

A solid yellow square is positioned to the left of the main title.

**ÉTUDE DU POTENTIEL DE REDUCTION DES FACTURES
D'EAU DU PETIT SEMINAIRE DE PABRE (BURKINA FASO)**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGÉNIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE
SPECIALITE : INFRASTRUCTURES ET RÉSEAUX HYDRAULIQUES**

Présenté et soutenu publiquement le 07 Juillet 2017 par :

ALHAMED WAFAZOU Moussa

Travaux dirigés par :

M. Bèga OUEDRAOGO,

Ingénieur de l'Équipement Rural ;

DESS en Génie Sanitaire ;

Enseignant AEP/Pompes et Station de Pompage à 2iE

Dr. Kokouvi Edem N'TSOUKPOE, Enseignant-Chercheur à 2iE

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Angelbert Chabi BIAOU

Membres et correcteurs : M. Moussa OUEDRAOGO

M. Moussa FAYE

M. Bèga OUEDRAOGO

Promotion [2015/2016]

CITATIONS

« Ceux qui savent combien l'eau est précieuse surfent sur les bons conseils »
(CREAQ(Centre Régional d'Eco-énergétique d'Aquitaine), 2008).

DÉDICACES

Je dédie ce travail à mes très chers parents, mes frères et sœurs et à toute ma famille pour avoir cru en ma modeste personne et m'avoir accordé leur soutien inconditionnel.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à remercier le Bon Dieu, Seigneur du trône sublime de m'avoir accordé longue vie et santé, conditions nécessaires pour la réalisation de ce mémoire. Nous tenons à remercier particulièrement :

- ✚ L'État nigérien pour avoir financé ces années de formation au 2iE ;
- ✚ Mes encadreurs Monsieur OUEDRAOGO Urbain Bèga enseignant à 2iE, Dr Kokouvi Edem N'TSOUKPOE, Enseignant-Chercheur à 2iE ceux-là mêmes qui ont bien voulu me témoigner de leur confiance en me confiant cette étude et qui ont été d'un concours indispensable dans son aboutissement, qu'ils trouvent ici notre sincère reconnaissance ;
- ✚ L'Abbé Herman YAOGO responsable du site de Petit Séminaire de Pabré pour son aide précieuse et ses multiples conseils dans la réussite de ce travail, sans oublier toutes les personnes ressources du Petit Séminaire qui nous ont aidés lors de notre stage.
- ✚ Chef du laboratoire (LEDES) Dr Yacouba KONATE pour nous avoir permis de réaliser nos analyses au sein du laboratoire LEDES ;
- ✚ Au personnel du Laboratoire LEDES, M. Sohamai HEMA, M. Noël TINDOURE, M. Moustapha OUEDRAOGO, pour leur accompagnement lors de la réalisation des analyses ;
- ✚ Dr MAHAMADOU Koïta pour ses encouragements et conseils ;
- ✚ Le personnel et le corps enseignant de la fondation 2iE pour la qualité de l'enseignement dont nous avons bénéficié au cours de notre formation ;
- ✚ Le Peuple Burkinabè pour notre séjour au Pays des Hommes Intègres ;
- ✚ À mes compatriotes, collègues et amis de la promotion Master 2015/2016 du 2iE, merci pour l'amitié et le soutien que vous m'avez apporté durant ces années passées ensemble ;

Je remercie également toutes les personnes qui ont de près ou de loin, d'une manière ou d'une autre contribué à la réalisation de ce document, qu'elles trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

RÉSUMÉ

Cette étude dont le thème est « **Étude du potentiel de réduction de la facture d'eau du petit séminaire de Pabré** » traite de la possibilité d'optimisation de la consommation du site du Petit Séminaire de Pabré afin de réduire les charges dues à la facture d'eau, mais aussi de la possibilité de traitement des eaux usées du site pour l'arrosage des aménagements paysagers.

L'étude diagnostic des installations hydrauliques et des sanitaires a permis de déceler un certain nombre des problèmes. L'analyse des factures montre une consommation irrégulière avec une moyenne mensuelle de 343 m³/mois et annuelle de 4114 m³/an pour un cout moyen annuel de 4 554 686 FCFA. Le suivi des compteurs a permis d'identifier deux compteurs défectueux (N° FD001528 ; N° 3770158). Des stratégies d'économie d'eau ont été formulées pour améliorer le réseau d'alimentation, la robinetterie et les sanitaires (utilisations des équipements hydro économes).

Pour l'étude du système de récupération et de traitement des eaux usées domestiques du site, le système de collecte choisi est le réseau d'égout à faible diamètre. Les diamètres issus du dimensionnement varient de 100 mm à 150 mm. L'analyse des paramètres physico-chimiques et microbiologiques a été faite. En termes de pollution, la DBO, la DCO, les ortho phosphates et les coliformes fécaux (respectivement 92 mg/l ; 220 mg/l ; 23,73 mg/l ; 5400 UFC/100ml) ; ne sont pas conformes les normes de rejet (respectivement 50 mg/l ; 150 mg/l ; 5 mg/l ; 2000 UFC/100 ml) en vigueur au BURKINA FASO. Un examen critique des solutions envisageables a permis de proposer un système d'infiltration percolation sur lit de sable. Le coût global du système est estimé à 9 969 490 FCFA.

Mots clés :

- 1- Équipements hydro économes**
- 2- Eaux usées**
- 3- Factures d'eau**
- 4- Économie d'eau**
- 5- Petit séminaire de Pabré**

ABSTRACT

This study whose theme is "Study of the potential reduction of water invoice of the small seminar of pabré " deals with the possibility of optimization of the water consumption of the small Seminar of Pabré to reduce loads due to the water bill, but also the possibility of wastewater treatment of the site for watering the landscaped gardens.

The diagnosis study of the hydraulic equipment and sanitation equipment's were made it to detect a certain number of the problems. The analysis of the invoices shows an irregular consumption with a monthly of 343 m³/month and annual average of 4114 m³/an at an annual average cost of 4 554 686 FCFA. The follow-up of the meters made it possible to identify two nonfunctional meters (N°FD001528; N°3770158). Water saving strategies have been formulated to improve the supply network, valves and sanitary facilities (use of retrofitting equipment).

For the study of the site's domestic wastewater collection and treatment system, the collection system chosen is the small Bore sewer system. The Diameters resulting from the dimensioning range from 100 mm to 150 mm. The physico-chemical and microbiological parameters were analyzed. In terms of pollution, BOD, COD, ortho-phosphates and fecal coliforms (respectively 92 mg / l; 220 mg / l; 23,73 mg / l; 5400 CFU / 100 ml); Do not comply with the BURKINA FASO rejection standards (respectively 50 mg / l; 150 mg / l; 5 mg / l; 2000 CFU / 100 ml). A critical examination of the possible solutions made it possible to propose a percolation infiltration system on a sand bed. The overall cost of the system is estimated at 9 969 490 FCFA.

Key words:

- 1- Retrofitting equipment**
- 2- Waste water**
- 3- Water invoices**
- 4- water saving**
- 5- Small seminar of Pabré**

LISTES DES ABREVIATIONS

AEP	Adduction en eau potable
BF	Burkina Faso
CBB	Comptoir Burkinabè du Bâtiment
CREAQ	Centre Régional d'Eco-énergétique d'Aquitaine
DBO5	Demande biochimique en Oxygène en 5 jours
DCO	Demande chimique en Oxygène
DN	Diamètre Nominal
Hab.	Habitant
HMT	Hauteur manométrique Totale
LEDES	Laboratoires Eau, Dépollution, Écosystème et Santé
MES	Matières en suspension
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONEA	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
ONU	Organisation des Nations Unies
ODD	Objectifs du Développement Durable
PMH	Pompe à Motricité Humaine
PPR	Polypropylène
PVC	Polychlorure de Vinyle
TN	Terrain Naturel
UFC	Unité Formant Colonies
VIP	Ventilated Improved Pit (Latrines Améliorées à fosses ventilées)
2iE	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

SOMMAIRE

CITATIONS	I
REMERCIEMENTS.....	III
RÉSUMÉ.....	IV
ABSTRACT	V
LISTES DES ABREVIATIONS	VI
SOMMAIRE	VII
LISTES DES TABLEAUX.....	VIII
LISTES DES FIGURES	IX
I. INTRODUCTION.....	1
1.1. Contexte et problématique.....	2
1.2. Objectifs de l'étude	3
1.3. Méthodologie adoptée	3
1.5. Présentation de la zone d'étude	4
II. ÉTUDES DES STRATÉGIES D'ÉCONOMIE D'EAU.....	7
2.1. Étude diagnostique des installations existantes	7
2.2. Analyse des factures et suivi des compteurs	11
2.3. Estimation des besoins en eau du petit Séminaire.....	17
2.4. Propositions des Stratégies d'économie d'eau	19
III. CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE RÉCUPÉRATION ET DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES POUR L'ARROSAGE DES AMENAGEMENTS PAYSAGERS ..	29
3.1. Conception et dimensionnement du réseau de collecte des eaux usées.....	29
3.2. Proposition et dimensionnement d'un système de traitement des eaux usées.....	33
3.3. Devis estimatifs et quantitatifs	39
3.4. Impacts environnementaux.....	40
IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	41
BIBLIOGRAPHIE	43
ANNEXES.....	45

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1: Résultats du diagnostic des installations intérieures	10
Tableau 2 : Facturation ONEA du site de Petit Séminaire de PABRE pour les années 2014,2015 et 2016	11
Tableau 3 : Consommation spécifique en l/j/usager en (2014 , 2015 et 2016)	13
Tableau 4: Suivi de compteurs du Petit Séminaire du 29 septembre 2016 au 07 novembre 2016.....	15
Tableau 5: comparaison entre les deux relevés de compteurs	17
Tableau 6: Besoins en eau du Petit Séminaire	18
Tableau 7 : Évaluation des économies sur les robinets lavabos du bâtiment des moyens	24
Tableau 8 : Débit de rejet par bâtiment	30
Tableau 9 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées du site de Pabré	33
Tableau 10 : Résultats du dimensionnement.....	36
Tableau 11 : Devis estimatif et quantitatif du système d'évacuation	39
Tableau 12 : Devis estimatif et quantitatif bassin d'infiltration percolation	39

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation du Petit Séminaire de Pabré	5
Figure 2 : Réservoir en béton armé avec des fuites.....	8
Figure 3: Courbes de consommations des années 2014,2015 et 2016	12
Figure 4 : Les compteurs du Petit Séminaire	15
Figure 5 : schéma du principe de récupération des eaux de pluie.....	27
Figure 6 : Réservoir de récupération d'eau de pluie	28
Figure 7 : Fuseaux granulométriques : étude CEMAGREF –DTU 64-1 (août 1998).	37
Figure 8: Robinet à bouton poussoir	49
Figure 9: Aérateur économique.....	49
Figure 10: Douchette économique	50
Figure 11: Réducteur de débit pour douche	50
Figure 12 : Réservoir à double débit	51
Figure 13 : Stop eau w.c.....	52
Figure 14 : Les éco plaquettes pour w.c.....	52
Figure 15 : Urinoir à bouton poussoir	53

I. INTRODUCTION

L'année 2015, a été marquée par l'adoption, d'un ensemble de 17 objectifs de développement durable (ODD) par les Nations Unies pour guider les États dans la mise en œuvre du programme développement durable au niveau mondial, sous régional et national. L'objectif 6 relatif à l'eau et à l'assainissement est de « garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau ».

Source de vie, l'eau est au cœur du développement durable. Les ressources en eau, ainsi que la gamme de services qu'elles peuvent rendre, contribuent à la réduction de la pauvreté, à la croissance économique et à la sauvegarde de l'environnement. Malheureusement, cette ressource n'est pas toujours disponible en quantité et en qualité. Pire, elle se raréfie de plus en plus. Si rien n'est fait, la planète devra faire face à un déficit global en eau de 40 % d'ici à 2030 selon un rapport de l'ONU publié en mars 2015 à l'occasion de la journée mondiale de l'eau (programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, 2016). Cet état de fait nous interpelle à utiliser judicieusement cette ressource à travers un changement des habitudes. Cette étude dont le thème s'intitule « **Étude du potentiel de réduction de facture d'eau du Petit Séminaire de Pabré** » s'inscrit dans le cadre de la mobilisation mondiale pour la gestion des ressources en eau et celle du Burkina Faso en particulier, à travers la mise en place des stratégies d'économie d'eau sur le site du petit séminaire de Pabré.

Le présent mémoire qui est la synthèse de cette étude est structuré comme suit :

Après une introduction générale, nous avons un premier chapitre portant sur les généralités, ensuite un chapitre relatif à l'étude des stratégies d'économie d'eau, puis un chapitre traitant de propositions de système de récupération et de traitement des eaux usées domestiques pour l'arrosage des aménagements paysagers et enfin la conclusion et les recommandations

1.1. Contexte et problématique

Fondé en 1925 par le missionnaire M^{gr} Joanny Thévenoud, le Petit Séminaire de St François de Sales de Pabré est le premier établissement secondaire du Burkina Faso. Depuis sa création, il a formé plus de 3000 professionnels dont environ 10% sont devenus prêtres et un très grand nombre de hauts cadres de l'administration burkinabè.

Le site, situé en aval de la retenue d'eau de Pabré, dispose de 3 forages qui assuraient auparavant l'alimentation en eau avec un mini- réseau de distribution et deux châteaux d'eau de volume respectifs de 10 m³ et 17 m³. Ces forages n'étaient plus productifs il y'a environ 10 ans. Suite à cela, cinq (5) autres forages ont alors été réalisés et tous se sont révélés négatifs. Finalement, le petit séminaire s'est raccordé au réseau d'eau potable de l'ONEA.

Depuis quelques années, cet établissement de formation, qui abrite environ 186 élèves, tous vivant en internat, se retrouve confronté à une augmentation de certaines charges notamment les charges dues aux factures d'eau et celles de l'électricité qu'elle souhaite voir baisser.

L'administration du petit séminaire envisage de réduire ces charges à travers une stratégie d'économie d'eau. Cette stratégie vise d'une part, la mise en place des pratiques permettant d'optimiser la consommation de l'eau, mais aussi d'avoir la possibilité de réutiliser l'eau usée domestique épurée du site pour l'arrosage des aménagements paysagers. L'administration souhaite d'autre part, être située sur une éventuelle possibilité de réhabilitation de certains anciens forages. C'est donc pour répondre à un besoin exprimé par le Petit Séminaire que ce présent mémoire dont le thème est intitulé « **Étude du potentiel de réduction des factures d'eau et d'électricité du Petit Séminaire de Pabré** » a été initié à 2iE.

1.2. Objectifs de l'étude

1.2.1. Objectif général

Cette étude a pour objectif général de contribuer à l'amélioration de l'alimentation en eau du Petit Séminaire de Pabré avec une réduction des charges liées à la facture d'eau.

1.2.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques qui constituent par la même occasion l'ensemble des tâches qui représentent notre apport personnel sont :

- Faire l'état des installations d'AEP existante
- Mettre en place des stratégies d'économie d'eau après un diagnostic général des installations existantes ;
- Proposer un système de récupération et de traitement des eaux usées domestiques pour l'arrosage des aménagements paysagers ;

Les résultats attendus sont :

- Etat de lieux des installations intérieures et du réseau de distribution,
- Actualiser le plan du réseau de distribution du site du petit séminaire et l'optimiser par l'installation des équipements de gestion et de suivi de consommations (vannes de sectionnement, compteurs, ...)
- Pallier aux insuffisances constatées sur les installations intérieures, par utilisations des équipements adéquats et plus performants.
- Dimensionner un système de récupération et de traitement des eaux usées domestiques du site avec une estimation du coût de réalisation.

1.3. Méthodologie adoptée

Afin de mener à bien notre étude et d'apporter des réponses simples et adéquates aux différents volets, notre méthodologie a été axée sur trois grandes phases :

Phase préliminaire : ou Phase de synthèse documentaire

Dans cette phase, l'objectif est d'avoir une vision globale des différentes parties du travail qui devraient être abordées tout au long de l'étude. Il s'agit de :

- Comprendre les termes de références sur les différentes thématiques qui sont abordées tout au long de l'étude.
- Réaliser des entretiens avec les responsables du site d'étude ainsi que les acteurs intervenant dans la gestion des infrastructures hydrauliques ;

- Consulter les documents disponibles au niveau du site d'étude (factures, fiches techniques des forages, plan topographique, etc.) ;
- Faire des recherches sur les différents volets qui seront évoqués au niveau du centre de documentation de la Fondation 2iE en consultant (documents, anciens mémoires...) et sur l'internet ;

Phase de terrain :

Cette phase est consacrée aux :

- Visites de terrain,
- Diagnostic des installations hydrauliques (réseau de distribution, installations intérieures (robinetteries et sanitaires), suivi des compteurs, afin de proposer des stratégies adéquates d'économie d'eau,
- Collecte des données nécessaires pour étude de faisabilité de la mise en place d'un système de récupération et de traitement des eaux usées domestiques.

Phase de traitement des données :

Cette phase permettra de :

- Faire l'analyse et le traitement des données de terrain ;
- Faire des propositions sur les différents volets évoqués.
- Rédiger le mémoire.

1.4. Matériels utilisés

Dans cette partie, des logiciels ont été utilisés pour la réalisation des plans, cartes et dessins d'illustrations. Il s'agit de : Google Earth, Arcgis 10.1, Autocad 17 et Excel.

1.5. Présentation de la zone d'étude

1.5.1. Localisation de la zone d'étude

Le Petit Séminaire St François de Sales est situé dans la commune de Pabré (**Figure 1**) dans la province du Kadiogo, Région du Centre. Il se trouve à 22 km de Ouagadougou, à peu près 7 km de 2iE Kamboinsé sur l'axe Ouagadougou-Kongoussi, route Nationale 22 juste après la plaque de la commune de Pabré. Il est accessible par une voie d'accès d'environ 1,2 km.

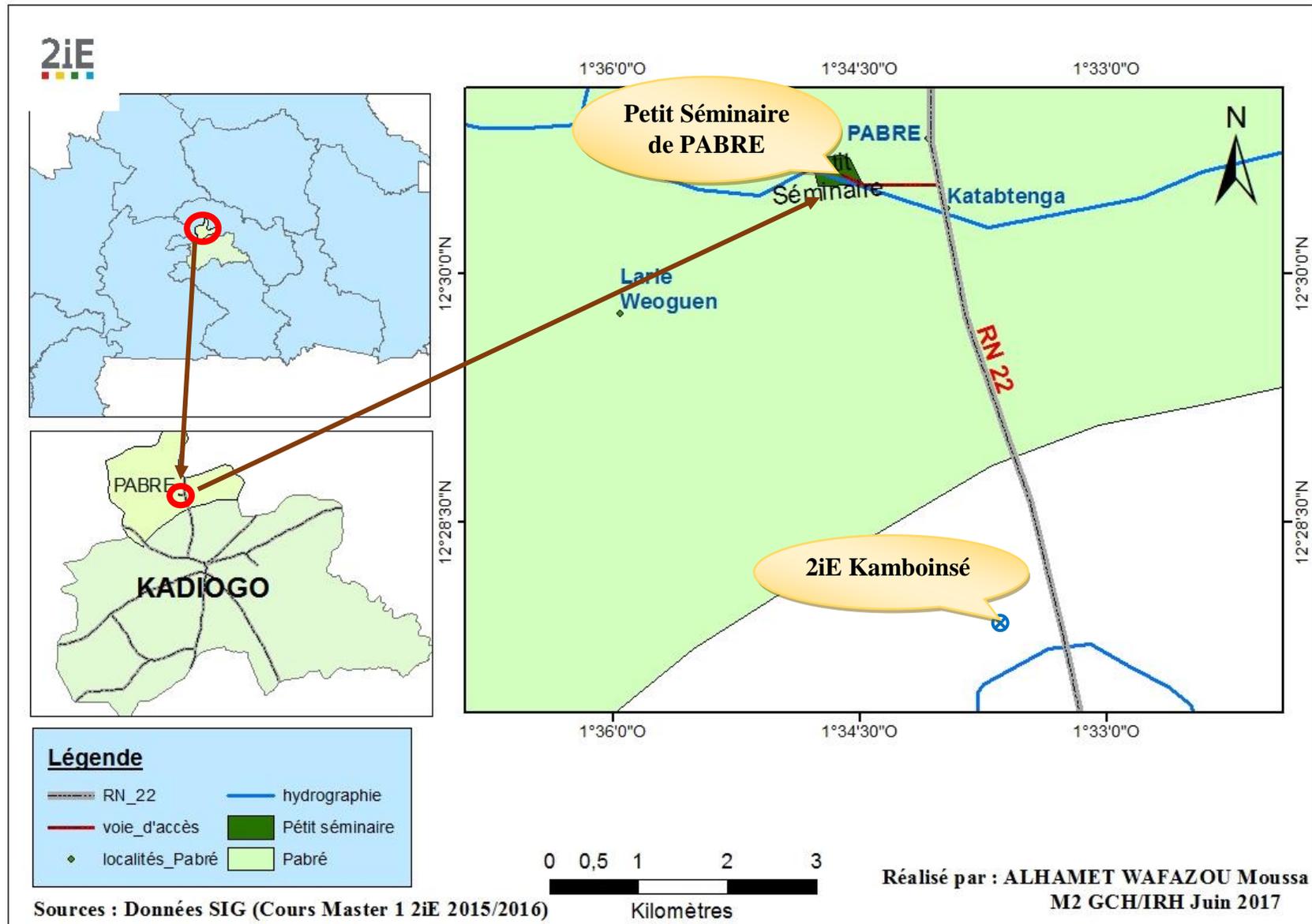


Figure 1 : Carte de localisation du Petit Séminaire de Pabré

1.5.2. Climat sols et végétation

Appartenant à la zone dite soudano sahélien, la commune de Pabré se caractérise par un climat tropical sec à deux saisons en alternance : une saison pluvieuse de 4 mois qui s'étend de juin à septembre et une saison sèche longue de 8 mois qui va d'octobre à mai dominée par les vents d'harmattan. Les mois les plus pluvieux sont juillet et août avec des chutes de pluie excédant rarement les 800 mm.

Pour ce qui est des températures, la période la plus chaude va de mars à mai et les mois les plus frais sont décembre et janvier.

Les sols sont essentiellement ferrugineux tropicaux, de type latéritico-argileux reposant sur une grande masse de granité fissuré. Ces sols sont généralement pauvres, fragiles et par conséquent vulnérables à l'érosion (WaterAid-BF et Emesa, 2009) .

La formation végétale dominante est la savane arbustive claire parsemée de quelques grands arbres et strates herbacées. Cette végétation d'arbres, d'arbustes épineux et d'herbacées annuelles est clairsemée du fait de son exploitation intense pour les besoins domestiques, artisanaux et de construction. Le long des cours d'eau temporaires s'est développée une savane boisée.

