	0,472	400 000	188 800
	sous total II				1 628 800
III	Béton armé cuve tronconique				
III.1	Béton armé pour coupole de couverture dosé à 350Kg/m3	m3	4,53	500 000	2 265 000
III.2	Béton armé pour parois de la cuve dosé à 350Kg/m3	m3	22,06	500 000	11 030 000
III.3	Béton armé pour la cheminée intérieure dosé à 350Kg/m3	m3	1,22	500 000	610 000
III.4	Béton armé pour la ceinture d'appui dosé à 350Kg/m3	m3	10,53	500 000	5 265 000
III.5	Béton armé pour la coupole de fond dosé à 350Kg/m3	m3	5,3	500 000	2 650 000
	Béton armé pour la ceinture supérieure dosé à 350Kg/m3	m3	2,32	500 000	1 160 000
	sous total III				22 980 000
	TOTAL I+II+III				25 586 800
C	Installation de chantier				
I	Terrassement				
I.1	tranchée pour pose de canalisation de profondeur 0,9; largeur 0,5m	m3	5080	2 000	10 160 000
I.2	fouille des semelles	m3	3,072	2 000	6 144
I.3	lit de pose de 10cm d'épaisseur dans le fond des tranchées	m3	635	1 000	635 000
I.4	Remblais pour fermeture des fouilles et tranchées	m3	5080	1 000	5 080 000
	sous total I				15 881 144
II	Equipement Hydrauliques				
II.1	Fourniture et pose des canalisations en PVC 63 PN6	ml	2 025	5 500	11 275 000
II.2	Fourniture et pose des canalisations en PVC 90 PN6	ml	1 100	8 000	8 800 000
II.3	Fourniture et pose des canalisations en PVC 140 PN6	ml	9 595	1 100	105 545 000
II.4	Fourniture et pose des canalisations en PVC 125 PN10	ml	38	9 000	342 000

ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA LOCALITE DE
LOUMBOL THYLLI.

	sous total II				125 962 000
III	Accessoires				
III.1	fourniture et pose de vannes sur canalisation PVC 140,90,63 PN6	FF	1	2 000 000	2 000 000
III.2	Raccord divers	Ens	1	800 000	800 000
	sous total III				2 800 000
IV	Ouvrage de sécurité				
IV.1	fourniture et pose des vannes de vidange	U	3	150 000	450 000
IV.2	fourniture et pose des ventouses	u	3	150 000	450 000
	sous total IV				900 000
V	Robinetterie				
V.1	Borne fontaine complète avec un robinet de puisage; compteur volumétrique; raccord; joints; accessoires hydrauliques; ouvrages d'assainissements	U	3	850 000	2 550 000
V.2	Abreuvoir complet avec 3 robinets de puisage; compteur volumétrique; raccord; joints; accessoires hydrauliques; ouvrages d'assainissements	U	6	1 650 000	9 900 000
	sous total V				12 450 000
VI	équipement d'exhaure et d'énergie				
VI.1	Fourniture et pose de groupe électrogène	U	1	5 000 000	5 000 000
VI.2	Fourniture et pose d'une électropompe immergé et pastille de chlore	U	1	2 450 000	2 450 000
	sous total VI				7 450 000
VII	locaux				
VII.1	local pour le groupe électrogène et le gardien	Ens	1	2 550 000	2 550 000
VII.2	Etudes, suivi et contrôle des travaux	Ens	1	8 000 000	8 000 000
	sous total VII				10 550 000
	Total hors taxe				218 024 944
	Montant TVA (19%)				41 424 739,4
	Total toutes taxes comprises				259 449 683