1.5.3. Relief et Hydrographie

Le relief de la commune est celui du plateau central caractérisé par une pénéplaine peu élevée (300 à 400 mètres d'altitude) et des plateaux cuirassés.

Le réseau hydrographique est marqué par l'absence de cours d'eau permanents. Le bassin Versant est constitué de quelques cours d'eau temporaires et des affluents du Nakambé.(WaterAid-BF et Emesa, 2009)

II. ÉTUDES DES STRATÉGIES D'ÉCONOMIE D'EAU

2.1. Étude diagnostique des installations existantes

Dans cette partie, nous nous proposons de faire un diagnostic complet du réseau de distribution ainsi que des installations intérieures (réseau de distribution, robinetteries et appareils sanitaires). L'objectif étant, à l'issue des différentes visites du terrain de dresser un état de lieux complet de ces installations afin de mieux proposer une amélioration dans le cas où elle s'avère nécessaire.

2.1.1. Diagnostic global du réseau de distribution

Le petit séminaire dispose de mini réseau AEP. Aucun plan de masse du domaine sur lequel figure le tracé dudit réseau n'est disponible. L'emplacement des conduites n'est connu que par le plombier qui l'a mis en place. L'inconvénient est que le jour où il y'aura un problème sur le réseau et que le plombier n'est pas disponible, il sera difficile de pallier au problème rapidement ou même d'isoler la partie concernée. C'est pourquoi la première tâche à laquelle nous nous sommes attelé est la réalisation de ce plan (récolement).

Nous sommes parti d'un plan réalisé à partir de Google Earth et avec l'aide du plombier qui a réalisé le réseau, nous avons pu tracer l'ensemble des conduites du réseau (**cf. Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Selon le plombier le réseau a été rénové il y a à peu près 10 ans de cela suite à beaucoup des problèmes (méconnaissance de l'emplacement des conduites de l'ancien réseau, trop de fuites, etc.) constatés sur le tout premier réseau.

Ainsi, le réseau débute avec trois conduites de transferts (**cf. Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) qui partent des compteurs aux réservoirs du petit séminaire. Ces conduites sont en PVC avec un diamètre nominal de 50 mm et un linéaire total de 1015 m. Deux de ces conduites alimentent les réservoirs et la troisième est directement branchée sur le réseau. Aucun branchement n'est constaté entre les compteurs et les réservoirs.

Les réservoirs se trouvent en amont du réseau de distribution :

- le plus ancien en béton armé est de type prismatique à section hexagonale d'une capacité estimée à 17 m³. Durant nos visites nous avons constaté de fortes fuites au niveau de ce château (Figure 2). Ce château étant le tout premier du site, il est vieillissant et donc il n'est plus étanche, car on peut constater des fissures visuelles sur les différentes parois.

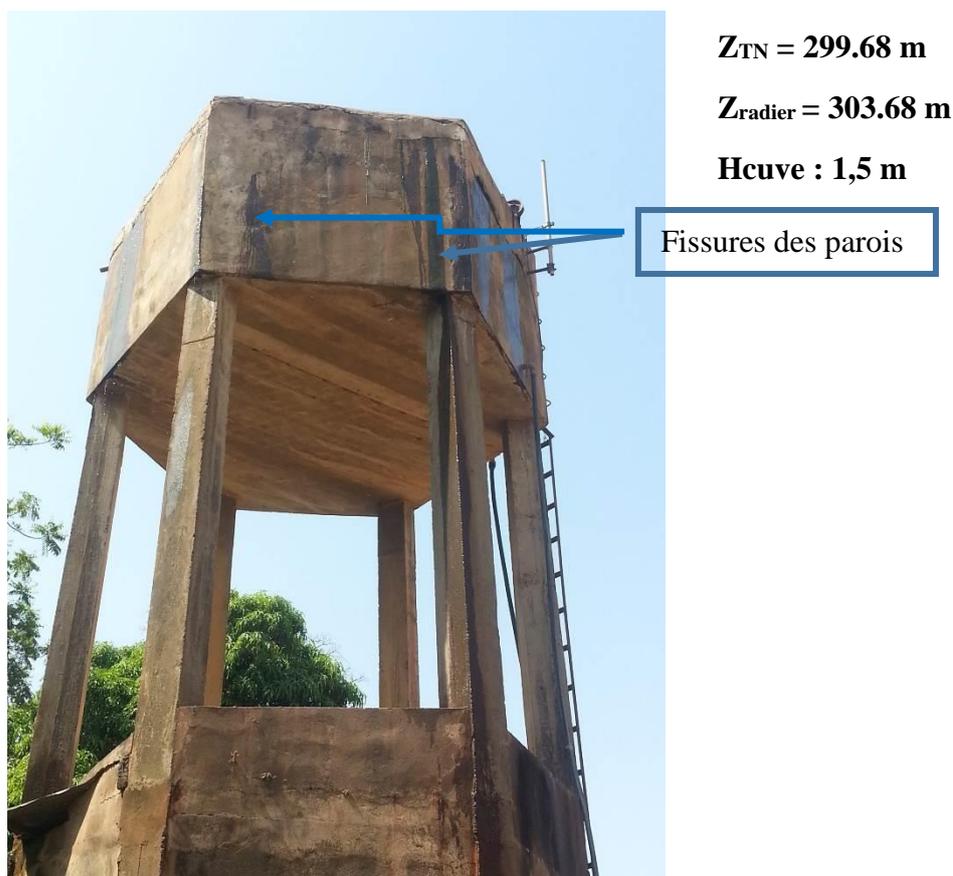


Figure 2 : Réservoir en béton armé avec des fuites

- Le plus récent est un réservoir métallique (cf. **Annexe 2**) d'une capacité estimée à 10 m³. Après les réservoirs, toutes les conduites du réseau sont en polypropylène (PPR) avec des diamètres variant de (25 à 40 mm) et un linéaire total de 861 m. Il n'y a de compteur ni à l'entrée des réservoirs ni à la sortie. Nous n'avons pas détecté la présence des appareils de mesures de débit et de pression sur tout le réseau. Les conduites de branchement pour les bâtiments ont un diamètre de 32 mm.

La recherche des fuites invisibles n'a pas été effectuée, car la seule technique que nous pouvons utiliser à défaut des appareils de recherche de fuites, est de suivre la consommation en faisant un relevé de compteurs de 22 h à 4 h correspondant à la période de non-utilisation

des différents points d'eau est de voir la différence. Malheureusement, le système du petit séminaire ne le permet pas, vu qu'au niveau des châteaux il n'y a pas des compteurs ni à l'entrée des châteaux ni à la sortie et pas du tout au niveau des bâtiments. En plus de cela, les vannes (3) qui sont aux pieds des différents bâtiments, servant à isoler tous les points de consommations ne disposent plus des têtes permettant leurs manœuvres.

2.1.2. Diagnostic des installations intérieures

Il s'agit ici de faire l'inventaire de l'ensemble des points de consommation du petit séminaire, de vérifier l'état des installations intérieures (tuyauteries, robinetteries et appareils sanitaires) afin de détecter d'éventuelles fuites apparentes. Ainsi tous les points de consommation ont été visités et se résument comme suit :

- Salles d'eau pour les différents bâtiments des élèves (bâtiment des petits, bâtiment des moyens et le bâtiment des grands) ;
- La cuisine des élèves ;
- 17 Chambres des enseignants ;
- Les installations du bâtiment administratif
- La cuisine du personnel ;
- L'infirmerie ;
- Les points de puisage dans la cour.

Tous les robinets sont de type classique à joints. Les installations intérieures sont faites en général de l'acier galvanisé avec souvent de rouilles au niveau de certaines jonctions, elles sont remplacées parfois par des tuyauteries en PPR. Les fuites n'ont pas été détectées sur ces installations mis à part quelques goutte-à-goutte et filets d'eau observés sur certains robinets dus à la non-fermeture complète du robinet. On note également le manque des robinets d'arrêt au niveau de certaines installations (Salle d'eau du bâtiment des moyens) ce qui est risqué, car en cas de panne sur ces installations il faudrait priver tout le bâtiment d'eau pour les réparer. Les robinets d'arrêt au pied des bâtiments ne possèdent plus les dispositifs de manœuvre.

Tableau 1 résume les résultats du diagnostic :

Tableau 1: Résultats du diagnostic des installations intérieures

Bâtiments	Équipements	Nombre	État
Bâtiment de petits (salle d'eau)	Colonne de douche	7	Nouvellement Installées
	Robinet de buanderie	11	Bon, mais avec goutte à goutte parfois
	Robinet lavabo	13	Bon, mais avec goutte à goutte parfois
Bâtiment de moyens (salle d'eau)	Robinet de buanderie	14	Bon
	Robinet lavabo	10	Bon, mais avec goutte à goutte parfois
	Colonne de douche	9	Bon
	WC	4	Bon, mais besoin d'entretien
	urinoir	4	Mauvais
Bâtiments de grands (salle d'eau)	Robinet de buanderie	9	Bon, mais avec goutte à goutte parfois
	Robinet lavabo	4	1 en mauvais état avec filet d'eau
	Colonne de douche	9	Bon
Chambre des enseignants	Colonne de douche	17	Bon
	Robinet de douche	17	Bon
	WC à l'anglaise	17	Bon
	Robinet lavabo	17	Bon
Bâtiment administratif	Robinet lavabo	3	Bon
	WC à l'anglaise	5	Bon
Bâtiment de vacataires	Colonne de douche	5	Bon
	Robinet de douche	5	Bon
	WC à l'anglaise	5	Bon
	Robinet lavabo	5	Bon
Infirmierie	Robinet lavabo	2	Bon
	Colonne de douche	1	Bon
	WC à l'anglaise	2	Bon
Cuisine du personnel	Robinet lavabo	3	Bon
Cuisine élèves	Robinet de puisage	3	Bon

2.1.3. Conclusion du diagnostic

À l'issue de ce diagnostic, nous faisons le constat suivant :

- Manque du plan du réseau de distribution du site que nous avons réalisé ;
- Insuffisances de certains équipements de sécurité nécessaire (vanne ; compteur au niveau des réservoirs et des différents bâtiments) au suivi et maintenance du réseau ;
- Fortes fuites au niveau du réservoir en béton armé ;
- Manque de dispositif de manœuvre des robinets d'arrêt au pied des bâtiments ;

- La robinetterie est de type classique ;
- Goutte à goutte et filets d'eau au niveau de certains robinets de salles d'eau ;
- Manque de robinet d'arrêt au niveau de la salle d'eau du bâtiment des moyens
- Insuffisance des appareils de sectionnement sur les différents tronçons du réseau ;
- Il n'y a pas de compteurs au niveau des différents bâtiments et les châteaux d'eau ;

Au vu de ces constats, il y a donc une nécessité de trouver des solutions aux différents problèmes et c'est en ce sens que nous faisons dans la suite des propositions pour améliorer l'efficacité des installations à travers des moyens efficaces et durables d'économie d'eau potable.

2.2. Analyse des factures et suivi des compteurs

2.2.1. Analyse des factures

Afin de voir l'évolution des consommations du petit séminaire, nous avons sollicité les factures d'eau disponibles et complètes du site. Ainsi les factures des années 2014,2015 et (2016 mois disponibles) ont été mises à notre disposition (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Facturation ONEA du site de Petit Séminaire de PABRE pour les années 2014,2015 et 2016

Mois	Volume facturé en m ³		
	2014	2015	2016
Janvier	359	313	
février	351	311	124
Mars	313	406	361
Avril	479	271	266
Mai	372	387	646
Juin	246	119	253
Juillet	170	172	255
Août	203	364	403
Septembre	792	358	45
Octobre	363	367	204
Novembre	286	550	212
Décembre	344	335	372
Moyenne	357	329	286
Total annuel	4278	3953	3141

La **Figure 3** présente les courbes des volumes d'eau facturés au cours des années 2014 ; 2015 et 2016.

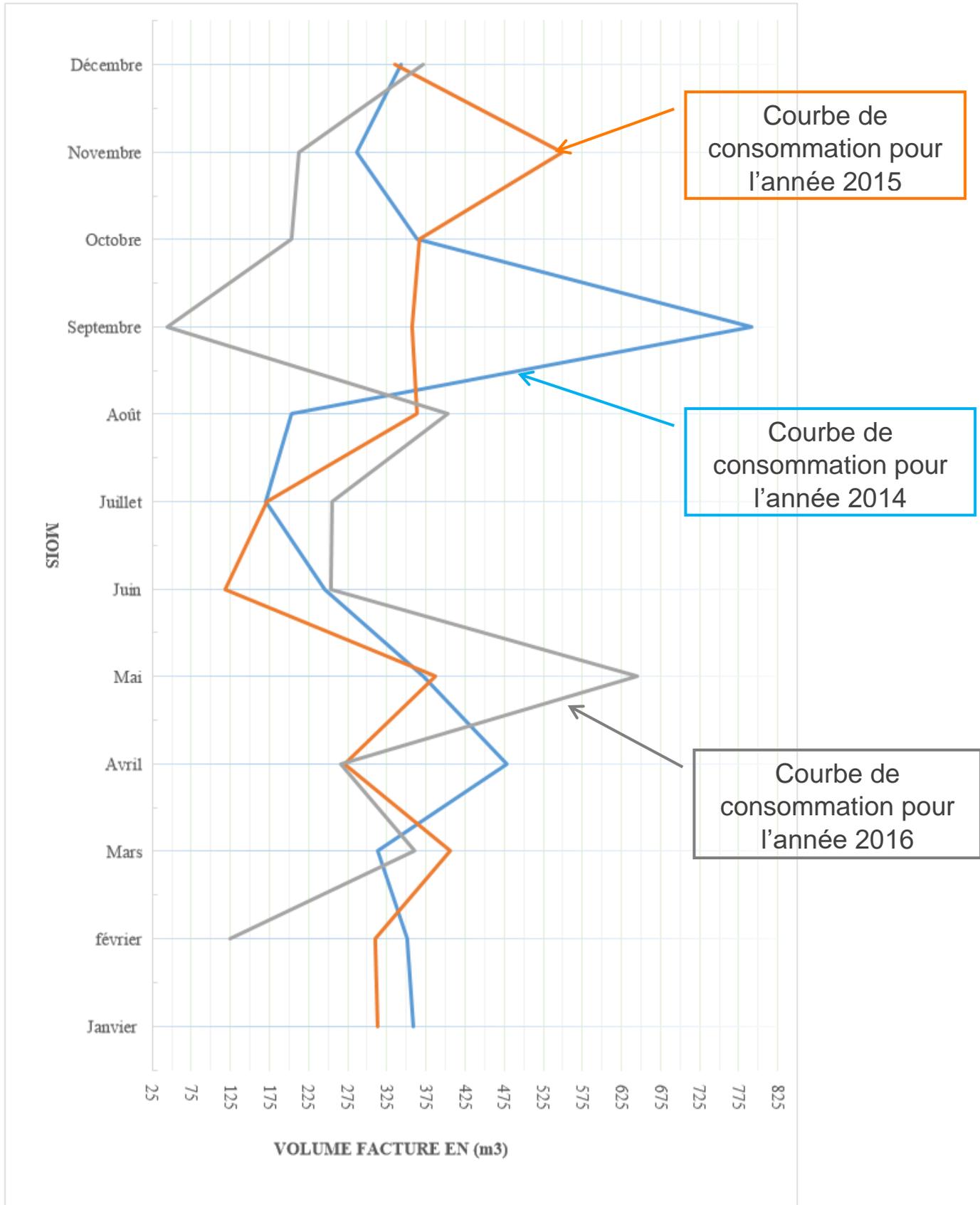


Figure 3: Courbes de consommations des années 2014, 2015 et 2016

L'analyse de la **Figure 3** montre une consommation irrégulière au cours de ces trois années. La consommation moyenne est de 357 m³/ mois pour l'année 2014 et 329 m³/mois pour l'année 2015. Les consommations annuelles en 2014 et 2015 sont respectivement de 4278 m³ et 3953 m³ avec un coût moyen annuel de 4 554 686 FCFA.

La période de faible consommation est observée au cours des mois de (juin, juillet et août) en 2014 et (juin, juillet) pour les années 2015 et 2016, ce qui est logique, car cette période correspond aux vacances du petit séminaire. Cependant, de fortes consommations ont été observées au cours de certains mois de l'année 2014 (avril, septembre), en (novembre) 2015 et en (mai) 2016, ces fortes consommations peuvent être dues à des événements inhabituels (fortes fuites dans le réseau, fuites au niveau des équipements intérieurs, erreur de comptage (en janvier 2016) etc.). Aussi un employé du site nous a notifié que parfois le nombre des hôtes qui viennent pour la retraite en période de vacances notamment en (juillet et août) fait presque le double de ceux qui vivent au petit séminaire. Ce qui explique les fortes consommations constatées pendant les mois d'août 2015 (364 m³) et d'août 2016 (403 m³). L'entretien avec un responsable de site nous fait savoir que les fortes consommations en certains mois peuvent être dues aussi à la construction d'un bâtiment de bibliothèque qui a commencé depuis 3 ans (septembre 2014, novembre 2015 et mai 2016). À partir des factures et connaissant l'effectif des élèves, des enseignants, du personnel administratif et de tous ceux qui sont internes nous avons pu déterminer la consommation spécifique sur les trois années (2014, 2015 et 2016). Le **Tableau 3** résume les résultats du calcul :

Tableau 3 : Consommation spécifique en l/j/usager en (2014 , 2015 et 2016)

Mois \ Année	2014 (l/j/usager)	2015 (l/j/usager)	2016 (l/j/usager)
Janvier	62	54	62
février	61	54	22
Mars	54	70	62
Avril	82	47	46
Mai	64	67	111
Juin	43	21	44
Juillet	30	30	44
Août	35	63	69
Septembre	136	62	8
Octobre	63	63	35
Novembre	49	95	37
Décembre	59	58	64
moyenne	61	57	50
Ecart type	15	12	18

On constate que sur les 3 ans, la consommation spécifique moyenne varie de 61 à 50 l/j/ usager avec de fortes consommations spécifiques en septembre 2014 (136l/j/usager) ; novembre 2015 (95l/j/usager) et mai 2016 (111 l/j/usager). Les faibles consommations spécifiques sont quant à elles de 30l/j/usager en juillet 2014 ; 21 l/j/usager et 8 l/j/usager en septembre 2016.

Sur les factures, nous avons aussi constaté que ces 3 derniers mois (juillet, août et septembre) un seul compteur comptabilise la consommation du petit séminaire, ce qui nous a poussé à faire un suivi des compteurs en faisant un relevé d'index chaque lundi et vendredi à partir du 29 septembre jusqu'au 07 novembre 2016 pour voir les compteurs défaillants.

2.2.2. Suivi des compteurs

Le compteur est un appareil destiné à évaluer le volume d'eau consommé par l'abonné. Il constitue un élément clé dans la distribution d'eau, son dysfonctionnement peut conduire à un sur comptage ou un sous comptage de la consommation.

Des études antérieures (Bertrand et al. 2007; Costes, A, and Y Pia. 2000; Parent 2004; Pasanisi 2004a.) ont montré que la dégradation métrologique des compteurs d'eau pourrait occasionner des imprécisions dans le comptage induisant des pertes apparentes en eau. Cela se manifesterait généralement par un sous ou sur comptage du volume d'eau consommé pouvant handicaper le gestionnaire du service de l'eau ou l'abonné dans sa gestion et dans son développement (BOUCHET, 2010). C'est pourquoi il est important de le suivre afin de prévenir la compagnie d'eau en cas de son dysfonctionnement. Ils existent deux catégories de compteurs à savoir les compteurs principaux et les compteurs divisionnaires. Le compteur principal d'une installation est celui qui est généralement raccordé avec l'arrivée d'eau destinée à desservir un site. Quant au compteur divisionnaire, c'est un compteur qui se trouve à l'aval du compteur principal destiné à compter la consommation des différentes installations d'un site.

Le Petit Séminaire de Pabre dispose de quatre compteurs **Figure 4** installés à l'entrée du site.

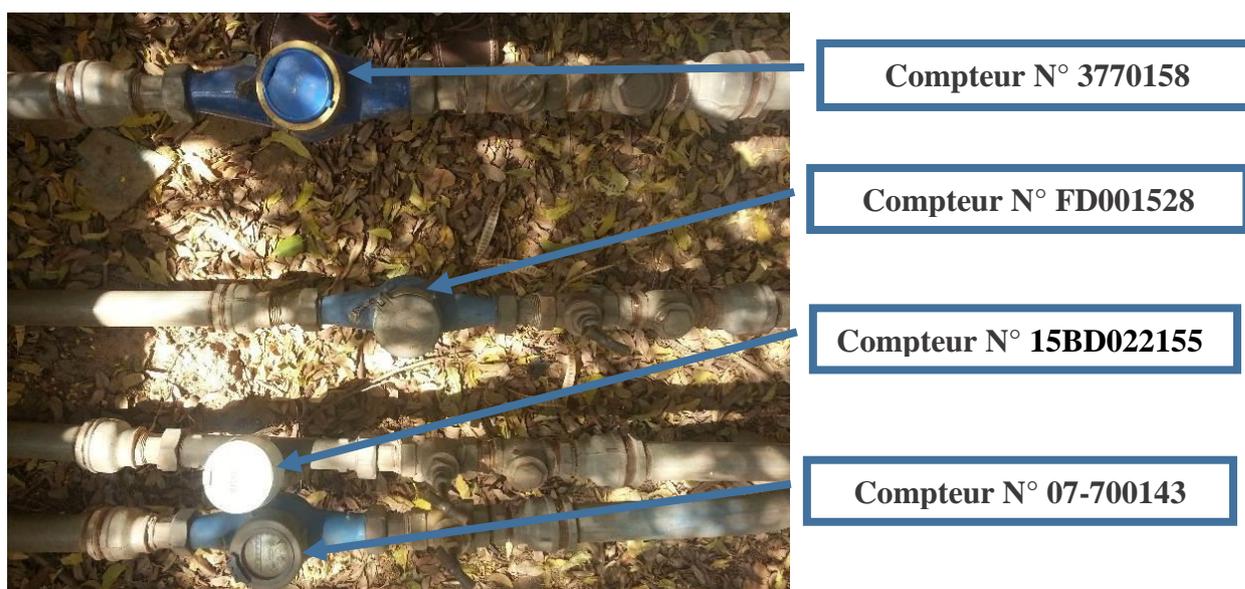


Figure 4 : Les compteurs du Petit Séminaire

Comme on le constate sur la **Figure 4**, ces compteurs ne disposent d'aucune protection. Afin de nous assurer du fonctionnement de ces compteurs, nous avons effectué un suivi sur la période du 29 septembre 2016 au 07 novembre 2016. Le choix de cette période n'est pas fortuit, car nous voulions aussi être dans la fourchette de relevé d'index de l'ONEA afin de comparer nos résultats avec ceux de facturation de la période. Les résultats de ce suivi se présente dans le **Tableau 4** suivant :

Tableau 4: Suivi de compteurs du Petit Séminaire du 29 septembre 2016 au 07 novembre 2016

	Index des compteurs			
	Compteur N° 07-700143 (m ³)	Compteur N° 15BD022155 (m ³)	Compteur N° FD001528 (m ³)	Compteur N° 3770158 (m ³)
29/09/2016	18140	916	20318	00000
03/10/2016	18149	916	20318	00000
07/10/2016	18153	916	20318	00000
10/10/2016	18154	916	20318	00000
14/10/2016	18156	925	20318	00000
17/10/2016	18157	939	20318	00000
21/10/2016	18159	959	20318	00000
24/10/2016	18160	975	20318	00000
29/10/2016	18160	1000	20318	00000
07/11/2016	18171	1050	20318	00000

Le constat qui ressort à première vue de ce **Tableau 4**, est que l'index des compteurs (N°FD001528 et le N°3770158) reste inchangé durant tout notre suivi, celui du compteur N°15BD0022155 a commencé à varier après le relevé du 10 octobre 2016.

Pour remonter à l'index afficher par ces différents compteurs non fonctionnels, nous avons consulté les factures mises à notre disposition. Sur ces factures, nous constatons que l'index du compteur N° FD001528 est resté inchangé depuis le 12 juillet 2016 (date de relevé de facture par l'ONEA) jusqu'à la fin de notre suivi (le 07 octobre 2016), presque 4 mois de dysfonctionnement, en plus de cela la lecture est difficile on voit même de l'eau dans le cadran du compteur. Celui du compteur N°15BD0022155 a varié d'1 m³ du 12 juillet au 10 octobre 2016, ce qui n'est pas logique, car bien que cette période soit une période des vacances, il y'a eu des retraites qui ont occasionné la consommation de 255 m³ en juillet et 403 m³ en août. Toutes ces consommations ont été comptabilisées par le Compteur N° 07-700143. Ce dernier, le plus ancien des compteurs, devient difficile à relever du fait des impuretés cachant une partie de son cadran. Aucune vérification n'a été faite pour ces compteurs pour voir les raisons du dysfonctionnement et les factures ne contiennent que les redevances liées à ces compteurs.

Quant au compteur N° 3770158 que nous trouvons sur le site, mais pas sur les factures, selon le plombier gérant des infrastructures hydrauliques du petit séminaire, ce compteur a été juste installé, mais il n'est pas branché sur le réseau donc il n'est pas facturé. Par contre, un autre compteur (N°15BD0022151) est installé depuis juillet 2015 selon les factures, mais que nous ne trouvons pas sur le site du petit séminaire. Depuis son installation en juillet 2015, il n'a comptabilisé aucune consommation, pas même 1 m³. Seules les redevances sont payées chaque mois pour ce compteur. Au regard de tout ceci, nous faisons le constat suivant :

- Deux compteurs défectueux (N° FD001528 ; N° 3770158)
- La redevance de 21 240 FCFA est facturée pour le compteur (N°15BD0022151) depuis la date de son installation d'après les factures en juillet 2015 alors qu'il n'existe même pas sur le site.
- Le compteur N° 3770158 n'existe pas sur les factures, mais installé sur le site
- Depuis le raccordement du petit séminaire au réseau de l'ONEA, quatre compteurs ont été installés et parmi eux il y a toujours un qui n'est pas branché sur le réseau du site, mais qui est facturé.

Pour ce qui est des consommations enregistrées durant la période de notre suivi, le **Tableau 5** nous donne les index de relevés de l'ONEA et ceux de notre suivi :

Tableau 5: comparaison entre les deux relevés de compteurs

Compteurs	Relevé ONEA		Relevé suivi	
	N°07-700143 (m ³)	N° 15BD022155 (m ³)	N°07-700143 (m ³)	N° 15BD022155 (m ³)
Date du relevé	6 novembre 2016		7 novembre 2016	
Index	18189	1087	18171	1050
Date du relevé	8 décembre 2016		8 décembre 2016	
Index	18247	1241	18240	1221

En analysant ce tableau, nous constatons que pour tous les deux compteurs, les index de l'ONEA sont supérieurs à ceux de notre suivi. Ce qui n'est pas logique, car le relevé de l'ONEA s'est effectué un jour (6 novembre 2016) avant notre relevé (7 novembre 2016) .la différence est de 55 m³ pour les deux compteurs ce qui représente en termes de coût 49 069 FCFA.

Pour les relevés effectués le 8 décembre 2016, ils peuvent être logiques, car nous faisons notre relevé tôt le matin et donc si celui de l'ONEA a été fait dans la soirée ça peut justifier les différences obtenues.

La consommation enregistrée durant notre suivi (165 m³) représente moins de la moitié de celles du mois d'octobre des années antérieures issus des factures soit 363 m³ d'octobre 2015 et 367 m³ en d'octobre 2015. Vu les différences observées, il est important d'accorder une importance capitale au suivi des compteurs. C'est pourquoi dans la suite de notre travail nous faisons des propositions pour améliorer le système de comptage.

2.3. Estimation des besoins en eau du petit Séminaire

L'objectif de cette évaluation est de voir les écarts entre le volume facturé par l'ONEA et les besoins globaux du petit séminaire. Il s'agit d'une opération délicate, du fait qu'elle dépend de la manière dont on se sert de l'eau. Par exemple la quantité nécessaire pour une douche varie d'un usager à l'autre. L'évaluation dépend aussi du matériel employé, par exemple l'importance de la chasse dépend du volume du réservoir des WC.

Au petit séminaire les besoins en eau essentiels sont les besoins domestiques des élèves et du personnel permanent, c'est-à-dire les besoins pour : la boisson, l'hygiène corporelle, la cuisine, la vaisselle, la lessive. À ceux-là s'ajoutent, les besoins pour le lavage des véhicules qui ne sont pas aussi significatifs, car par jour c'est au plus 3 véhicules qui sont lavées (60l/véhicule) selon l'employé en charge du lavage de véhicule. La consommation du personnel non permanent dans le Petit Séminaire étant faible elle n'est pas prise en compte dans cette évaluation.

Les résultats de nos différents entretiens combinés avec les données de la littérature nous ont permis d'évaluer les besoins en eau du petit séminaire. Les résultats se présentent dans le **Tableau 6**.

Tableau 6: Besoins en eau du Petit Séminaire

nature du consommateur	Nombre	unité	Besoins unitaires		Besoins journalier	
			Quantité	Unité	Quantité	Unité
élèves	182	habitants	57	l/jr/hab.	10,37	m ³ /j
Enseignant permanent	9	habitants	60	l/jr/hab.	0,54	m ³ /j
infirmierie	4	lit	10	l/jr/lit	0,04	m ³ /j
Cuisine (préparation et lessive)	3	repas	100	l/repas	0,3	m ³ /j
lavage véhicule	3	véhicule	60	l/véhicule	0,18	m ³ /j
Total					11,43	m ³ /j
					343,02	m ³ /mois

Donc les besoins journaliers du petit Séminaire sont estimés à **11,43 m³/jour** ce qui fait **343,50 m³/mois**. Cette valeur est inférieure à la moyenne de consommation de l'année 2014 (**357 m³/mois**), mais supérieure à la consommation moyenne de l'année 2015 (**329 m³/mois**).

2.4. Propositions des Stratégies d'économie d'eau

Après l'étude diagnostique, l'analyse des factures et l'évaluation des besoins, nous envisageons dans cette partie de faire des propositions de stratégies d'économie d'eau. Ces stratégies d'économie d'eau se résument en deux grands types :

- La stratégie passive générée par l'utilisation des équipements hydro économes, la réduction de la pression au niveau des installations où elle s'avère élevée. Une fois mise en place l'utilisateur n'a pas d'action particulière à faire. Les résultats sont quantifiables à court terme.
- La stratégie active générée par un suivi régulier des installations et surtout les compteurs, la sensibilisation des usagers afin que ceux-ci changent leurs comportements vis-à-vis de l'utilisation des équipements. Cette stratégie intègre aussi la maintenance des équipements. Les résultats sont obtenus à long terme.

Avant de détailler ces stratégies, nous allons d'abord faire une proposition d'amélioration du réseau de distribution (système de comptage ; ajout et modification des conduites). Ensuite, nous présentons les stratégies à adopter dans le cadre de cette étude et enfin, nous faisons une étude de cas des économies réalisées si ces propositions sont adoptées. L'application de ces propositions permettra de faire des économies substantielles d'eau à court et long terme engendrant ainsi la réduction des factures d'eau.

2.4.1. Proposition d'amélioration du réseau de distribution

➤ Amélioration du système de Comptage

Dans la partie diagnostique, nous avons noté l'existence de quatre compteurs au niveau du site de petit séminaire dont deux seulement sont fonctionnels. Sachant que la tarification de l'ONEA est progressive, il est plus économique pour le site de fonctionner avec quatre compteurs raccorder deux à deux aux deux châteaux du site comme proposer sur le plan en **Annexe 3**. À titre d'exemple, la consommation globale du mois de novembre 2016 enregistrée par les deux compteurs fonctionnels est de **212 m³** pour un prix **224 822 FCFA**, si la même consommation est mesurée par tous les quatre compteurs du site et que chaque compteur à au moins enregistrer 25 m³ alors la facture devient **204 822 FCFA** soit une réduction de **20 000 FCFA** pour le même mois. C'est pourquoi il est important pour le site de notifier à l'ONEA les compteurs défectueux pour une réparation ou un remplacement, et faire une demande d'étalonnage pour les compteurs fonctionnels afin qu'ils puissent mieux accomplir leurs fonctions. Les frais d'étalonnage ONEA se lèvent à 2 000 FCFA pour les compteurs de calibre inférieur ou égal 30 mm et 5 000 FCFA pour les calibres supérieurs.

Nous avons relevé aussi un manque des compteurs au niveau des différents bâtiments, ainsi pour contrôler les consommations, optimiser la gestion du réseau et faciliter la détection des fuites nous proposons de mettre en place des compteurs divisionnaires au niveau des différents bâtiments à la charge du petit séminaire. Il est nécessaire aussi d'installer un compteur à la sortie de chaque réservoir pour avoir une idée du volume réellement distribué. Compte tenu de la consommation du site, nous proposons de mettre en place les compteurs divisionnaires dont les caractéristiques se résument comme suit :

Choix des Compteurs divisionnaires pour les 4 Bâtiments et la cuisine des élèves

Marque Itron (Type Aquadis +)	
Précision de classe C	
Calibre DN	15 mm
Pression maximale	16 bars
Debit permanent	2,5 m ³ /h
Debit maximal	3,125 m ³ /h
Debit de démarrage	< 1/h

Choix des Compteurs à la sortie des réservoirs

Marque Itron (Type Aquadis +)	
Précision de classe C	
Calibre DN	20 mm
Pression maximale	16 bars
Debit permanent	4 m ³ /h
Debit maximal	5 m ³ /h
Debit minimal	10 l/h

L'emplacement de ces différents compteurs est matérialisé sur le plan du réseau en **Annexe 3**.

Tous ces compteurs seront installés dans des regards et fermés à clé pour les protéger contre des manœuvres externes. En cas de blocage d'un des compteurs principaux, informer immédiatement l'ONEA pour vérification. En fin, un relevé périodique (au moins deux fois par mois) de ces compteurs à l'aide des fiches (**cf. Annexe 5**) conçues à cet effet, permettra en plus des avantages cités plus haut de comparer les volumes consommés avec ceux facturés par l'ONEA pour pallier aux problèmes de surfacturations.

➤ Ajout et modification des conduites sur le réseau

Dans le but de mettre en place les nouveaux compteurs divisionnaires au niveau des différents bâtiments, nous proposons de rénover les branchements au niveau des bâtiments des petits et celui des grands. Ces bâtiments ayant auparavant deux conduites de branchements sur le réseau, ceci permettra d'avoir une conduite de branchement sur laquelle sera installée le compteur. Ces conduites seront en PPR 32 mm avec un linéaire de 48 m pour le bâtiment des

moyens et 15 m pour celui des petits. Elles sont matérialisées en rouge sur le réseau en **Annexe 3**.

Comme appareils de sectionnement, nous proposons la mise en place des vannes de sectionnement sur les différents tronçons du réseau pour permettre de les isoler en cas de fuites. Elles sont positionnées sur le réseau en **Annexe 3**.

2.4.2. Proposition des robinetteries et appareils sanitaires économes

Lors du diagnostic des installations intérieures, nous avons fait cas des fuites au niveau de certains robinets (goutte à goutte ; filet d'eau, cf. **Tableau 1**) dû à une fermeture partielle du robinet, cela peut paraître faible en termes de perte, mais L'ONEA à estimer ces genres de fuites (OR BLUE 2016) au niveau d'un robinet comme suit :

- goutte à goutte = 100 l/J = 3 m³/ mois, soit une estimation de 1818 FCFA/mois.
- mince filet d'eau = 400 l/J = 12 m³/ mois, soit une estimation de 4701 FCFA/mois.
- filet d'eau = 1500 l/J = 45 m³/ mois, soit une estimation de 30 044 FCFA/mois.

Pour lutter contre ce genre de fuites et réduire l'utilisation des forts débits (minimum 12 l/min pour le matériel classiques) induisant l'utilisation de plus d'eau qu'il en faut (par exemple pour laver les mains), l'utilisation des matériels hydro économes est plus que nécessaire comme stratégies d'économie d'eau. Dans la suite, nous donnerons un aperçu de quelques-uns de ces matériels avant de proposer ceux retenus dans le cadre de cette étude.

2.4.2.1. Aperçu de quelques matériels hydro économes

Une multitude d'appareils existe aujourd'hui. Un aperçu de quelques-uns de ces appareils qui ne seront pas forcément choisis pour cette étude a été présenté en (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ce choix dépendra de la performance ; de l'adaptation et de la disponibilité du matériel sur le marché local.

2.4.2.2. Matériels hydro économes retenus dans le cadre de cette étude

La technologie des matériels hydro économes constitue une des alternatives adaptée et efficace pour lutter contre le gaspillage d'eau. Elle fait partie des mesures urgentes d'économies d'eau. Après avoir donné un aperçu de quelques matériels hydro économes, à présent nous allons présenter ceux retenus dans le cadre de cette étude. Le matériel devra être sélectionné en fonction des critères définissant, son coût, son efficacité, sa disponibilité sur le marché local et le respect des habitudes locales.

D'après le type de matériel rencontré sur le site, nous faisons la proposition de remplacement au niveau des postes suivants :

- Changer les matériels des salles d'eau au niveau des différents bâtiments, notamment pour les robinets lavabo qui sont de type classique trouvé souvent ouvert partiellement. Comme matériels adaptés nous préconisons la mise en place des robinets à bouton poussoirs que les usagers n'ont pas besoin de refermé ou serré trop fortement au point d'en écraser et détériorer rapidement garniture.
- Au niveau des chambres des enseignants, les douchettes et réservoirs simples classiques seront remplacés par des matériels hydro économes plus performants. Ainsi, il serait intéressant de placer des aérateurs au niveau des robinets lavabos, mais du fait de l'indisponibilité au niveau local (sauf sur commande) nous préconisons l'installation des robinets poussoirs bien que le confort des usagers en sera diminué.
- Les réservoirs de chasse actuels sont utilisés aussi bien pour les selles que pour les urines. De ce fait, la même quantité est utilisée soit 9 à 10 litres/utilisations. Pour pallier cet inconvénient, nous préconisons de mettre en place les réservoirs de chasse à double débit ou adapté les anciens réservoirs par le mécanisme double débit accompagné de fiches signalétiques guidant l'utilisateur pour l'utilisation en fonction de ces besoins. Cette mesure ne concerne que les chambres des enseignants situés au niveau des bâtiments des élèves et le bâtiment administratif où nous rencontrons ce genre d'équipement.
- Quatre urinoirs et quatre WC simples commandes ont été répertoriés au niveau des bâtiments des moyens, mais les urinoirs ne sont pas en bon état. Nous proposons de mettre en état ces urinoirs et de les équiper avec des systèmes à bouton poussoirs réglé à 0,5 litre/utilisations. Ceci permettra de conserver les WC simples commandes et les utiliser que pour les selles.
- Quant à la cuisine des enseignants, les robinets lavabos seront remplacés aussi par des mitigeurs mécaniques. Ces derniers sont pourvus d'une seule commande permettant à la fois de régler le débit et la température. Ils sont adaptés aux utilisations intensives.

Pour vérifier la disponibilité du matériel localement, nous avons fait des enquêtes et il ressort de ces enquêtes que le Comptoir Burkinabé du Bâtiment (CBB) qui est spécialisé dans la commercialisation du matériel de plomberie dispose de ces matériels à des prix abordables avec une garantie allant de 1 à 4 ans selon le matériel. Nous recommandons si possible d'acheter les équipements au niveau du CBB qui est un fournisseur connu.

2.4.3. Évaluation des économies

Après le choix du matériel hydro économe, on doit évaluer les économies auxquelles s'attendre en cas de mise en place de cette stratégie. Ces économies seront évaluées en fonction de la performance des équipements, l'on doit veiller à l'élimination des fuites sur les installations intérieures, mais aussi et surtout exhorter les usagers au changement des comportements vis-à-vis de l'utilisation de ces équipements. Pour le calcul des économies, la procédure suivante sera adoptée. Elle sera appliquée pour le bâtiment des Petits. Les prix considérés sont ceux du Comptoir Burkinabè du Bâtiment (CBB) à la date du 1er février 2017. On considère dans cet exemple d'évaluation, le cas où tous les robinets lavabo classique du bâtiment des petits seront remplacés par des robinets à bouton poussoir économe de 6 litres par minutes.

Données utilisées (cf. Tableau 1)

- Nombre de robinets (**a**) = 13
- Nombre d'usagers (**b**) = 50
- Nombre du jour ouvrable du bâtiment (**c**) = 365
- Nombres d'utilisations par jour (**d**) = 3
- Temps d'utilisation à chaque usage (**e**) = 1 minute
- Débit d'un robinet classique (**f**) = 12 litres par minutes sous 3 bars
- Débit d'un robinet classique (**g**) = 6 litres par minutes sous 3 bars
- Coût du m³ en fonction des tranches de tarifications de l'ONEA

Tarification de l'ONEA en 2016¹

(Particuliers et retraités)

Tranche 1 : 0 - 8 m³ 188 FCFA/m³

Tranche 2 : 9 - 15 m³ 445 FCFA/m³

Tranche 3 : 16 -25 m³ 535 FCFA/m³

Tranche 4 : + 25 m³ 1070 FCFA/m³

- Prix du robinet lavabo plus pose (**h**) : 30000 (cf. CBB)

Calculs :

Les résultats du calcul se résument dans le **Tableau 7**:

¹ <http://oneabf.com/les-tarifs/>

Tableau 7 : Évaluation des économies sur les robinets lavabos du bâtiment des moyens

Evaluation de l'economie pour la robinetterie				
Données nécessaires			Calculs et resultats	
	Valeurs	Indices		
Nombres de robinets considérés	13	a	Consommations d'eau pour l'ensemble des robinets par an	
			Materiel classique	
nombre d'usagers	50	b	Cmc	496,8
			Coût annuel de l'eau	
nombre de jour Ouvrable du batiment par an	276	c	Cac (fcfa)	514795
			Materiel economie	
nombre d'utilistion des robinets par jour	3	d	Cme	248,4
			Coût annuel de l'eau	
Temps d'utilisation à chaque usage (en minute)	1	e	Cae (fcfa)	249007
			Economie réalisée	
Consommation d'eau à chaque utilisation (l/mn)	12	f	E (fcfa)	265788
			Investissement réalisé	
Consommation d'eau à chaque utilisation (l/mn)	6	g	I	416000
			Temps de retour sur investissement (ans)	
Coût d'achat du dispositif + pose	32000	i	T	1,6

Formules

Cmc = Consommation du matériel classique

$$Cmc = \frac{b \times c \times f}{1000} \times d \times e$$

Cme = consommation du matériel économe

$$Cme = \frac{b \times c \times g}{1000} \times d \times e$$

CAC = Coût annuel de l'eau avec le matériel classique calculer à partir de différentes tranches de tarification ONEA

CAe = Coût annuel de l'eau avec le matériel économe calculer à partir de différentes tranches de tarification ONEA

E = Economie réalisée

$$E = CAC - CAe$$

I = investissement réalisé

$$I = (i \times a)$$

T = temps de retour sur investissement

$$T = \frac{I}{E} \text{ par (an)}$$

Le temps de retour sur investissement est moins de 2 ans. Ce qui nous paraît rentable surtout quand la mise en place du matériel économique sera effective sur l'ensemble des bâtiments.

Cependant, on a beau mis en place les stratégies d'économies d'eau, l'on sera toujours confronté au gaspillage de l'eau dû à la négligence et aux dysfonctionnements de ces équipements si cela n'est pas accompagné d'une campagne de sensibilisation et d'un bon système de suivi et gestion. Du coup, il nous paraît nécessaire dans la suite de ce travail de donner quelques directives en ce sens.

2.4.4. Mise en Œuvre de la stratégie

Pour la mise en œuvre, nous préconisons d'abord de mettre en place les compteurs divisionnaires au niveau des différents bâtiments, observer la consommation des différents

bâtiments sur 2 ou 3 mois avec le matériel classique en place. Ensuite, le matériel économe sera mis en place à chaque fois qu'un matériel classique est défaillant mis à part les réservoirs de WC simples commandes qui peuvent être adaptés avec le mécanisme double commande ainsi que les urinoirs avec le modèle à bouton poussoir. Au fur et à mesure que le matériel classique est mis en place l'on constatera une baisse de la consommation en comparaison avec la consommation lorsque le matériel classique est en place. Si tel n'est pas le cas alors il faudrait vérifier le réglage des différents équipements tout en vérifiant l'état des installations.

2.4.5. Sensibilisation des Usagers

La sensibilisation des usagers est une source potentielle d'économie d'eau à long terme. En effet changer des comportements nécessite du temps, mais c'est un élément fondamental dans un programme de maîtrise de consommation. Il s'agit donc d'éduquer et de conscientiser tous les usagers de l'eau, et leur apprendre les « petits gestes » qui aident au quotidien à économisé des quantités d'eau qui, sur une longue période, sont considérables. Il s'agit entre autres :

- Sensibiliser les élèves sur l'importance de ne pas gaspiller, car ils sont les principaux consommateurs d'eau au Petit Séminaire ;
- Fermer le robinet pendant qu'on se brosse les dents, ou utiliser un récipient pour puiser l'eau et se broser les dents ;
- Ouvrir le robinet juste à un débit qui nous permet de satisfaire nos besoins surtout au niveau des points de consommation où le matériel est de type classique ;
- Ne pas trop durer sous la douche ;
- Utilisez les urinoirs au lieu des WC. Pour les urines, cette recommandation concerne surtout le bâtiment des moyens où on note l'existence de ces équipements ;
- Placer des fiches signalétiques au niveau des nouveaux équipements, par exemple au droit des WC à double débit on peut faire des affiches afin d'expliquer aux usagers qu'après un petit besoin, c'est sur la touche donnant le faible volume qu'il faut appuyer.
- Faire à l'entrée (comme à l'intérieur) des toilettes, des affiches pour inviter les utilisateurs à maintenir la propreté des équipements sanitaires surtout pour les équipements collectifs afin de garantir un cadre de vie plus sain, mais aussi faciliter l'accessibilité pour d'éventuels travaux d'entretien ou de réparation.
- Pour les élèves, désigner des responsables des salles d'eau qui auront pour tâche de signaler immédiatement un dysfonctionnement au niveau des installations ou les fuites d'eau.

2.4.6. Suivi et gestion des Équipements

La réussite durable des stratégies d'économie d'eau potable du petit séminaire passe nécessairement par un bon système de gestion, car, avec le temps, l'on a toujours tendance à baisser les bras et à laisser les choses se dégrader sans réagir à temps.

Ainsi, après la pose des compteurs divisionnaires à l'entrée de chaque bâtiment, suivre régulièrement ces compteurs en faisant un relevé au moins deux fois par mois. Si les consommations diffèrent d'une manière significative d'un mois à l'autre alors il faudrait chercher les causes, il peut s'agir d'un évènement, une fuite sur les installations ou un dysfonctionnement même du compteur qui a causé cette différence. Pallier immédiatement au problème après son identification, car plus le problème dure plus la répercussion est énorme sur les factures d'eau. Aussi il faut toujours comparer les volumes facturés par l'ONEA avec les relevés internes pour voir les différences. En témoigne la différence entre notre relevé et celui de l'ONEA pendant le mois d'octobre 2016.

Les installations intérieures ainsi que le réseau de distribution feront l'objet d'inspection régulièrement afin de prévenir d'éventuelles fuites. Procéder périodiquement à la manipulation des robinets d'arrêt pour éviter leurs blocages. Il est à signaler que la majorité des robinets d'arrêt au niveau des bâtiments ne disposent plus de tête donc il y'a nécessité de les remplacer.

La disponibilité en pièces de rechange demeure la clé de réussite de toute maintenance. En effet, les pièces de rechange doivent être suffisantes en nombre afin de permettre des interventions rapides en cas de détection d'un incident fonctionnel. Il est nécessaire d'avoir un stock de pièces de rechange surtout d'usage courant, ceci évitera les pertes d'eau importantes dues à l'existence de fuites restées plusieurs jours sans être réparées.

2.4.7. Autres stratégies d'économies d'eau

La mise en place du matériel économe ne constitue pas la seule alternative pour économiser de l'eau et réduire les montants des factures. Des stratégies comme la récupération des eaux de pluie pour le lavage des véhicules et l'arrosage des jardins, la réutilisation des eaux usées traitées constitue des techniques permettant de faire des économies substantielles d'eau. Dans cette partie, nous faisons des propositions pour la mise en place de ces techniques.

2.4.7.1. Récupération des eaux de pluie

Près de 65 % du territoire Burkinabè est situé entre les isohyètes 500 et 800 mm et l'essentiel des ressources en eau provient des pluies qui sont les seules eaux météoriques. Sur la base

d'une pluviométrie moyenne de 750 mm pour l'ensemble du Burkina, les pluies apportent chaque année près de 205 milliards de m³ d'eau (MARHASA, 2014), ce qui correspond à 7500 m³/ha/an soit 750 litres/m²/an.

De nos jours, l'utilisation de l'eau de pluie constitue un moyen d'économie d'eau de plus en plus répandu. En effet, l'eau de pluie constitue une ressource importante et idéale pour l'arrosage des plantes, mais aussi au lavage des véhicules de par sa nature physico-chimique, bactériologique, etc. Cependant, il faut mettre en place tout un système pour la récupérer.

Pour ce faire, l'eau de pluie ruisselant sur la toiture est d'abord récupérée par des gouttières, puis acheminée vers le réservoir via les descentes d'eau en PVC (cf. **Figure 5**). Un séparateur de feuilles (crapaudines métalliques) devra être placé sur la descente pour stopper les débris de feuilles susceptibles de provoquer l'engorgement des descentes. Le réservoir de récupération peut être enterré ou pas. Dans le cas du site de petit séminaire, seul le bâtiment des petits dispose d'une bache de stockage enterré. Cette bache peut recevoir non seulement les eaux de pluie provenant de ce bâtiment, mais aussi les eaux provenant de la toiture de la nouvelle bibliothèque vu sa proximité à condition qu'elle soit très bien nettoyée. Pour les autres bâtiments, nous recommandons l'utilisation des récupérateurs d'eau de pluie disponible sur le marché local (**Figure 6**) plus économique que la construction d'une bache en béton armé. Leurs coûts varient en fonction de la capacité de stockage.

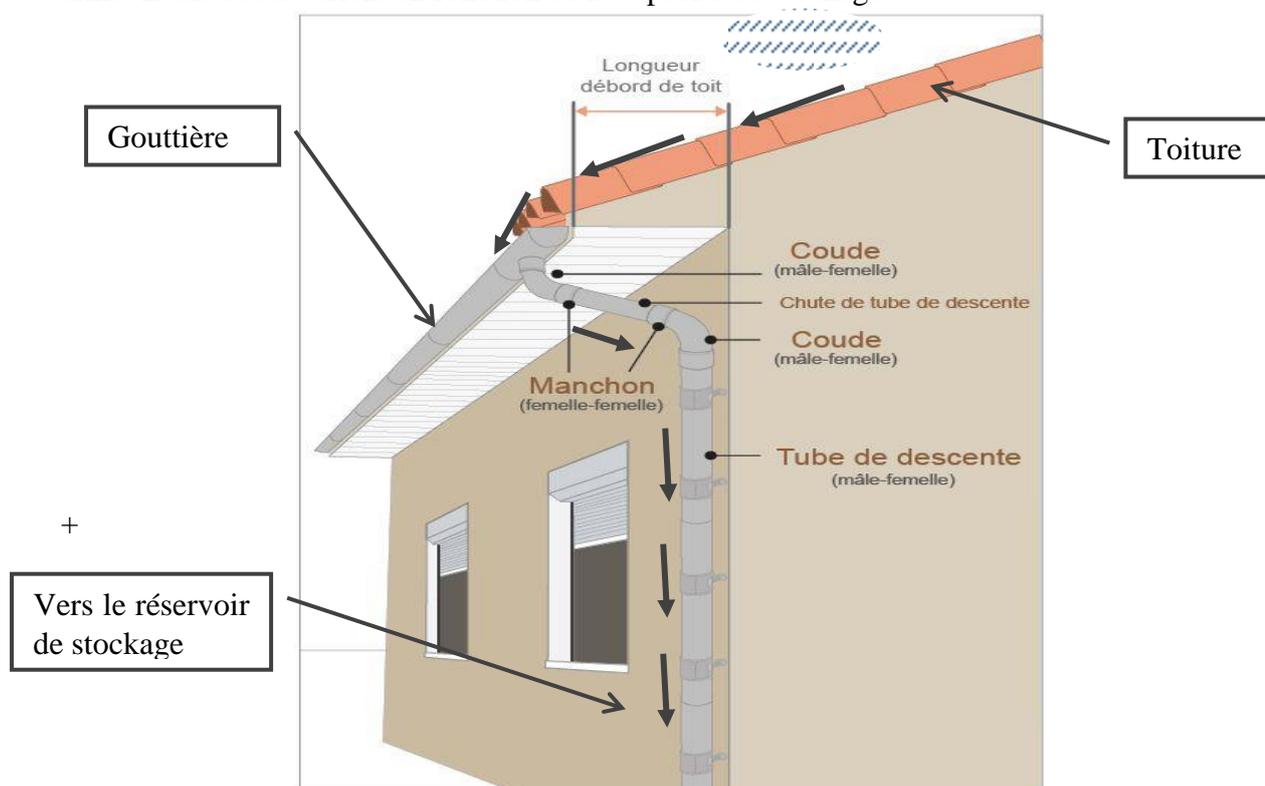


Figure 5 : schéma du principe de récupération des eaux de pluie
Source : <https://www.distriartisan.fr/blog/conseils-comment-bien-poser-ses-gouttieres-en-pvc/>



²Figure 6 : Réservoir de récupération d'eau de pluie

Après la saison pluvieuse, les eaux stockées au niveau des bâtiments peuvent être utilisées pour l'arrosage de jardins des élèves. Quant aux eaux stockées au niveau du bâtiment administratif, elles serviront pour une période au lavage des véhicules, car actuellement c'est l'eau potable qui est utilisée.

2.4.7.2. Réutilisation des eaux usées traitées

De nos jours, le recours à la réutilisation des eaux usées traitées constitue un des moyens efficaces pour réduire les factures d'eau. Pour le site du Petit Séminaire de Pabré, cela permettra de contribuer à réduire les factures d'eau dans la mesure où l'eau potable est utilisée pour l'arrosage des jardins qui est un poste de consommation important. Aussi, la mise en place d'un système de récupération et de traitement des eaux usées permettra aux élèves de pratiquer les travaux de jardinage au niveau des futurs aménagements du site. C'est pourquoi une attention particulière est accordée au système de traitement à mettre en place afin de ne pas exposer les usagers au danger que peuvent causer ces eaux si elles sont mal traitées, ce qui fait l'objet de la seconde partie de ce mémoire.

² <http://www.hpbaloon.ru/reservoir-recuperation-eau-pluviale/>

III. CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE RÉCUPÉRATION ET DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES POUR L'ARROSAGE DES AMENAGEMENTS PAYSAGERS

3.1. Conception et dimensionnement du réseau de collecte des eaux usées

Le but de l'assainissement est d'évacuer les déchets sans porter préjudice au milieu récepteur. Du point de vue sanitaire, les réseaux d'assainissement devront assurer l'évacuation rapide des eaux usées hors de l'habitat vers un point de rejet appelé (exutoire ou STEP) dans des conditions d'hygiène satisfaisantes. Cette partie du travail s'inscrit dans ce même ordre d'idée. L'objectif étant, de dimensionner un réseau d'évacuation des eaux usées du site de Petit Séminaire de Pabré à l'aval duquel un système de traitement sera mis en place.

3.1.1. Nature des eaux usées à évacuer

Les eaux usées du petit séminaire sont essentiellement de type domestique (eaux grises et les eaux vannes), elles représentent la restitution d'une fraction de consommation de l'eau potable au niveau des différents bâtiments. Elles proviennent des activités telles que la vaisselle, les toilettes, la lessive, mais aussi des WC. Pour les élèves, seul le bâtiment des moyens dispose en plus des latrines VIP des WC (4) modernes. L' **Annexe 6** présente un résumé des ouvrages d'assainissement autonome existant sur le site.

Les matières fécales présentes dans les eaux usées du site proviennent de chambres des enseignants responsables (2 par bâtiment), du bâtiment administratif et du bâtiment des moyens qui disposent des WC.

Ces eaux usées contiennent en général : les matières organiques et minérales solubles colloïdales et en suspensions, mais également des germes pathogènes issus des matières fécales. D'où la nécessité de les analyser afin de déterminer leurs concentrations.

3.1.2. Estimation des rejets

La détermination de la quantité d'eaux usées rejetées constitue l'étape clé dans la conception d'un système de récupération et de traitement des eaux usées. Cette quantité dépend de la consommation des habitants, mais aussi du taux de restitution variant en fonction des infrastructures en place. Les consommations en eau potable du site de Petit Séminaire ont été déterminées à partir des factures, et donnent une consommation spécifique moyenne de 60 l/hab./j.

Si les consommations sont connues, alors le débit des eaux usées rejetées peut être déterminé en assumant que 85 à 95 % des eaux utilisées sont transformées en eaux usées si le processus n'inclut pas le recyclage des eaux (A.ANDRIANISA, 2014). Dans le cadre de cette étude, un taux de restitution de 80 % sera considéré compte tenu du fait le site dispose des forages équipés des pompes à motricité humaine et que très souvent les élèves font leurs lessives au niveau de ces forages et donc cette partie de consommation n'est pas restituée au système de récupération. Ce qui donne un débit de rejet de 49 l/hab./j.

Le site ne prévoyant pas une augmentation de la capacité d'accueil à l'avenir, un accroissement futur ne sera pas pris en considération. Les débits de rejet en période de pointe par bâtiment se résument dans le **Tableau 8** :

Tableau 8 : Débit de rejet par bâtiment

	Effectif	Consommations Spécifique (l/j)	taux de rejet	Coefficient de pointe	Débit de rejet en (m ³ /j)
Bâtiment des petits	52	60	0,8	1,8	4,5
Bâtiment des grands	63	60	0,8	1,8	5,4
Bâtiment des moyens	72	60	0,8	1,8	6,2
Bâtiment administratif	17	70	0,8	1,8	1,7
Bâtiment des vacataires	5	70	0,8	1,8	0,5
Cuisines		300	0,8	1,8	0,4

3.1.3. Choix du système de collecte

Nous avons opté pour la mise en place d'un réseau d'égout à faible diamètre ou système SBS (Small Bore Sewer) car le réseau classique ne conviendrait pas avec notre situation compte tenu des débits à évacuer. Le réseau reçoit uniquement l'effluent liquide des eaux usées prétraitées qu'il évacue vers un exutoire. Les solides susceptibles d'obstruer les égouts sont retenus dans les puits perdus des différents bâtiments. La partie liquide ainsi recueillie est canalisée dans un réseau d'égout de faible diamètre (entre 50 et 150 mm). De plus la vitesse de l'écoulement peut être diminuée puisque l'absence de solides élimine la possibilité de sédimentation qui pourrait obstruer le réseau (OTIS R. J., MARA D., 1985). Cependant il est recommandé un diamètre minimal de 100 mm pour les pays en voie de développement (TOURE, 1990). Dans les réseaux d'égout à faible diamètre, des clean-out (Cf. **Annexe 7**) sont utilisés à la place des regards de visite et sont disposés au niveau des changements de direction et tous les 100 m sur les tronçons continus.

3.1.4. Tracé du réseau de collecte

Le réseau a été tracé sur un plan topographique du site à l'échelle 1/500 réalisé en juillet 2012 par le (bureau d'étude A.I.C) faisant apparaître en même temps les courbes de niveau et tous les détails du site (Cf. **Annexe 8**). Le tracé a été fait de telle sorte que l'écoulement puisse se faire de façon gravitaire vers l'emplacement du système de traitement et en tenant compte aussi des obstacles.

3.1.5. Méthode de dimensionnement

Hypothèses :

Nature des conduites : PVC.

Vitesse minimale en débit de pointe : 0,3 m/s ;

Clean-out tous les 100 m en ligne droite et au niveau de chaque changement de direction ;
Diamètre intérieur des conduites compris entre 100 et 150 mm.

La méthode de dimensionnement du réseau d'égout à faible diamètre utilisée, est celle présentée dans **UNDP-World Bank (1994)** basée sur le critère de la pente minimale $I_{min} = 0,0055Q^{-0,47}$ de Machado (1985) dont la procédure est similaire à celle de

YAO (1974) et se présente comme suit :

1. Résoudre l'équation de Machado pour I_{min} en utilisant le débit initial ;
2. Calculer $Q_f/I^{0,5}$ ou Q_f est le débit à l'extrémité de la conduite
3. Trouver la valeur de $Q_f/I^{0,5}$ dans le tableau en **Annexe 9** ou d/D est le plus proche et préférentiellement plus petit que 0,75 (d/D est le taux de remplissage des conduites). Choisir le diamètre D correspondant comme diamètre minimum
4. Calculer la vitesse finale V_f à partir de la valeur $V/I^{0,5}$ du tableau... vérifié que V_f est inférieur à 5m/s
5. Calculer la vitesse critique $V_c = 6(gR)^{0,5}$ ou g est la pesanteur et R le rayon hydraulique. Pour assurer la ventilation contrôlée on vérifie que V_f inférieur à V_c si V_f supérieur à V_c retour à l'étape 3 et sélectionner un nouveau diamètre.

3.1.6. Résultats du dimensionnement

Les calculs ont été faits avec Excel et les résultats du dimensionnement sont présentés dans le tableau.

Tronçon		L (m)	Cam (m)	Cav (m)	Qi (l/s)	Qf (m ³ /s)	I _{min} (m/m)	Qf/I ^{0,5}	d/D	D (m)	V/I ^{0,5}	V _f (m/s)	V _c (m/s)	vérification	Ham (m)	Hav (m)	Hcam (m)	Hcav (m)
T1	T2	66	298,76	299,12	0,063	0,0000630	0,020	0,0004	0,075	0,1	2,1968	0,31	1,80	vérifié	0,5	1,47	298,26	297,65
T2	T3	77	299,12	298,25	0,063	0,0000630	0,020	0,0004	0,075	0,1	2,1968	0,31	1,80	vérifié	1,47	2,15	297,65	296,10
T3	T4	28	298,25	297,82	0,068	0,0000680	0,019	0,0005	0,075	0,1	2,1968	0,31	1,80	vérifié	2,15	2,27	296,10	295,55
T4	T5	28	297,82	298,2	0,068	0,0000680	0,019	0,0005	0,075	0,1	2,1968	0,31	1,80	vérifié	2,27	2,43	295,55	295,77
T6	T5	14	298,75	298,2	0,017	0,0000170	0,037	0,0001	0,05	0,1	1,6902	0,33	1,47	vérifié	2,46	2,43	296,29	295,77
T5	T7	43	298,2	297,75	0,085	0,0000850	0,018	0,0006	0,075	0,15	2,2147	0,29	1,80	vérifié	2,43	2,74	295,77	295,01
T7	T8	46	297,75	297,57	0,085	0,0000850	0,018	0,0006	0,075	0,15	2,2147	0,29	1,80	vérifié	2,74	3,36	295,01	294,21
T9	T8	47	297,82	297,57	0,072	0,0000720	0,019	0,0005	0,075	0,15	2,2147	0,30	1,80	vérifié	2,72	3,36	295,10	294,21
T10	T11	25	299,37	299	0,052	0,0000520	0,022	0,0004	0,075	0,1	2,1968	0,33	1,80	vérifié	0,5	0,68	298,87	298,32
T11	T12	102	299	297,75	0,052	0,0000520	0,022	0,0004	0,075	0,1	2,1968	0,33	1,80	vérifié	0,68	1,68	298,32	296,07
T12	T8	53	297,75	297,57	0,057	0,0000570	0,021	0,0004	0,075	0,1	2,1968	0,32	1,80	vérifié	1,68	3,36	296,07	294,21
T8	T14	70	297,57	295	0,214	0,0002140	0,011	0,0020	0,15	0,15	3,4583	0,37	2,55	vérifié	3,36	1,59	294,21	293,41

Les diamètres issus du dimensionnement pour les différents tronçons varient de 100 et 150 mm. Nous retenons les diamètres commerciaux pour les conduites d'évacuation de 110 et 160 mm. L'**Annexe 10** présente les profils en long des tronçons principaux.

3.2. Proposition et dimensionnement d'un système de traitement des eaux usées

3.2.1. Caractérisation des eaux usées domestiques du site

Comme nous l'avons spécifié plus haut, les eaux usées du petit séminaire sont de type domestique constitué des eaux noires et des eaux grises. En vue de proposer un système de traitement approprié de ces eaux, il est important de connaître leurs degrés de pollution. Ainsi un échantillonnage a été effectué sur le site et les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisées 2 heures après au niveau du laboratoire (LEDES) du 2iE. La méthode d'échantillonnage, les méthodes et matériels utilisés pour l'analyse des différents paramètres sont présentés en **Annexe 11**. Les résultats des analyses se résument dans le **Tableau 9** suivant :

Tableau 9 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées du site de Pabré

Paramètres	Unités	Résultats Analyses	Burkina Faso Décret n°2001-185/PRE/PM/MEE
pH	-	7,64	6,4-10
Température	°C	22,43	18-40
Conductivité électrique	µs/cm	3,40	
MES	mg/l	0,06	200
DCO	mg/l	220,00	150
DBO	mg/l	92,00	50
Nitrites	mg/l	0,01	1
Nitrates	mg/l	2,70	50
Ortho phosphates	mg/l	23,73	5
E. coli	UFC/100 ml	4700	
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	5200	2000

Commentaires :

Le pH, la température et la conductivité hydraulique jouent un rôle important dans le mécanisme de traitement des eaux usées. Les valeurs issues des analyses ne sont pas conformes aux normes d'utilisations des eaux usées traitées en agriculture fixée par WHO (2006b) dont les intervalles sont compris entre (6,5 – 8) pour le pH, inférieur à 3000 µs/cm pour la conductivité hydraulique. Ils sont aussi dans les limites des rejets fixés par le décret 185, 2001 portant fixation des normes de rejet des eaux usées dans les eaux de surface au Burkina Faso cette norme étant plus sévère que celle de l'OMS.

Les matières en suspensions (MES) constituent une bonne partie de la pollution d'un effluent. La valeur obtenue (0,06 mg/l) lors des analyses est inférieure à la limite fixée par WHO (2006b) (< 450 mg/l) pour une utilisation des eaux usées en agriculture de même que le seuil fixé (200 mg/l) par les normes de déversement des eaux usées au Burkina Faso.

Les valeurs de la DBO et de la DCO sont respectivement (92 mg/l ; 220 mg/l) supérieures aux normes de rejet en vigueur au Burkina Faso fixant la limite à 50 mg/l pour la DBO et 150 mg/l pour la DCO. Le rapport $DCO/DBO = 2,4 < 3$ confirme que les eaux usées ont des caractéristiques des eaux usées domestiques (MARA, 2004). Ce rapport permet aussi de voir le caractère biodégradable des eaux usées auxquelles un traitement biologique pourrait être envisagé. Le rapport $MES/DBO < 1$ montre que la totalité des MES est biodégradable.

Les Nitrites (NO₂-) et les Nitrates (NO₃-) des valeurs respectives de 0,01 mg/l et 2,7 mg/l en sont conformes aux limites fixées (1mg/l pour les nitrites et 50 mg/l pour les nitrates) par les normes de déversement des eaux usées au Burkina Faso.

Enfin, les résultats de ces analyses montrent une forte concentration bactérienne dans les eaux usées par rapport aux normes de déversement des eaux usées en vigueur au Burkina Faso. En effet, le taux de coliformes fécaux est de 5400 UFC/100 ml ce qui est largement supérieur à 2000 UFC/100 ml fixés par la norme de rejet en vigueur au Burkina Faso.

Il ressort de ces commentaires que les paramètres tels que : DBO, DCO, coliformes fécaux et les E. coli ne respectent pas les normes de réutilisation des eaux usées. Il y'a donc une nécessité de traiter ces eaux avant de pouvoir les utiliser.

3.2.2. Proposition du système de traitement

3.2.2.1. Comparatifs des différents systèmes de traitement

L'épuration des eaux usées peut se faire selon différentes techniques et méthodes tout en tenant compte des conditions socio-économiques, climatiques, des caractéristiques des eaux usées et du sol. Le tableau en **Annexe 12** donne un aperçu des avantages et inconvénients des différentes techniques d'épuration des eaux usées actuelles.

3.2.2.2. Justification et choix du système

En considérant les avantages, les inconvénients et performances, du contexte socio-économique de chaque procédé ainsi que les caractéristiques des eaux usées à traiter, nous proposons la mise en place d'un système d'infiltration percolation sur le lit de filtre à sable. En termes de performance, les études menées sur le filtre à sable par KONE (2011) font état

d'abattement de 98% sur la DBO et 97,5% pour les coliformes fécaux. De même que le document technique FNDAE N°22 (1998) donne des performances épuratoires pour le filtre à sable de l'ordre de 90 à 95 % pour la DBO, DCO et MES, une élimination significative des composés azotés par nitrification.

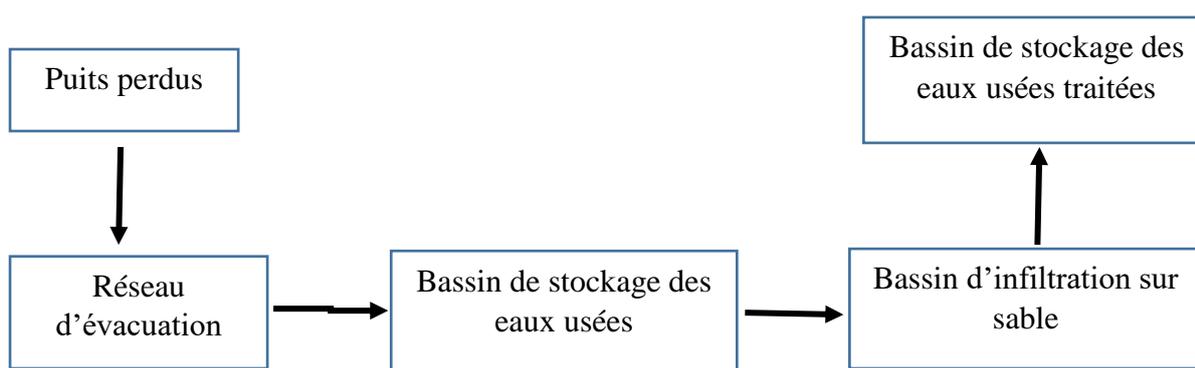
3.2.2.3. Description du système

L'infiltration sur sable est un traitement biologique sur supports fins. Les eaux usées prétraitées ayant préalablement subi une décantation primaire (dans les puits perdus) sont déversées et réparties sur un massif de sable, à l'air libre. En percolant au travers de ce massif, elles sont d'abord débarrassées des matières en suspension par filtration superficielle, puis la matière organique est dégradée et les composés azotés sont oxydés sous forme de nitrates par les bactéries fixées qui se développent au sein du massif. Pour une répartition uniforme des eaux usées sur toute la surface de chacun des lits, une alimentation syncopée (dite aussi " par bâchées ") est indispensable. Les eaux traitées sont récupérées en partie basse par drainage dans un bassin de stockage.

Le colmatage du filtre est le principal inconvénient de ce système, mais les résultats des analyses vus plus haut montrent de faibles concentrations des matières en suspensions (0,06 mg/l), ce qui réduit considérablement ce risque.

3.2.2.4. Eléments du système

Le dispositif de filtration sur sable est constitué des ouvrages suivant : Puits perdus, un bassin de stockage muni d'une pompe de relevage des eaux usées, un bassin de filtre à sable et un bassin de stockage des eaux traitées (cf. schéma ci-dessous).



Les puits perdus étant déjà existant sur le site, ils serviront d'ouvrage de décantation à partir duquel débute le réseau d'évacuation.

➤ Bassin de stockage des eaux prétraitées

Le bassin de stockage étanche reçoit les eaux usées prétraitées dans la fosse septique toutes eaux. Une pompe dont les caractéristiques seront déterminées par la suite sera placée dans ce bassin pour pomper l'eau stockée vers le lit d'infiltration percolation. Il aura une capacité de 8 m³ dont les dimensions sont : Longueur = 3 m ; largeur = 3 m ; profondeur = 2 m. le bassin sera construit à proximité de la fosse septique toutes eaux.

➤ Choix de la pompe de refoulement

Côte de refoulement $Z_{ref} = 299,8$ m

Côte d'aspiration $Z_{asp} = 295,8$ m

Le débit $Q = 0,0011$ m³/s

✓ Dimensionnement de la conduite de refoulement

Le diamètre de la conduite est calculé par la formule de Bresse

- Formule Bresse : $D_{th} = 1,5 \times Q^{0,5} \text{ m}^3 / \text{s}$

Les résultats se résument dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Résultats du dimensionnement

Formules	Débit(m ³ /s)	D _{th} (mm)	D _{int} (mm)	DN (mm)	V (m/s)
BRESSE	0,0011	49,75	57	63	0,43

D'où le choix d'une conduite de refoulement en PVC de diamètre nominal 63 mm.

La perte de charge de charge est déterminée par la formule de Calmon-Lechap

$$Pdc = a \frac{Q^n}{D^m} \times L \text{ Pour une rugosité } k = 0,1 \text{ on a : } a = 1,1 \cdot 10^{-3} ; n = 1,89 ; m = 5,01.$$

$$Pdc = 1,1 \times 10^{-3} \frac{0,0011^{1,89}}{0,063^{5,01}} \times 40 \times 1,1 = 0,13 \text{ m}$$

✓ La Hauteur manométrique totale (HMT)

$$HMT = Z_{ref} - Z_{asp} + Pdc = 297,8 - 293,8 + 0,13 = 5,13 \text{ m}$$

Il nous faut donc une pompe pouvant fournir au moins un débit de 0,0011 m³/s sous une HMT d'au moins 5,13 m.

Le choix de la pompe a été fait dans le catalogue de GRUNDFOS, et la pompe choisie est de type SEG 40.09.

Les pompes GRUNDFOS SEG 40.09 sont des pompes submersibles destinées aux réseaux d'eau usée sous pression. Elles sont équipées d'un système GRINDER qui détruit les matières

solides en petites particules permettant ainsi le refoulement dans des tuyauteries de faible diamètre.

Cette pompe aura un temps de fonctionnement de 18 min par jour. Les caractéristiques de la pompe sont résumées en **Annexe 13**.

➤ **Filtre à sable (Infiltration-percolation)**

✓ **Caractéristiques du massif filtrant**

Le massif filtrant est constitué du sable de faible granulométrie avec une épaisseur variant en fonction des cas. Il s'agira d'utiliser un sable dont la granulométrie s'insère dans le fuseau granulométrique (Figure 7) proposé par CEMAGREF ou conforme aux prescriptions techniques du (DTU 64-1) qui repose sur la norme française XP P 16-603 d'août 1998 qui détermine les caractéristiques des matériaux à utiliser et leurs modalités de mise en œuvre dans le cadre de traitement des eaux usées (Magenta Conseil de Rouen, 2000). Les sables roulés de rivière sont préférables aux matériaux de carrière, les sables de dune trop fins sont à exclure.

Paramètre	Fuseau DTU 64.1	Fuseau étude CEMAGREF
d_{10}	$0,18 \text{ mm} < d_{10} < 2 \text{ mm}$	$0,25 \text{ mm} < d_{10} < 0,40 \text{ mm}$
Coefficient d'Uniformité (CU)	$1 < \text{CU} < 18,5$	$3 < \text{CU} < 6$
Teneur en fines (% en masse des particules de diamètre inférieur à $80 \mu\text{m}$)	Eviter les fines $< 80 \mu\text{m}$	Si $0,25 < d_{10} < 0,30 \text{ mm}$: 2,5 % Si $0,30 < d_{10} < 0,40 \text{ mm}$: 3 %
Teneur en calcaire	Sable non calcaire	Inférieure à 4 %

Figure 7 : Fuseaux granulométriques : étude CEMAGREF –DTU 64-1 (août 1998).

Conformément au DTU 64-1, on utilisera pour enrober les réseaux de drainage des graviers lavés, de granulométrie comprise entre 20 et 40 mm. La couche de drainage aura une épaisseur de 40 cm.

➤ **Lit du filtre à sable**

Le bassin du filtre sera construit en maçonnerie pleine de 15 cm d'épaisseur avec des dimensions $L = 8 \text{ m}$; $l = 5 \text{ m}$; ($H = 2,20 \text{ m}$ dont 0,5 sous TN) voir schémas en **Annexe 15** sur un radier en béton ordinaire d'épaisseur 5 cm dosés à 350 kg/m^3 . Le bassin sera protégé par des talus réalisés perrés maçonnés.

Le but de notre système étant, de diminuer la concentration des Coliformes fécaux pour être conforme à la norme de l'OMS pour l'utilisation des eaux usées traitées en irrigation, l'épaisseur du massif filtrant dépendra du niveau de décontamination attendu. La courbe en

Annexe 14 donne la relation entre l'abattement des coliformes fécaux en fonction de la charge hydraulique (h) et de l'épaisseur du massif filtrant lorsqu'il s'agit de sable (Agence de l'eau française, 1993). Nous choisirons une épaisseur du sable de 1,5 m pour avoir des abattements des coliformes l'ordre de 4,5 u.log. Les caractéristiques du sable seront définies suivant les normes citées plus haut. On placera une couche anti contaminant perméable à l'eau et à l'air généralement du géotextile dont la maille sera inférieure à 125 μm pour empêcher la migration des particules fines entre la couche de sable et celle du gravier.

➤ **Alimentation du filtre**

Le filtre sera alimenté par le système de 2 bâchées à travers des conduites de distribution en PVC de 75 mm perforés tous les 30 cm et formant un quadrillage sur le massif filtrant, permettant ainsi une répartition uniforme de l'effluent sur le massif filtrant.

Les conduites de drainage en PVC de 100 mm perforés de trous de 5 mm seront placées au fond du bassin. Elles doivent être disposées parallèlement, avec une pente uniforme de 0,5 à 1 %. Le fond du bassin est rempli du gravier d'une épaisseur de 40 cm de granulométrie comprise entre 20 et 40 mm.

➤ **Stockage des eaux traitées.**

Les eaux traitées peuvent être récupérées dans un bassin enterré avant leurs pompages vers le lieu d'utilisation. Ce bassin aura un volume de 8 m³ et sera de même type que le bassin de stockage des eaux prétraitées dans la fosse septique.

L'**Annexe 15** présente les différentes pièces graphiques du système.

3.3. Devis estimatifs et quantitatifs

Le devis global du système se résume dans les **Tableau 11** et **Tableau 12**.

Tableau 11 : Devis estimatif et quantitatif du système d'évacuation

Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire en FCFA	Prix Total en FCFA
Installation et repli du chantier				500 000
Fourniture et pose des conduites				
Conduite PVC 110	6 ml	89	18000	1 602 000
Conduites PVC 160	6 ml	8	20000	160 000
Installation d'un grillage avertisseur	ml	529	1000	529 000
Raccords PVC				
Coude de 90° PVC 110	U	5	10000	50 000
Coude de 130° PVC 110	U	1	10000	10 000
Té PVC DE 110/110/110 à joint	U	2	35000	70 000
Té PVC DE 110/110/160	U	1	38000	38 000
Clean out et dispositif de protection	U	5	85000	425 000
Divers (10%)				338 400
Total HT				3 222 400

Tableau 12 : Devis estimatif et quantitatif bassin d'infiltration percolation

Désignation	unité	Quantité	Prix unitaire	Prix Total
Installation et repli du chantier	ff			150 000
Fouilles des différents Ouvrages	m ³	104	4 000	416 000
Radier en béton ordinaire dosé à 150 Kg/m ³	m ³	4	65 000	260 000
Béton armé dosé à 350 kg/m ³	m ³	27,2	110 000	2 992 000
Maçonneries de 15 cm d'épaisseur	m ²	57,2	4 000	228 800
Perré maçonné	m ²	57,2	12 500	715 000
Massif filtrant (sable)	m ³	60	6 000	360 000
Gravier drainant	m ³	16	6 000	96 000
Géotextile	m ²	40	2 500	100 000
Pompe	u	1	1 000 000	1 000 000
Conduite de distribution perforé en PVC DN 63 mm	ml	30	1 500	45 000
Conduite de drainage en PVC DN 63 mm	ml	42	1 500	63 000
Total	FCFA			64 25 800
Imprévus 10 %	FCFA			321 290
Montant total	FCFA			6 747 090

Le coût global du projet s'élève à **9 469 490 FCFA**.

3.4. Impacts environnementaux

3.4.1. Impacts positifs

- La mise en place des différentes stratégies proposées permettra de diminuer les charges dues à la facture d'eau et assurer le bon fonctionnement des équipements
- Les eaux usées traitées à partir du système proposer peuvent servir pour aménager les jardins paysagers ou même aménager des espaces verts,
- Plus de risque de contamination des eaux souterraines par le rejet d'eaux usées directement dans les puits perdus
- Création d'emploi temporaire dû aux différents ouvrages à réaliser dans le cadre du projet.

3.4.2. Impacts négatifs

- L'abattage des arbres situé sur les emprises des ouvrages.
- Les bruits générés par les différents travaux
- L'impact de l'air au voisinage du bassin d'infiltration
- Possibilité de prolifération des moustiques au niveau du bassin d'infiltration conduisant au paludisme.

IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La réduction des charges dues aux factures d'eau n'est pas chose facile, mais possible si on adopte des approches permettant d'atteindre un tel objectif. Au petit Séminaire de Pabré, le volet principal sur lequel il faudrait agir pour optimiser l'utilisation de la source en eau et diminuer les charges des factures est le système d'alimentation en eau potable avec tous les équipements hydrauliques (installations intérieures et robinetteries) présents sur le site. Ainsi, le diagnostic du réseau ainsi que les installations intérieures et sanitaires a permis d'identifier un certain nombre des problèmes auxquelles des propositions d'amélioration ont été faites, notamment l'utilisation des matériels hydro économes, la mise en place des compteurs divisionnaires au niveau des différents bâtiments, Avertir l'ONEA par rapport aux compteurs défectueux. L'étude des économies nous montre une réduction de la consommation d'eau de l'ordre de 30 à 50 % sans modification des habitudes si une telle stratégie est mise en place. Néanmoins, cette stratégie sera mise en place progressivement en remplaçant le matériel classique défaillant par du matériel hydro économe. Les propositions faites permettront d'améliorer le service actuel et garantiront dans le futur une meilleure sécurité du système et une réduction des charges due à la facture. Tout ceci accompagner de la sensibilisation aux changements des habitudes vis-à-vis de cette ressource qui est de plus en plus rare.

Quant à la possibilité de réutilisation des eaux usées domestiques du petit séminaire, le système de réseau d'égout à faible diamètre a été proposé et dimensionné. La caractérisation des eaux usées révèle que ces eaux ne sont pas trop chargées, c'est pourquoi en se basant sur un certain nombre de critères, le système d'infiltration percolation sur filtre à sable est proposé. L'eau traitée pourra être utilisée pour arroser les jardins paysagers.

Enfin, nous recommandons pour une bonne gestion des équipements de mettre un accent particulier sur le suivi et l'entretien régulier des équipements (réglages, dépannage) une fois mis en place, car on a tendance souvent à baisser le bras devant un manque de matériel, la vétusté des installations et leur mauvaise utilisation.

Dans l'immédiat, alerter l'ONEA par rapport aux compteurs non fonctionnels en faisant une demande de réparation ou de remplacement des compteurs défectueux.

Envisager la réhabilitation des forages du petit séminaire pour évaluer leurs productivités. Ceux ayant un débit de moins de 2 m³/h seront équipés de pompe à motricité humaine pour permettre aux élèves de faire les petites toilettes et lessive. Cela permettra de condamner les robinets de cours sources de gaspillage parfois. Cette alternative est possible actuellement

pour le bâtiment des moyens et celui des grands cars ils ont à leurs proximités des forages fonctionnels équipés des PMH. En cas des forages productifs (débit supérieur à 2 m³/h), le site peut raccorder ces forages aux châteaux du site et conserver l'abonnement de l'ONEA en cas de panne des pompes.

Pour finir, nous recommandons après la mise en place du système de traitement, de faire les analyses nécessaires pour s'assurer de la qualité du traitement. Il faudrait aussi un suivi régulier du système de traitement, car un manque de suivi aura un impact sur la qualité de traitement et la durabilité du système.

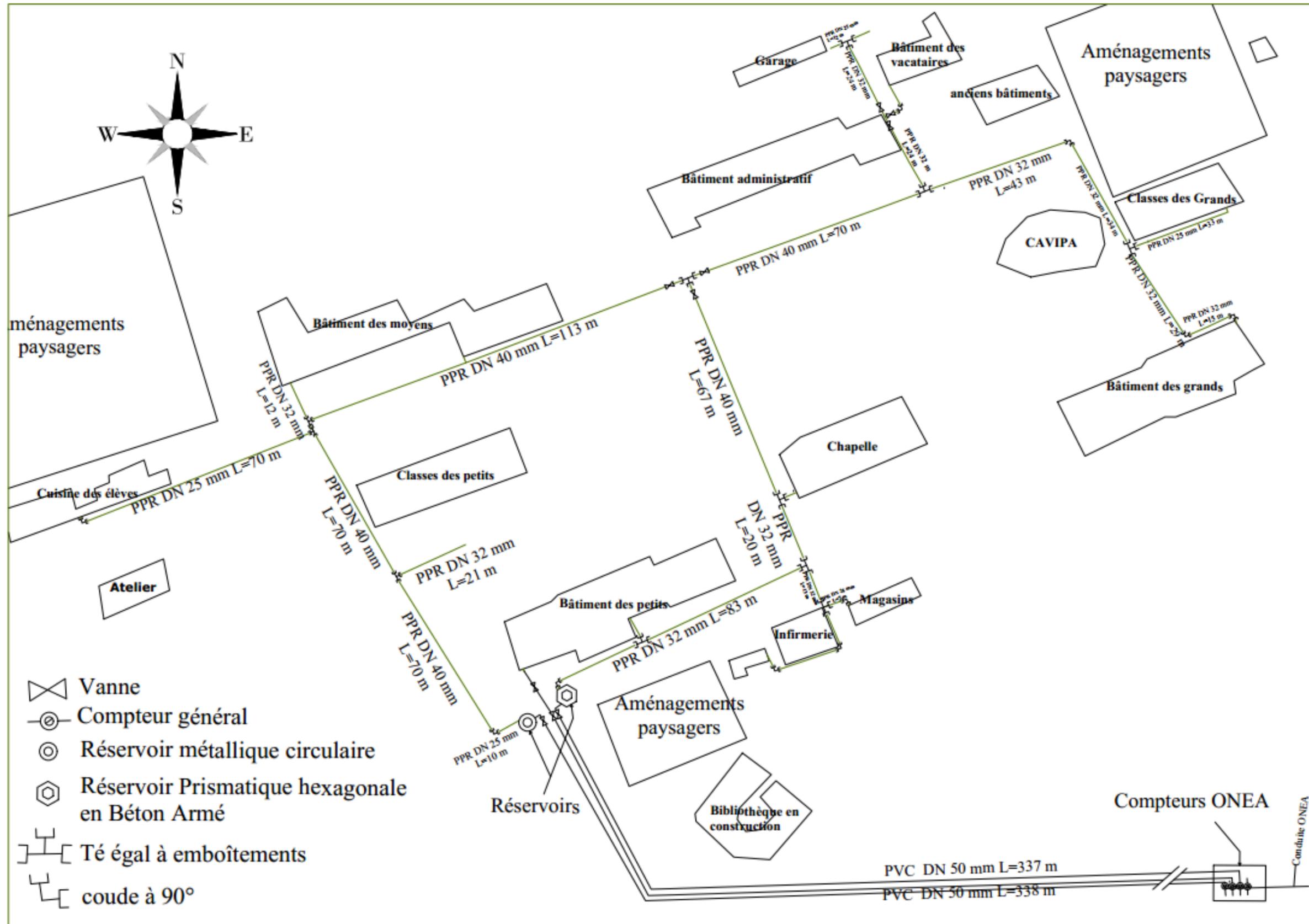
BIBLIOGRAPHIE

- A. ANDRIANISA, Harinaivo.** 2014. "COURS : LES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT." 2iE.
- Agence de l'eau française,** 1993. "Épuration Des Eaux Usées Urbaines Par Infiltration Percolation : État de L'art et Études Des Cas." *Etudes Inter Agences n°9, Office International de L'eau*, 89.
- Bertrand et al.** 2007. "Application De Méthodes De Classification Sur Des Vitesses Métrologiques De Dégradation De Compteurs D'eau." *In XIVe Rencontre De La Société Francophone De classification–SFC.*
- BOUCHET, Christophe.** 2010. "L'Eau, l'Industrie, Les Nuisances 2008-10 - Optimiser La Gestion D'un Parc De Compteurs.pdf." *L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES. No. 315.*
- Conseil Général de la Gironde.** 2007. "Guide Pratique Pour l'Optimisation de La Consommation En Eau Dans Les Collectivités Territoriales."
- Costes, A, and Y Pia.** 2000. "Les Compteurs D'eau En France: La Réglementation Et Son Évolution: Comptage, Tarification Et Facturation des Consommations D'eau." *TSM. Techniques Sciences Méthodes, Génie Urbain Génie Rural*, 21–27.
- CREAQ**(Centre Régional d'Eco-énergétique d'Aquitaine),. 2008. "Guide Méthodologique : Analyse et Réduction Des Consommations d'Eau Dans Les Etablissements Tertiaires." www.smegreg.org ou www.jeconomiseleau.org.
- CREAQ,** Centre régional d'éco énergétique d'Aquitaine). 2008. "Guide Méthodologique : Analyse et Réduction Des Consommations d'Eau Dans Les Etablissements Tertiaires."
- FNDAE N°22.** 1998. "Filière D'épuration Adaptées Aux Petites Collectivités." Cemagref.
- KONE, DIALLO Martine.** 2011. "Infiltration-percolation sur sable et sur fibres de coco, Filtres plantés et épuration d'eaux usées domestique a dominance agroalimentaire sous climat tropical sec : cas des eaux résiduaires de Ouagadougou, BURKINA FASO." CLAUDE BERNARD LYON1 ET UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU.
- MARA, D.D.** 2004. "Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries." arth-scan Publications, London.
- MARHASA, MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DES RESSOURCES HYDRAULIQUES, DE L'ASSAINISSEMENT ET DE LA SECURITE ALIMENTAIRE.** 2014. "Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable à

- l'Horizon 2030 : État des lieux de l'AEP au Burkina Faso." DIRECTION GENERALE DES RESSOURCES EN EAU.
- OR BLUE.** 2016. "Gestion Du Déficit En Eau Potable, Un Grand Déficit Pour l'ONEA." *Trimestriel de L'eau et de L'assainissement*, OR bleu N°005 Edition.
- OTIS R. J., MARA D.,** 1985. "The Design of Small Bore Sewer Systems." PNUD-WORLD Bank, Washington.
- Parent, ERIC. 2004. "Modélisation Bayésienne Du Vieillissement Des Compteurs D'eau Par Mélange De Classe D'appareils De Différents États De Dégradation." *Revue De La Statistique Appliquée*, no. (39- 55).
- PASANISI, Alberto.** 2004a. "Aide À La Décision Dans La Gestion Des Parcs De Compteurs D'eau Potable." ENGREF (AgroParisTech).
- SARR, Awa.** 2005. "Mécanismes D'élimination de L'azote et Du Phosphore Dans Les Eaux Usées Domestiques Traitées Par Lagunage Sous Climat Sahélien Possibilités et Limites de Leur Réutilisation Comme Fertilisants En Agriculture Urbaine À Ouagadougou." Ouagadougou : EIER-ETSHER.
- TOURE, C.** 1990. "Technologies Appropriées D'assainissement Dans Les Pays En Voie de Développement." *CREPA-EPFL*, 281p.
- UNDP-World Bank,** 1994. "Simplified Sewerage : Design Guidelines." UNDP-World Bank Water & Sanitation Program, P 26-27.
- WATERAID-BF ET EMESA,** 2009. "Plan Communal de Développement Sectoriel - Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement de la commune de PABRE."
- WHO.** 2006b. "Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Vol. IV: Excreta and Greywater Use in Agriculture." World Health Organisation, WHO Press.Geneva, Switzerland.
- WWPA** (programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau),. 2016. "Rapport Mondial des Nations Unies sur La Mise En Valeur Des Ressources En Eau : L'eau et L'emploi." Paris: UNESCO. <http://unesco.org/images/0024/002441/244163.pdf>.
- YAO, K. M.** 1974. "Sewer Line Design Based on Critical Shear Stress." *Journal of the Environmental Engineering Division*.

ANNEXES

Annexe 1 : Réseau de distribution actuel du petit séminaire



Annexe 2 : Réservoir métallique de 10 m³



$Z_{TN} = 299.86 \text{ m}$

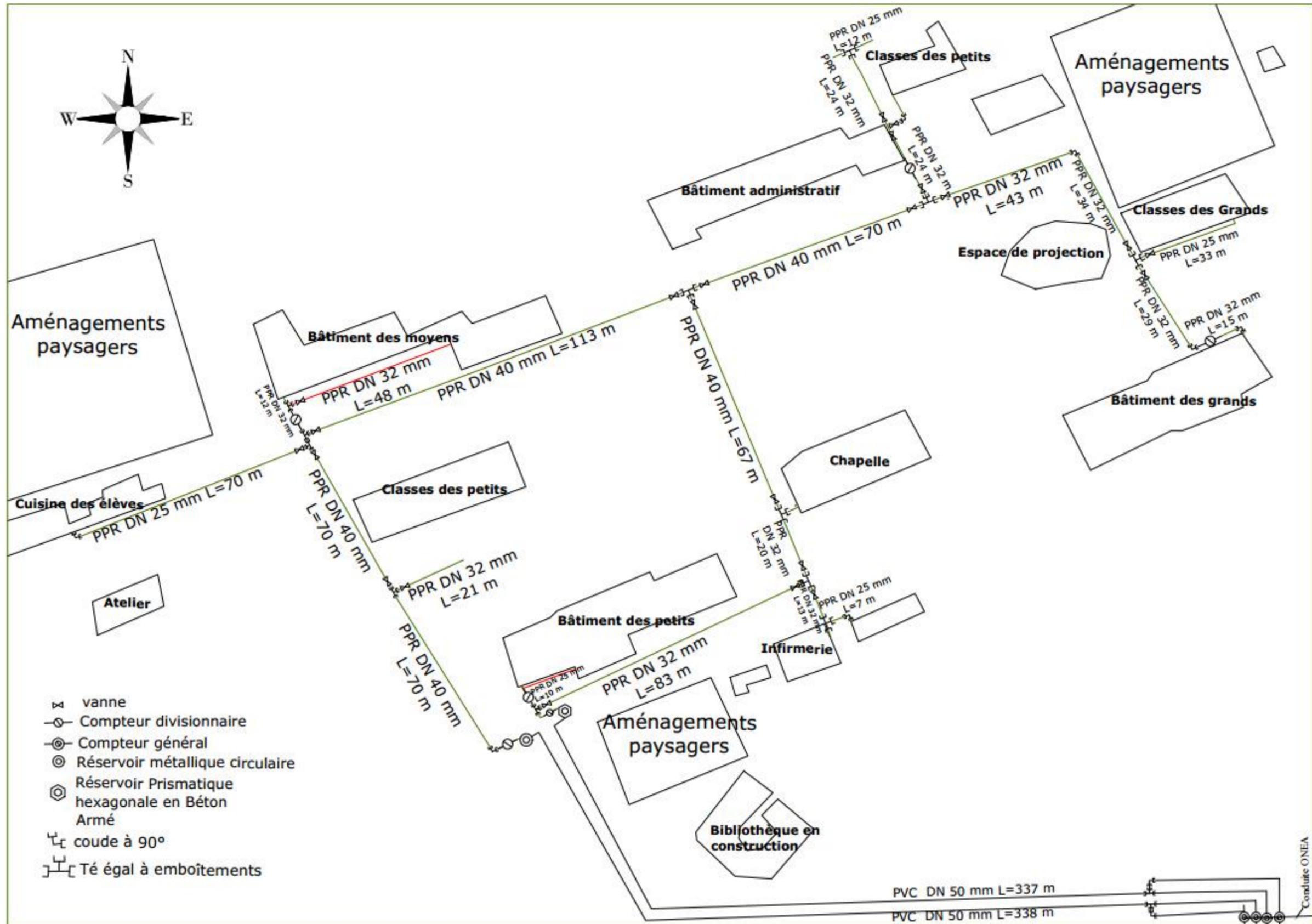
$Z_{\text{radier}} = 304.86 \text{ m}$

$H_{\text{réservoir}} = 3 \text{ m}$

$D = 2 \text{ m}$

Heuve : 5 m

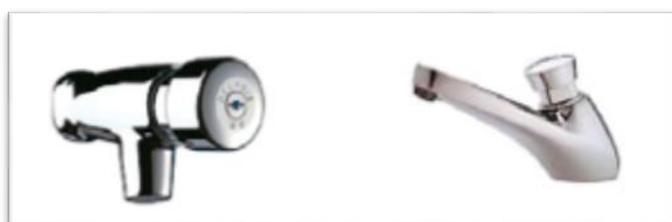
Annexe 3 : Plan du réseau amélioré



Annexe 4 : Aperçu de quelques équipements hydro économes

✓ Le robinet simple temporisé ou à bouton poussoir

Le robinet simple temporisé (**Figure 8**) est adapté aux sites à forte fréquentation ou on retrouve des robinets partiellement ouverts. Une pression sur le bouton poussoir déclenche l'ouverture du robinet, ce dernier se fermant automatiquement avec le retour du poussoir. Le débit de sortie et la temporisation peuvent être réglés. La durée d'écoulement est généralement de 15 secondes (modifiable) et le débit de sortie fixé à 6 litres par minute (réglable). (Conseil Général de la Gironde, 2007)



³Figure 8:Robinet à bouton poussoir

✓ Économiseur d'eau de robinet(aérateurs)

Les aérateurs économes (**Figure 9**) s'adaptent à tous les types de robinets et peuvent être placés dans les cuisines, les lave-mains, les lave-vaisselle, etc. en remplacement aux aérateurs standards. Ils mélangent sous pression l'air et l'eau, ce qui rend l'eau plus crémeuse. Ils sont dotés d'un réducteur de débit qui permet de régler ce dernier entre 2,5 et 10 l/min, mais pour des raisons de confort il est conseillé de régler ce débit à 6 ou 8 l/min ce qui permettra d'économiser 40 à 50% d'eau par rapport à aux aérateurs standards.(Conseil Général de la Gironde, 2007)



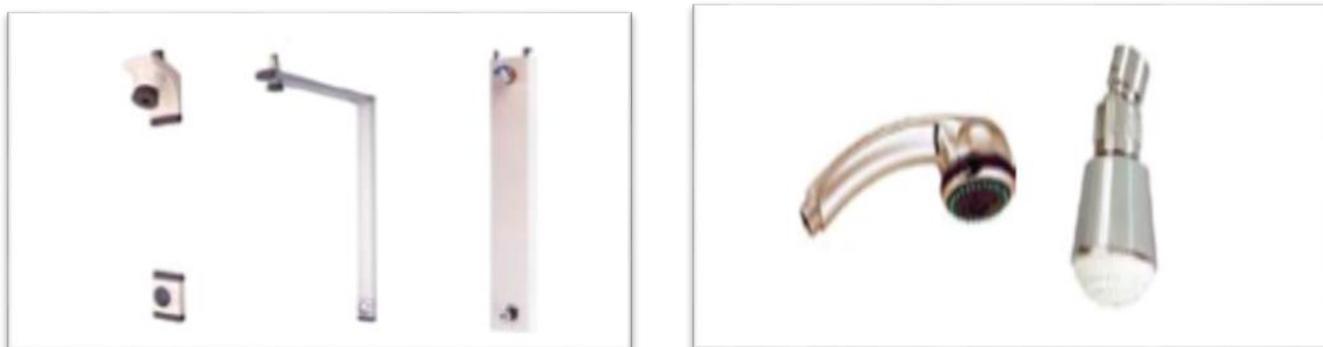
⁴Figure 9:Aérateur économique

³<https://www.sider.biz/catalogue/sanitaire/robinetterie/robinet-lavabo?&page=3>

⁴<http://www.aqua-techniques.fr/economie-de-l-eau-c102x117651>

✓ Douchettes économes

A contrario des douchettes standards qui délivrent 12 à 20 litres/minutes sous une pression de 3 bars, les douchettes économes (**Figure 10**) permettent de ramener ce débit sans baisse de confort autour de 9 à 10 litres /minutes. Pour les sites à fortes fréquentations, il est recommandé de mettre en place des douchettes fixes ou murales à robinet temporisé avec un système anti blocage qui permet de ne faire couler l'eau qu'après avoir relâché le robinet. Pour les usages moindre ou individuel, la douchette « téléphone » avec flexible est recommandée.(CREAQ 2008)



⁵Figure 10:Douchette économique

✓ Réducteur de débit pour douche

Avec son débit d'eau régulé à 10 litres d'eau par minute (à 3 bars de pression), le réducteur de débit (**Figure 11**) pour douche permet d'économiser environ 40 à 50% d'eau sous la douche. Le réducteur de débit s'intercale entre le tuyau flexible de douche et la robinetterie.



⁶Figure 11: Réducteur de débit pour douche

✓ Les w.c.

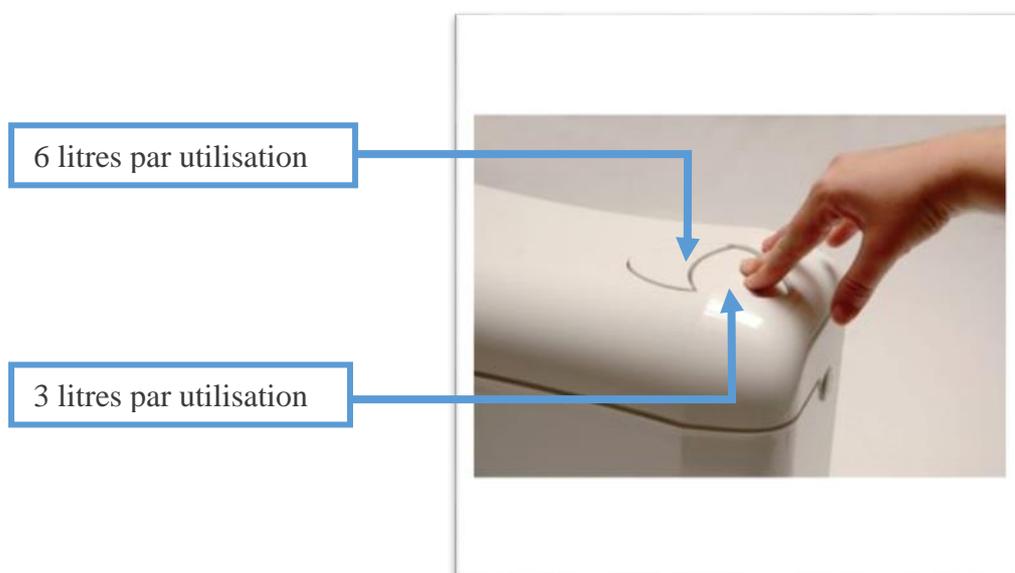
⁵ <http://www.aqua-techniques.fr/douche-economique-c102x1811395>

⁶ <https://www.sider.biz/produit/regulateur-de-debit-de-douche-laiton-pcr.44567>

Plusieurs possibilités existent pour faire des économies d'eau au niveau de ce poste. Nous avons entre autres :

✓ **Les réservoirs à double débit :**

Ces types de réservoirs (**Figure 12**) livrent des débits de 3 à 6l ou 6 à 9l par réglages du flotteur, au lieu de 12 l fournis par les réservoirs classiques ce qui permet de faire l'économie de 3 à 9l par utilisation. Ils sont équipés du système exclusif de butée dorsale qui permet un appui accru contre le mur.



⁷Figure 12 : Réservoir à double débit

✓ **Le stop eau WC**

Le Stop-Eau WC (**Figure 13**) s'insère ou s'éclipse au niveau du mécanisme des toilettes. La quantité d'eau libérée par la chasse dépend de la durée de pression exercée sur le bouton ou la tirette de fonctionnement de la chasse d'eau. Il est, en cela, dépendant de l'utilisateur et est donc préférable dans l'habitat privé. Ainsi, l'utilisateur peut contrôler le débit suivant le besoin. Suspendu à l'intérieur ou fixé à l'extérieur du tuyau de trop-plein, le stop-eau est adapté à la plupart des réservoirs de w.c..

⁷ <https://www.sider.biz/produit/reservoir-attendant-double-debit-sider.45117#>



⁸Figure 13 : Stop eau w.c.

✓ Les éco plaquettes

Dans une chasse d'eau de WC, à chaque utilisation, les 3 à 4 derniers litres (30 à 40% du volume du réservoir) sont évacués sans pression, donc sans efficacité.

Les éco plaquettes (**Figure 14**) permettent de piéger ces 4 derniers litres sans incidence sur les 5 à 6 litres d'eau qui créent la pression et l'efficacité. Il s'agit de deux plaquettes en polymère que l'on dispose à l'intérieur du réservoir de WC et qui retiennent de chaque côté de la colonne d'évacuation une partie de la quantité d'eau qui arrive sans pression à la base de la cuvette. Ce mécanisme est indépendant de l'utilisation et de l'utilisateur et est bien adapté aux lieux publics.



⁹Figure 14 : Les éco plaquettes pour w.c.

⁸ http://www.cieleo.com/images/214/p/214_128644_max.jpg

⁹ <https://www.sider.biz/produit/economiseur-pour-reservoir-ecoplaquettes.45242>

✓ Les urinoirs à bouton poussoirs

Ces types d'urinoirs (**Figure 15**) sont équipés d'un bouton poussoir dont le débit de sortie par utilisation est réglable. Ils permettent de faire d'importantes économies d'eau par rapport aux urinoirs équipés de robinets classiques.



¹⁰Figure 15 : Urinoir à bouton poussoir

¹⁰ <https://www.sider.biz/produit/urinoir-pret-a-poser.45036>

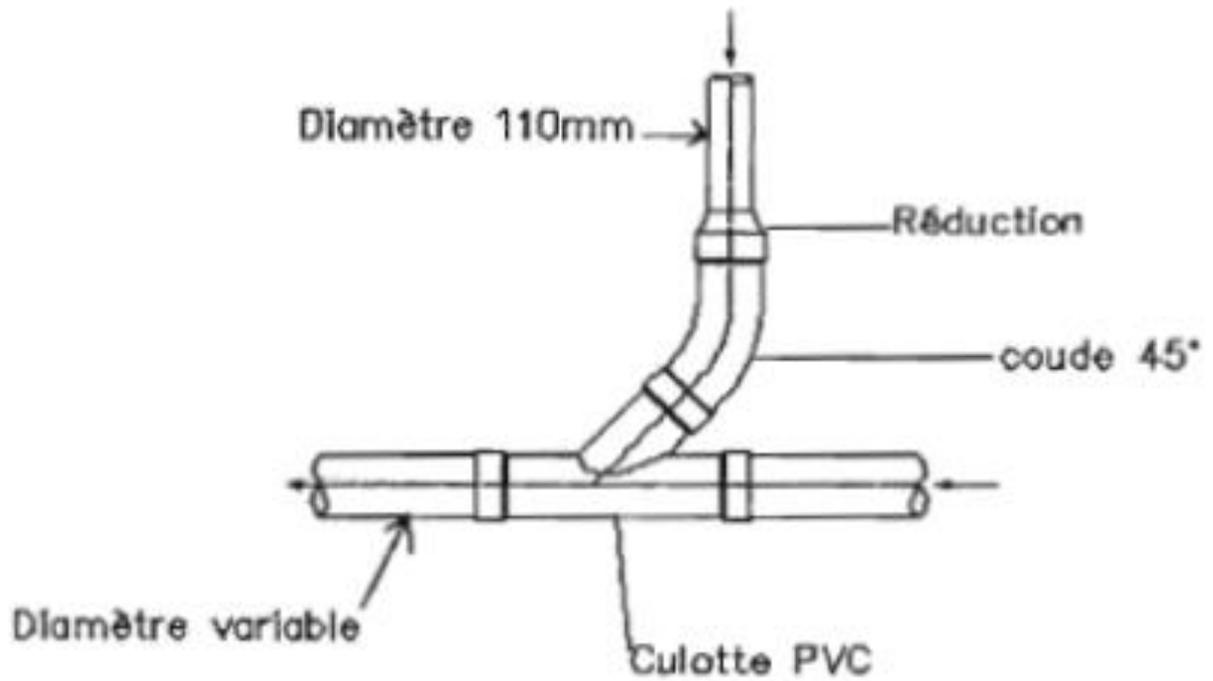
Annexe 5 : Exemple de fiche de suivi des Compteurs

Fiche de suivi des compteurs						
Nom :						
Prénom :						
Numéro du compteur	Date de relevé	ancien index	Date de relevé	Nouvel index	Consommation en m ³	Observation

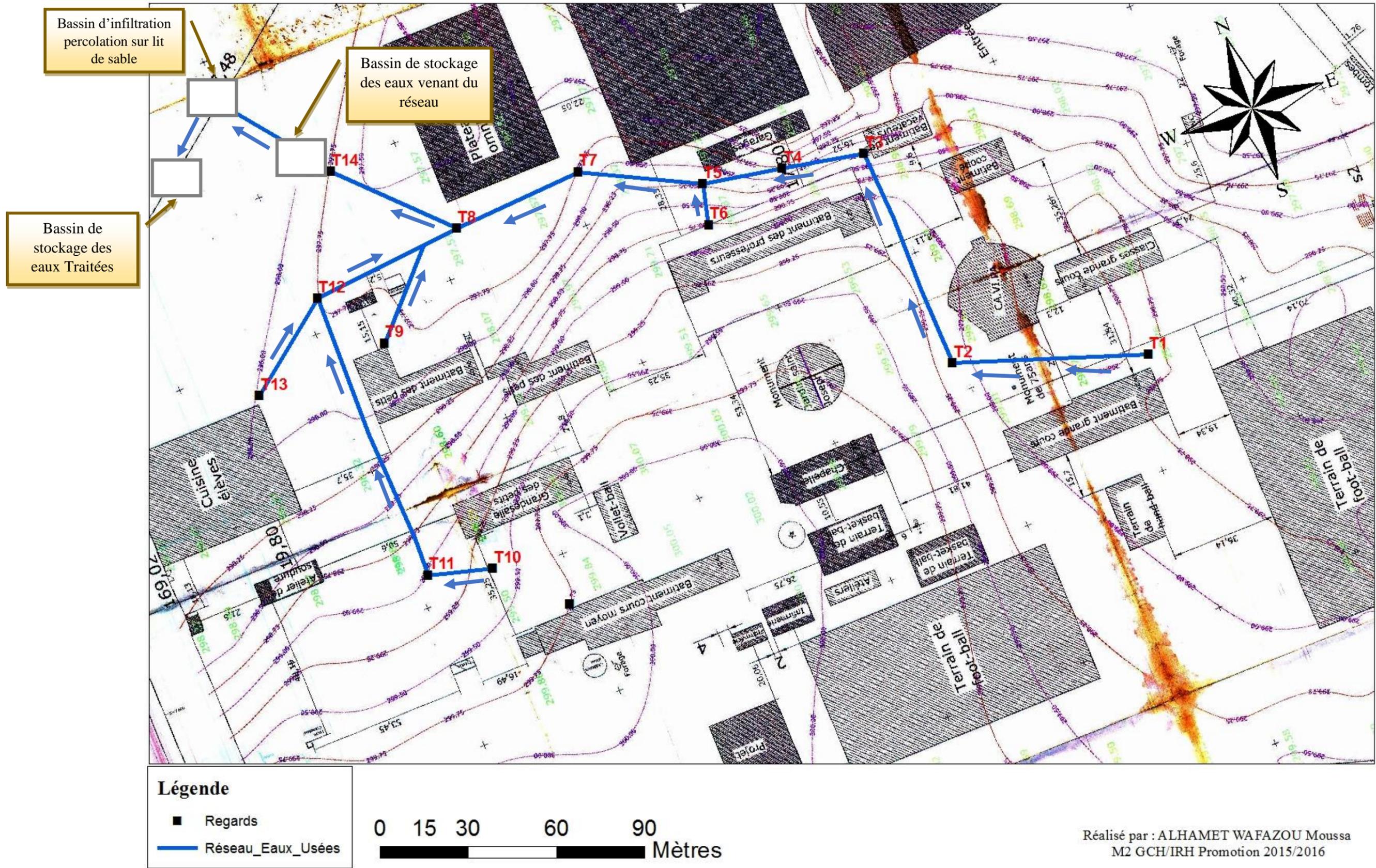
Annexe 6 : Etats de lieux des Ouvrages d'assainissement autonome

	Système en place	Constats
Bâtiment administratif	<ul style="list-style-type: none"> • Puits perdus recevant les eaux usées des (salle d'eau, WC et toilettes) 	Pas de problème
Cuisine des élèves	<ul style="list-style-type: none"> • Puits perdu 	Pas de problème
Bâtiment des petits	<ul style="list-style-type: none"> • Latrines VIP (6 cabines) 	Pas de problème
	<ul style="list-style-type: none"> • Puits perdus recevant les eaux usées (salle d'eau et toilettes) 	
Bâtiment des grands	<ul style="list-style-type: none"> • Latrines (12 cabines) 	Pas de problème
	<ul style="list-style-type: none"> • Puits perdus recevant les eaux usées (salle d'eau et toilettes) 	Pas de problème
Bâtiment des moyens	<ul style="list-style-type: none"> • Latrines VIP (7 cabines) 	Pas de problème
	<ul style="list-style-type: none"> • Puits perdus recevant les eaux usées des (salle d'eau, WC, urinoirs et toilettes) 	Remontée à la surface du sol des eaux de certains puits perdus

Annexe 7 : Té "culotté" (Clean- Out)



Annexe 8 : Tracé du réseau d'évacuation



Annexe 9 : Caractéristiques hydrauliques des conduites circulaires basées sur la formule de Manning et Strickler

d/D	DIAMETER (m)																	
	0.100		0.150		0.200		0.250		0.300		0.375		0.400		0.450		0.500	
	V/I**0.5	Q/I**0.5	V/I**0.5	Q/I**0.5	V/I**0.5	Q/I**0.5	V/I**0.5	Q/I**0.5	V/I**0.5	Q/I**0.5	V/I**0.5	Q/I**0.5	V/I**0.5	Q/I**0.5	V/I**0.5	Q/I**0.5	V/I**0.5	Q/I**0.5
0.025	1.0733	0.0001	1.4064	0.0002	1.7037	0.0004	1.9770	0.0006	2.2325	0.0011	2.5905	0.0019	2.7044	0.0023	2.9253	0.0031	3.1381	0.0041
0.050	1.6902	0.0002	2.2147	0.0007	2.6829	0.0016	3.1132	0.0029	3.5155	0.0046	4.0793	0.0084	4.2586	0.0100	4.6064	0.0137	4.9416	0.0181
0.075	2.1968	0.0006	2.8785	0.0017	3.4870	0.0037	4.0463	0.0068	4.5692	0.0110	5.3020	0.0200	5.5350	0.0237	5.9871	0.0324	6.4227	0.0430
0.100	2.6392	0.0011	3.4583	0.0032	4.1893	0.0068	4.8812	0.0124	5.4894	0.0202	6.3698	0.0366	6.6498	0.0435	7.1930	0.0595	7.7163	0.0789
0.125	3.0368	0.0017	3.9792	0.0051	4.8204	0.0109	5.5935	0.0198	6.3163	0.0322	7.3293	0.0584	7.6515	0.0694	8.2765	0.0950	8.8787	0.1258
0.150	3.3999	0.0025	4.4550	0.0074	5.3968	0.0159	6.2623	0.0289	7.0716	0.0470	8.2057	0.0852	8.5664	0.1013	9.2661	0.1386	9.9403	0.1836
0.175	3.7350	0.0034	4.8941	0.0102	5.9286	0.0219	6.8795	0.0397	7.7685	0.0645	9.0144	0.1170	9.4107	0.1390	10.1793	0.1903	10.9199	0.2520
0.200	4.0463	0.0045	5.3021	0.0133	6.4229	0.0287	7.4530	0.0521	8.4161	0.0847	9.7659	0.1536	10.1952	0.1824	11.0279	0.2497	11.8303	0.3307
0.225	4.3371	0.0057	5.6830	0.0169	6.8844	0.0364	7.9885	0.0660	9.0208	0.1074	10.4676	0.1947	10.9277	0.2313	11.8203	0.3166	12.6803	0.4193
0.250	4.6095	0.0071	6.0400	0.0209	7.3168	0.0449	8.4902	0.0815	9.5874	0.1325	11.1250	0.2402	11.6141	0.2853	12.5627	0.3906	13.4768	0.5173
0.275	4.8653	0.0085	6.3752	0.0252	7.7228	0.0542	8.9614	0.0983	10.1195	0.1599	11.7425	0.2899	12.2587	0.3443	13.2599	0.4714	14.2247	0.6243
0.300	5.1059	0.0101	6.6904	0.0298	8.1047	0.0642	9.4046	0.1165	10.6199	0.1894	12.3231	0.3434	12.8649	0.4079	13.9156	0.5584	14.9281	0.7396
0.325	5.3324	0.0118	6.9872	0.0348	8.4642	0.0749	9.8217	0.1359	11.0909	0.2209	12.8697	0.4006	13.4355	0.4758	14.5328	0.6514	15.5902	0.8627
0.350	5.5456	0.0136	7.2665	0.0401	8.8026	0.0863	10.2144	0.1564	11.5344	0.2543	13.3843	0.4611	13.9727	0.5477	15.1139	0.7498	16.2136	0.9930
0.375	5.7462	0.0155	7.5295	0.0458	9.1212	0.0981	10.5840	0.1780	11.9518	0.2894	13.8686	0.5246	14.4783	0.6232	15.6608	0.8531	16.8003	1.1299
0.400	5.9349	0.0174	7.7768	0.0513	9.4207	0.1105	10.9316	0.2004	12.3443	0.3259	14.3240	0.5909	14.9537	0.7019	16.1751	0.9609	17.3520	1.2726
0.425	6.1122	0.0194	8.0090	0.0573	9.7020	0.1234	11.2580	0.2237	12.7129	0.3638	14.7518	0.6596	15.4003	0.7835	16.6582	1.0726	17.8702	1.4206
0.450	6.2783	0.0215	8.2267	0.0634	9.9657	0.1366	11.5640	0.2477	13.0584	0.4029	15.1528	0.7304	15.8189	0.8676	17.1109	1.1877	18.3559	1.5730
0.475	6.4337	0.0237	8.4302	0.0697	10.2123	0.1502	11.8502	0.2723	13.3816	0.4428	15.5277	0.8029	16.2103	0.9537	17.5343	1.3056	18.8101	1.7292
0.500	6.5784	0.0258	8.6200	0.0762	10.4422	0.1640	12.1169	0.2974	13.6827	0.4836	15.8772	0.8768	16.5751	1.0414	17.9290	1.4257	19.2334	1.8882
0.525	6.7129	0.0280	8.7961	0.0827	10.6555	0.1780	12.3645	0.3228	13.9623	0.5249	16.2016	0.9516	16.9138	1.1304	18.2953	1.5475	19.6264	2.0494
0.550	6.8370	0.0303	8.9588	0.0892	10.8526	0.1921	12.5932	0.3484	14.2206	0.5665	16.5013	1.0271	17.2267	1.2200	18.6337	1.6701	19.9895	2.2119
0.575	6.9510	0.0325	9.1082	0.0958	11.0336	0.2063	12.8031	0.3740	14.4577	0.6082	16.7764	1.1027	17.5139	1.3098	18.9444	1.7931	20.3227	2.3748
0.600	7.0548	0.0347	9.2442	0.1023	11.1983	0.2204	12.9943	0.3996	14.6735	0.6498	17.0269	1.1781	17.7754	1.3994	19.2273	1.9157	20.6262	2.5372
0.625	7.1484	0.0369	9.3668	0.1088	11.3468	0.2344	13.1667	0.4249	14.8682	0.6910	17.2527	1.2528	18.0112	1.4881	19.4823	2.0372	20.8998	2.6981
0.650	7.2316	0.0391	9.4759	0.1152	11.4790	0.2481	13.3200	0.4499	15.0413	0.7318	17.4536	1.3264	18.2209	1.5755	19.7091	2.1569	21.1431	2.8565
0.675	7.3043	0.0412	9.5711	0.1215	11.5944	0.2616	13.4539	0.4743	15.1925	0.7713	17.6291	1.3984	18.4041	1.6610	19.9073	2.2738	21.3557	3.0115
0.700	7.3663	0.0433	9.6523	0.1275	11.6927	0.2747	13.5680	0.4980	15.3214	0.8097	17.7786	1.4681	18.5602	1.7439	20.0762	2.3873	21.5369	3.1618
0.725	7.4171	0.0452	9.7189	0.1334	11.7734	0.2872	13.6616	0.5207	15.4271	0.8467	17.9013	1.5352	18.6883	1.8235	20.2147	2.4964	21.6855	3.3063
0.750	7.4564	0.0471	9.7704	0.1389	11.8357	0.2991	13.7340	0.5424	15.5088	0.8819	17.9961	1.5990	18.7872	1.8993	20.3217	2.6002	21.8003	3.4436
0.775	7.4835	0.0489	9.8059	0.1441	11.8788	0.3103	13.7839	0.5627	15.5652	0.9149	18.0615	1.6589	18.8555	1.9704	20.3956	2.6975	21.8795	3.5725
0.800	7.4976	0.0505	9.8244	0.1489	11.9012	0.3207	13.8099	0.5814	15.5946	0.9454	18.0956	1.7140	18.8911	2.0359	20.4341	2.7872	21.9209	3.6913
0.825	7.4978	0.0520	9.8246	0.1532	11.9014	0.3299	13.8101	0.5982	15.5948	0.9728	18.0959	1.7637	18.8914	2.0949	20.4344	2.8680	21.9212	3.7983
0.850	7.4824	0.0532	9.8045	0.1570	11.8770	0.3380	13.7819	0.6129	15.5629	0.9966	18.0589	1.8069	18.8527	2.1463	20.3926	2.9382	21.8763	3.8914
0.875	7.4496	0.0543	9.7614	0.1601	11.8249	0.3447	13.7214	0.6250	15.4946	1.0162	17.9796	1.8425	18.7700	2.1885	20.3031	2.9961	21.7803	3.9680
0.900	7.3961	0.0551	9.6914	0.1623	11.7401	0.3496	13.6230	0.6339	15.3835	1.0308	17.8507	1.8689	18.6354	2.2199	20.1575	3.0391	21.6241	4.0249
0.925	7.3171	0.0555	9.5879	0.1637	11.6147	0.3525	13.4775	0.6390	15.2192	1.0391	17.6600	1.8840	18.4363	2.2378	19.9422	3.0636	21.3932	4.0574
0.950	7.2032	0.0555	9.4386	0.1637	11.4339	0.3525	13.2676	0.6391	14.9822	1.0392	17.3851	1.8842	18.1493	2.2381	19.6317	3.0639	21.0601	4.0578
0.975	7.0314	0.0549	9.2134	0.1617	11.1611	0.3483	12.9511	0.6315	14.6247	1.0269	16.9703	1.8618	17.7163	2.2115	19.1633	3.0275	20.5576	4.0096
1.000	6.5784	0.0517	8.6200	0.1523	10.4422	0.3280	12.1169	0.5948	13.6827	0.9672	15.8772	1.7536	16.5751	2.0829	17.9290	2.8515	19.2334	3.7765

Annexe 10 : Profils en long du réseau d'évacuation

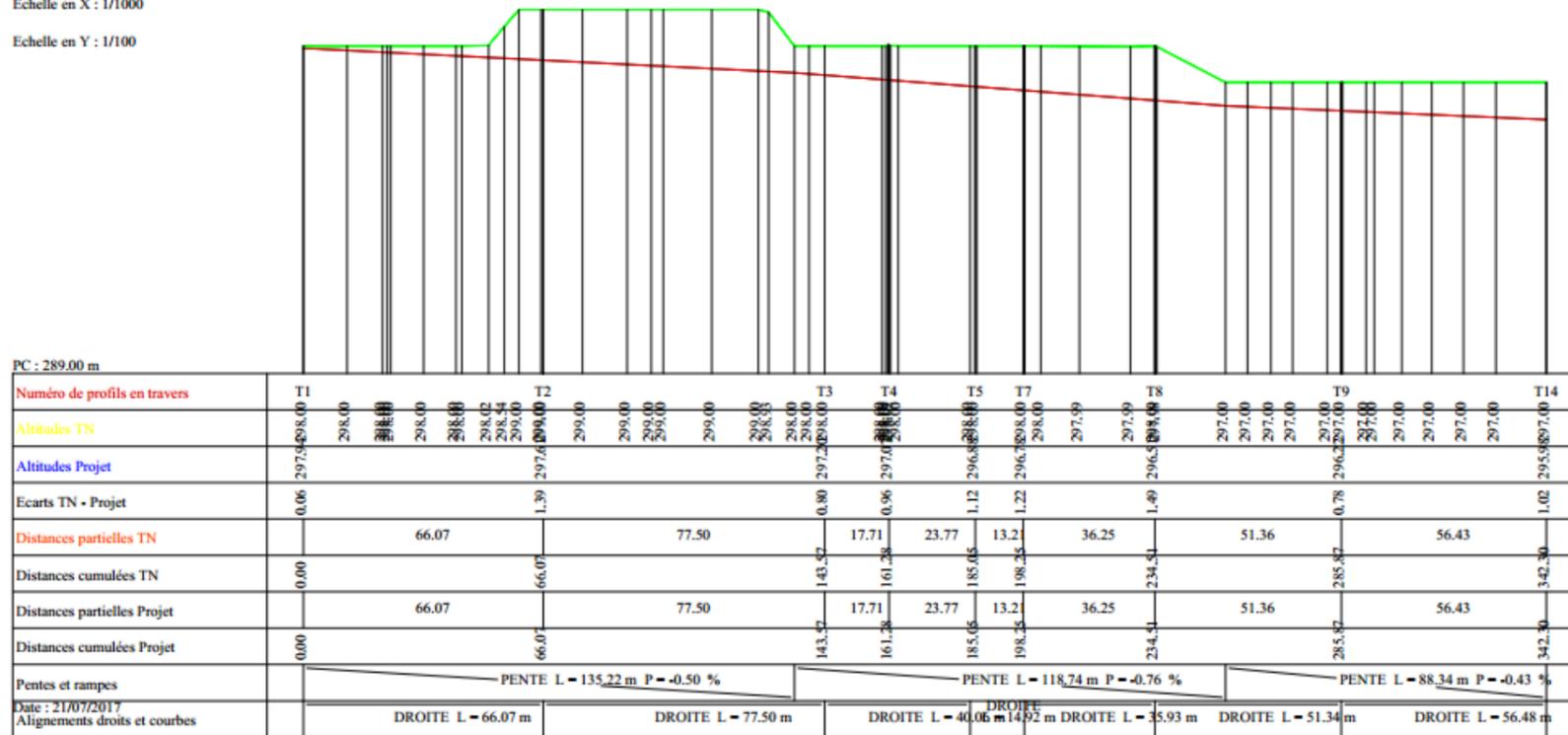


Profil dessiné par Covadis

Profil n°: 1

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100

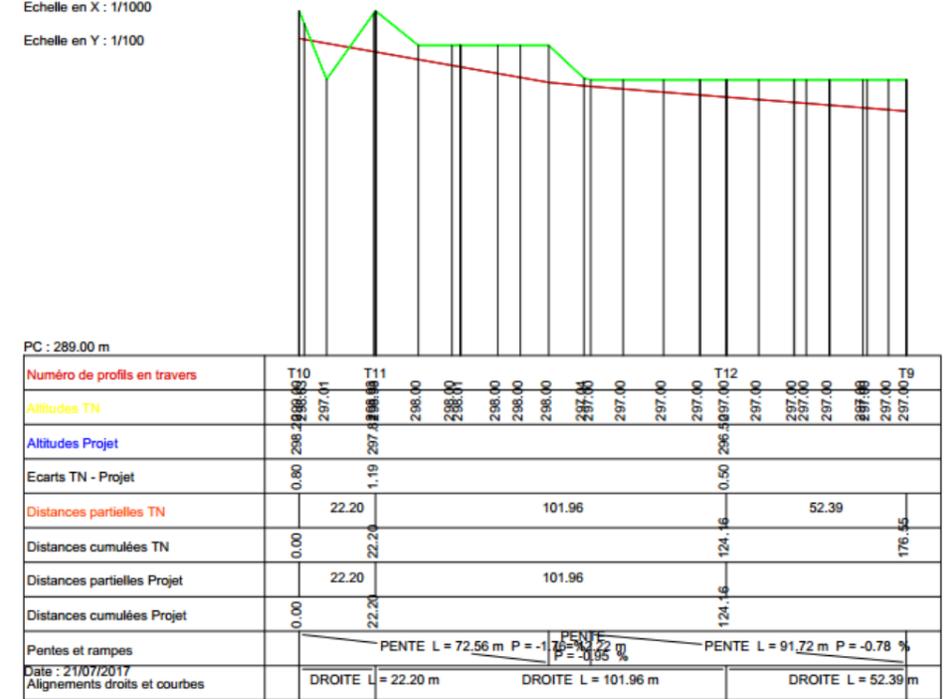


Profil dessiné par Covadis

Profil n°: 1

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100



Annexe 11 : Analyses physico-chimiques et bactériologiques

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire (LEDES) du 2^{ie} 2h après avoir effectué l'échantillonnage.

Échantillonnage

C'est l'action qui consiste à prélever une partie considérée comme représentative d'une masse d'eau en vue de l'examen de diverses caractéristiques définies.

Dans le cadre de cette étude, l'échantillonnage a été fait en fonction de la disponibilité des consommables nécessaire pour les différentes analyses. Ainsi trois échantillons ont été prélevés au niveau des puits perdus du site pour les analyses physico-chimiques et un échantillon pour les analyses microbiologiques.

Le matériel utilisé pour l'échantillonnage est :

- Flacons de prélèvement de 0,5 l
- Une glacière de conservation avec accumulateur de froid
- Des gants
- Marqueur et ruban adhésif pour étiqueter

Matériels et méthodes d'analyses des différents paramètres

Potentiel d'Hydrogène (pH) ; température et conductivité électrique ont été mesurées à l'aide de la sonde multi paramètres WTW 3110 (Conductivité et température) et de la sonde WTW 3310 (pH).

Matières en suspensions (MES) ont été déterminées par filtration d'un volume d'échantillon de (100 mL) sur un filtre wathman. Le filtre et son substrat ont été séchés soigneusement dans l'étuve à 105°C pendant environ une heure trente minutes. La concentration en MES a été calculée en utilisant la formule suivante :

$$MES(mg/l) = \frac{M_1 - M_0}{V} \times 1000$$

M_1 = Masse de la membrane filtrante avant utilisation en mg

M_0 = Masse de la membrane filtrante avant utilisation en mg

V = Volume d'eau utilisé en ml

Demande chimique en oxygène (DCO) est obtenue par oxydation chimique en milieu acide, l'acide sulfurique (H_2SO_4) et le dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) ont été utilisés comme

oxydant. La réaction a duré deux heures à 150°C. Ensuite, l'échantillon a été laissé refroidir à la température ambiante du laboratoire. En fin, la lecture a été faite avec le Spectrophotomètre HACH DR 2000.

Demande biochimique en Oxygène (DBO) a été déterminée par la méthode respirométrique à l'aide d'OxiTop. Les résultats sont obtenus 5 jours après.

Les Composés Azotés (NO₂⁻ ; NO₃⁻) et les Orthophosphates (PO₄³⁻) ont été déterminés avec le Spectrophotomètre HACH DR 5000 avec les différents réactifs enregistrés automatiquement dans le spectrophotomètre DR 5000.

Coliformes fécaux et Escherichia coli ont été déterminés par la méthode de l'étalement en surface suivie d'une incubation à 44,5°C pendant une période de 24 heures. Les conditions d'isolement des différents germes se résument dans le tableau suivant :

Germes	Milieu de culture	Température et durée d'incubation	Colonies caractéristiques
Coliformes fécaux	Chromocult Agar	44,5°C; 24 h	Bleu ou Rouge
E. coli	Chromocult Agar	44,5°C; 24 h	Bleu ou violet

Le dénombrement a été fait en utilisant 100 µl d'échantillon convenablement dilué, puis rapporté à 100 ml. Le nombre de colonies pour 100 ml d'échantillon est obtenu par la relation :

$$N = \frac{n}{V \times d}$$

N = nombre de bactéries recherché pour 100 ml d'échantillon

n = nombre de colonies caractéristiques comptées sur la boîte de Pétri

V = taux de dilution de l'échantillon ensemencé

d = volume d'essai (ml)

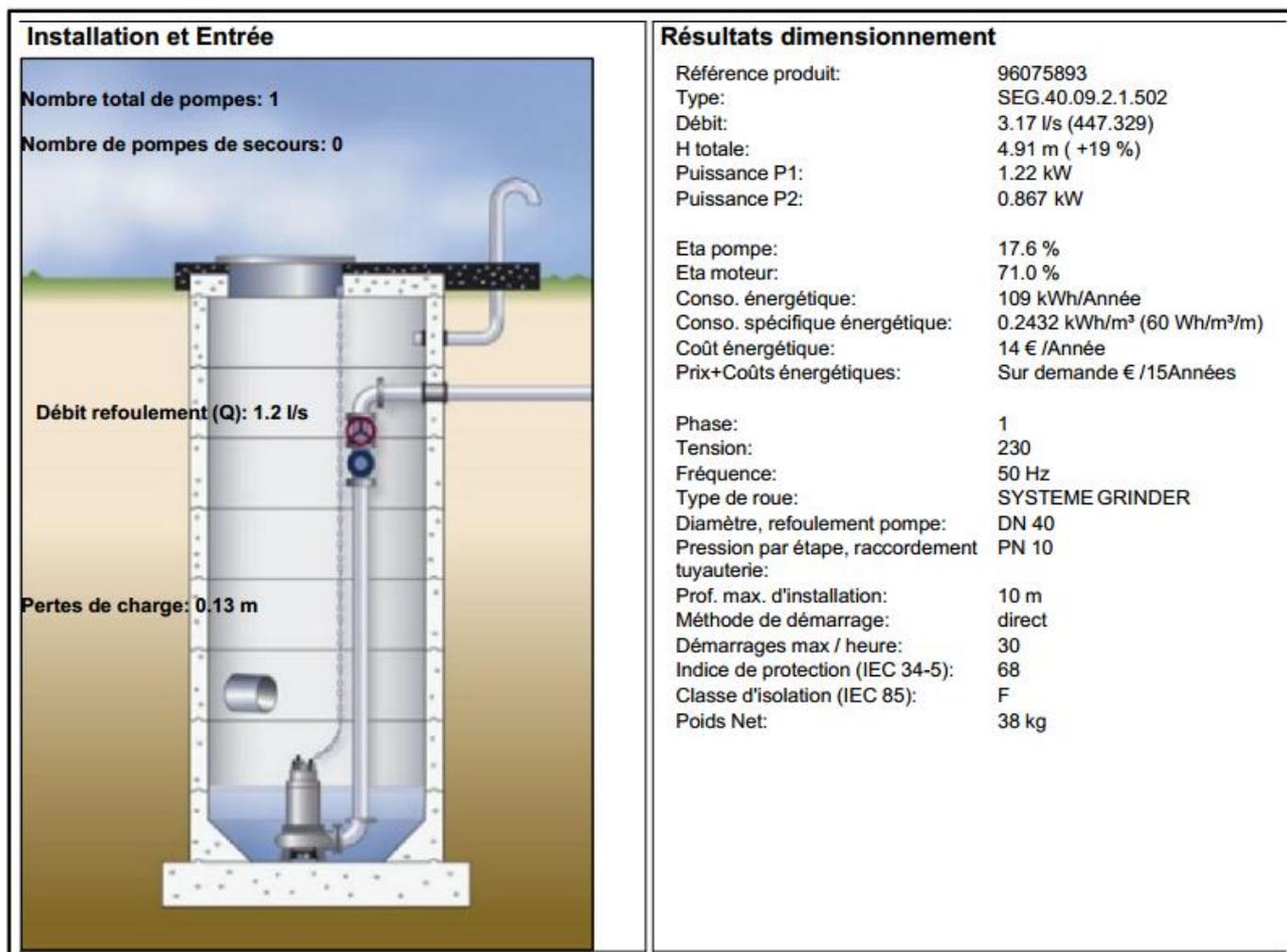
Annexe 12 : Avantages et inconvénients des différents systèmes de traitements des eaux usées (SARR, 2005)

Système	Avantages	Inconvénients
Boues activées	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites) ; - Bonne qualité des rejets ; - adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles ; boues légèrement stabilisées ; 	<ul style="list-style-type: none"> Coûts d'investissement assez importants ; - consommation énergétique importante ; - nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière ; - sensibilité aux surcharges hydrauliques ; - décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser ; - forte production de boues qu'il faut concentrer.
Lits bactériens	<ul style="list-style-type: none"> - Faible consommation d'énergie ; - Fonctionnement simple demandant peu d'entretien et de contrôle ; - Relative insensibilité aux surcharges hydrauliques passagères - bonne décantation des boues ; - plus faible sensibilité aux variations. 	<ul style="list-style-type: none"> Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées, qui tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception ; - Coûts d'investissement assez élevés ; - nécessité de prétraitements efficaces ; - Sensibilité au colmatage et au froid ; - source de développement d'insectes (en cas de conception et/ou d'exploitation défectueuse) ; - Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés.
Disques biologiques	<ul style="list-style-type: none"> - Généralement adaptés pour les petites collectivités ; - Bonne décantation des boues ; - Faible consommation d'énergie ; - Fonctionnement simple demandant peu d'entretien et de contrôle; - Plus faible sensibilité aux variations de charge que la technique des boues activées. 	<ul style="list-style-type: none"> - Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées, qui tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. - coûts d'investissement importants ; - Grande sensibilité aux variations de température ce qui crée une obligation de couverture ; - Boues putrescibles.
Lits d'infiltration percolation	<ul style="list-style-type: none"> - Adapté aux petites collectivités ; - Bonne qualité de l'eau traitée par rapport au lagunage ; - Élimination importante de l'azote par nitrification ; - Élimination possible de pathogène (désinfection) pour de grande 	<ul style="list-style-type: none"> - Risque de colmatage ; - Risque de mauvaise intégration dans l'environnement si découvert : odeur, visuel ; - Faible élimination de l'azote par dénitrification ;

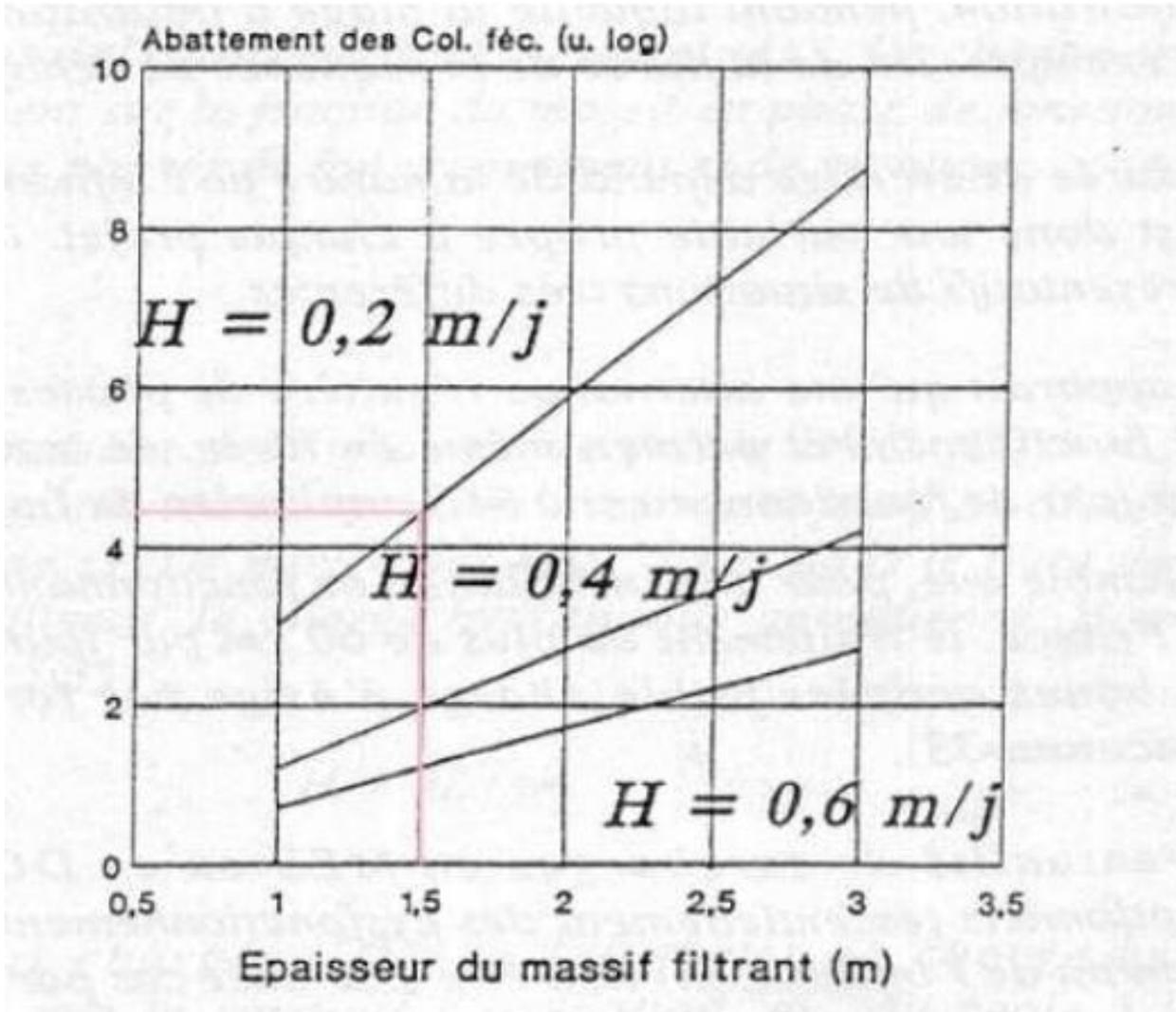
	<p>hauteur de massif filtrant (sable) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Emprise au sol limitée par rapport au lagunage ; - Faibles contraintes et coûts d'exploitation : exploitation simple et de durée limitée ; - Bonne intégration dans l'environnement : possibilité de couvrir le lit avec de la terre végétale) ; - Rusticité du procédé : pas d'obligation de raccordement électrique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu adapté sur les réseaux unitaires (surcharges hydrauliques).
Biofiltres	<ul style="list-style-type: none"> - adapté pour les collectivités de taille moyenne à importante ; - bonne élimination de MES ; - bon traitement d'effluents dilués (unitaire, traitement tertiaire) ; - très peu de pertes pour les boues produites ; - compacité de l'installation et faible emprise au sol. Cela offre une facilité de couverture et donc de désodorisation et par là une meilleure intégration dans l'environnement (adapté aux zones de montagne, au littoral, aux zones urbaines denses, etc.). - facilité d'automatisation. 	<ul style="list-style-type: none"> - peu adapté aux effluents concentrés : nécessité d'une pré-épuration ou de prétraitements poussés (tamisage) ; - coûts d'exploitation élevés (énergie) ; - coûts d'investissement élevés ; - sensible aux brusques variations de charge hydraulique ; - sensible au colmatage ; - production de boues diluées ; - consommation importante d'eau traitée au lavage.
Filtres plantés à écoulement vertical	<p>Facilité et faible coût d'exploitation. Aucune consommation énergétique si la topographie le permet ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes ; - Gestion réduite au minimum des boues ; - Bonne adaptation aux variations saisonnières de population. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exploitation régulière, faucardage annuel de la partie aérienne des roseaux, désherbage manuel avant la prédominance des roseaux - Risque de présence d'insectes ou de rongeur
Filtres plantés à écoulement vertical	<p>Faible consommation énergétique : ne nécessite pas une pente importante pour l'écoulement par gravité ;</p> <p>Aucune nécessité d'une qualification poussée pour l'entretien</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bonne réaction aux variations de charge. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'emprise au sol est importante ; - Une installation pour des tailles d'environ 4.000 EH ne peut s'envisager que sous réserve d'une réflexion poussée des conditions d'adaptation des bases de dimensionnement et de l'assurance de la maîtrise de l'hydraulique.
Lagunage aéré	<ul style="list-style-type: none"> - Procédé simple ; - Très peu sensible aux variations des charges polluantes ; - Requiert un personnel moyennement qualifié. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'avoir plusieurs bassins de lagune et d'entretenir quelques matériels électromécaniques ; - Risque élevé de relargage des algues ;

		- Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres.
Lagunage naturel à microphytes	<ul style="list-style-type: none"> - généralement pour des petites stations de taille inférieure à 2000 EH ; - bien adapté au réseau unitaire (charge hydraulique - dilution) ; - coûts d'investissement limités (en absence de forte contrainte d'étanchéité) ; - faibles coûts d'exploitation ; - bonne intégration dans l'environnement ; - bonne élimination des pathogènes ; - boues peu fermentescibles ; - raccordement électrique inutile ; - bonne élimination de l'azote (70 %) et du phosphore (60 %) ; - Élimination de 60 à 30% de la DBO et de la DCO respectivement au niveau du bassin facultatif pour des charges inférieures à 500 kg DBO /ha/j et une élimination de 30% de l'azote total (Koné, 2002). 	<ul style="list-style-type: none"> - emprise au sol importante ; - contraintes de nature de sol et d'étanchéité ; - variation saisonnière de la qualité de l'eau traitée ; - nuisances en cas de défaut de conception et/ou d'exploitation (rongeurs, odeurs, moustiques) ; - élimination de l'azote et du phosphore incomplète ; - difficultés d'extraction des boues ; - taille > 100 EH ; - pas de réglage possible en exploitation ; - sensibilité aux effluents septiques et concentrés.

Annexe 13 : Caractéristiques de la pompe



Annexe 14 : Abattement des coliformes fécaux en fonction de la charge hydraulique (H en m/j) et de l'épaisseur du massif filtrant (Agence de l'eau française, 1993)



Annexe 15 : Pièces graphiques du système de traitement

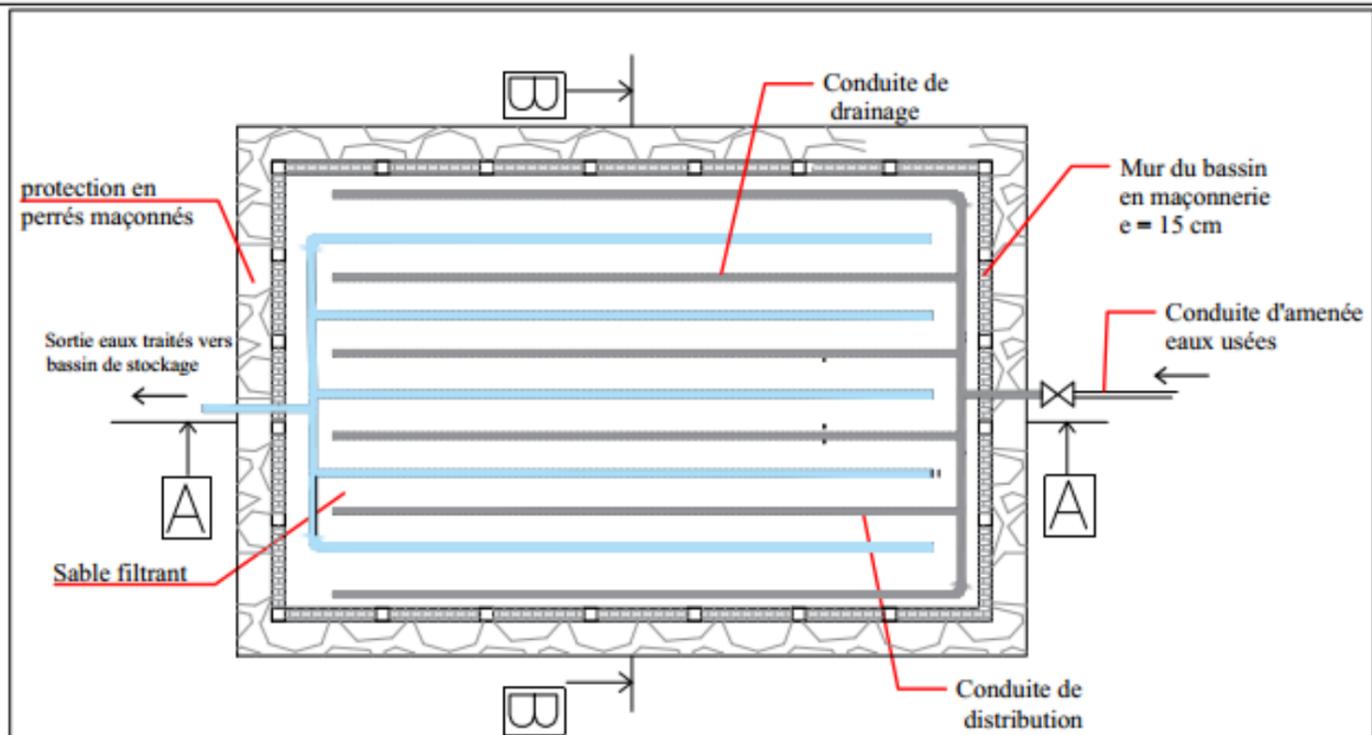
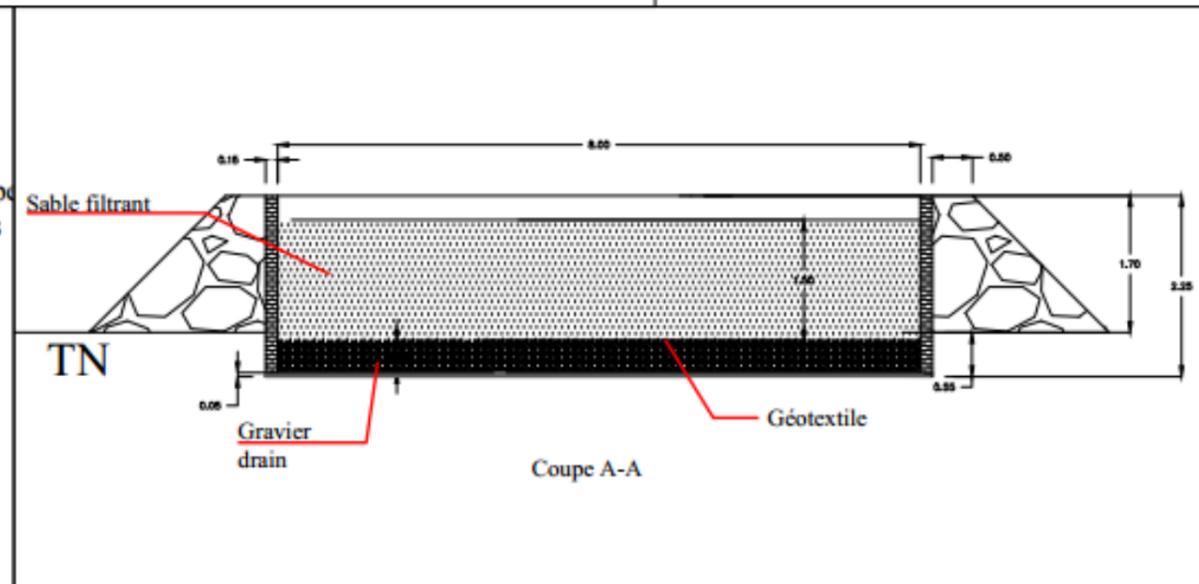
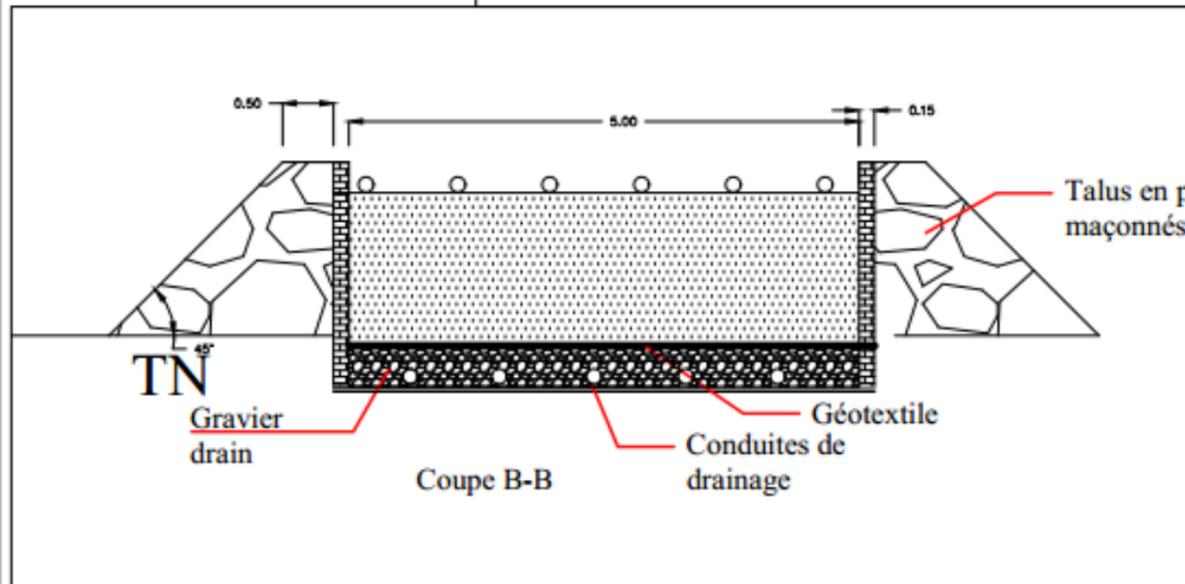


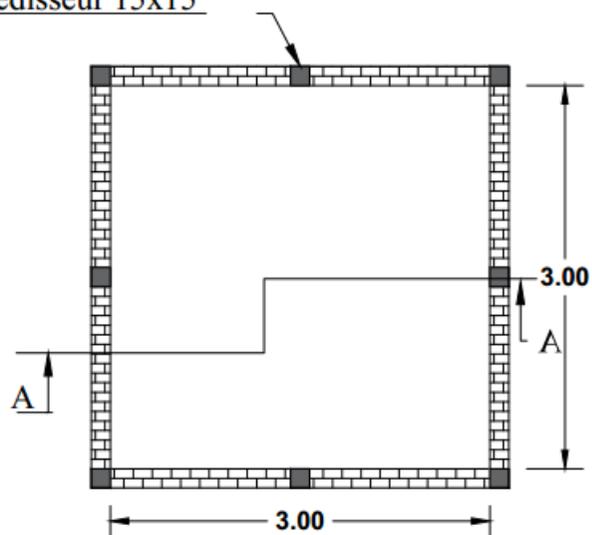
Figure 1 : Vue en plan du bassin d'infiltration



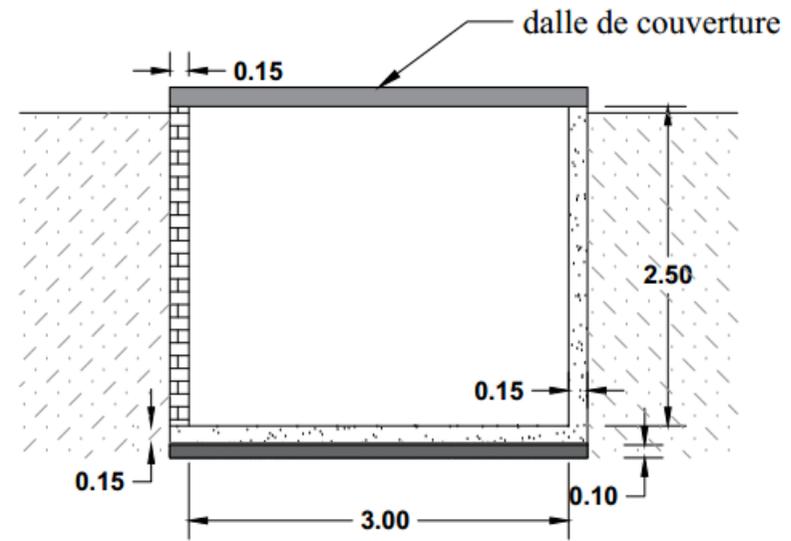
	Mémoire de fin de Cycle	
	THEME: Etude du potentiel de réduction de facture d'eau du Petit Séminaire de Pabré	
	Dessiné par : ALHAMED WAFAZOU Moussa M2 GCH/IRH 2iE Promotion 2015/2016	Date : Juillet 2017

Bassin de stockage des eaux traitées

Rédisseur 15x15



Titre : vue en plan Bassin de stockage



Titre : Coupe A-A



Mémoire de fin de Cycle

THEME: Etude du potentiel de réduction de facture d'eau du Pétit Séminaire de Pabré

Dessiné par :
ALHAMED WAFAZOU Moussa M2 GCH/IRH 2iE
Promotion 2015/2016

Date :
Juillet 2017