CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME D'ADDUCTION EN EAU POTABLE (AEP) MULTI-VILLAGES : CAS DE LAGO ET YITAORE, COMMUNE DE GOURCY (REGION DU NORD AU BURKINA FASO)

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT OPTION : INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES

Présenté et soutenu publiquement le 03/07/2019 par

Augustin SARE (20090664)

Encadrant 2iE : Angelbert Chabi BIAOU
Docteur en Hydrologie/Hydrogéologie, Enseignant Chercheur à 2iE

Maître de stage : Zakariaya BELEM
Ingénieur en Génie Rural, Directeur Technique de AC3E

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Lawani MOUNIROU

Membres et correcteurs : Moussa FAYE
Roland YONABA
Angelbert Chabi BIAOU

PROMOTION [2018/2019]

CITATIONS

« Nous ne pourrons vaincre aucune des maladies infectieuses qui affligent les pays en développement tant que nous n'aurons pas gagné la bataille pour l'eau potable, l'assainissement et les soins de santé de base »

Kofi Annan, *Diplomate, économiste, Homme d'état, Homme politique, Humaniste, Scientifique (1938 - 2018)*

DEDICACES

- ***A l'ETERNEL DIEU**, qui sait placer des personnes ressources sur notre chemin, et nous soutient pendant les moments difficiles*
- *A mes chers parents pour leurs soutiens morals et spirituels*
- *A ma fille Grace Elsa Emmanuella puisse-t-elle grandir en taille et en sagesse*
- *A mes amis et à tous ceux qui ont passés avec moi des moments inoubliables*

REMERCIEMENTS

Qu'il nous soit permis de témoigner notre profonde gratitude à toute l'équipe pédagogique responsable de la formation en Master Infrastructures et Réseaux Hydrauliques de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la qualité de la formation dont nous avons bénéficié pendant notre cursus, Mention spécial à notre encadreur interne, j'ai nommé Dr Angelbert Chabi BIAOU, dont les précieux conseils et critiques ont guidé la rédaction du présent mémoire.

Notre reconnaissance va à l'endroit de M. OUEDRAOGO Adama, Directeur de l'Agence Conseils pour l'Equipement, l'Eau et l'Environnement (AC3E), qui a accepté de nous accueillir au sein de sa structure. Nous remercions particulièrement M. BELEM Zakariaya, Ingénieur du Génie Rural, Directeur Technique de AC3E, notre maitre de stage pour son assistance technique et son accompagnement tout au long du stage. Nous adressons également nos sincères remerciements à M. KOUDOUGOU Barnabé, Ingénieur du Génie rural, pour sa disponibilité et ses conseils inestimables. A tout le personnel de AC3E, nous vous adressons nos vifs remerciements.

RESUME

Les localités de Lago et Yitaoré sont deux villages de la commune de Gourcy, province du Zondoma, région du Nord du Burkina Faso. Ces deux villages ont un taux d'accès à l'eau potable de 65.7% assuré exclusivement par des pompes à motricité humaine et des puits. C'est dans ce contexte que le Ministère de l'Eau et de l'Assainissement a initié un projet de réalisation d'un système d'Adduction en Eau Potable Multi-villages au profit de ces deux villages. Cette étude : **« conception et dimensionnement d'un système d'adduction en eau potable multi-villages : cas de Lago et Yitaoré, commune de Gourcy »** apporte un éclairage sur la conception technique des ouvrages du système d'adduction en eau potable (château d'eau, forage, conduite du réseau, borne fontaine, branchement privé, ouvrage de fonctionnalité, ouvrage de régulation et protection des installations). Avec une population estimée à **9624 habitants** à l'échéance du projet en 2040, un besoin journalier de **289.6m^3**, un château d'eau de **80m^3**, le système d'AEP desservira 13 bornes fontaines, équipées de deux robinets 0.5l/s et 50 branchements privés à partir d'un réseau mixte (ramifié et trois mailles). Après la conception, des simulations de ruptures de conduites ont été faites sur le logiciel Epanet afin d'apprécier l'impact éventuel sur la fourniture en eau. Le coût global du projet a été estimé à **283 798 495 FCFA** et un coût de revient du mètre cube d'eau à **378 F CFA**. Les installations du système AEP seront alimentées par des panneaux photovoltaïques et un groupe électrogène en appoint. Un accent particulier a été accordé au mode de gestion par le futur fermier ; également un plan de gestion environnemental a été proposé pour atténuer les impacts du projet sur l'environnement.

Mots Clés : AEP, Lago, Yitaoré, Réseau maillé, Réseau ramifié, Simulation.

ABSTRACT

The localities of Lago and Yitaoré are two villages in the commune of Gourcy, Zondoma province, a region of northern Burkina Faso. These two villages have a drinking water access rate of 65.7% provided exclusively by human powered pumps and wells. It is in this context that the Ministry of Water and Sanitation has initiated a project to implement a multi-village drinking water supply system for populations of both villages. This study: **"Design and dimensioning of a multi-village drinking water supply system: case of Lago and Yitaoré, commune of Gourcy"** shows the technical design of the drinking water supply system (water tower, drilling, network control, standpipe, private connection, structure of functionality, control structure and protection of facilities). With an estimated population of **9624 inhabitants** at the end of the project in 2040, a daily need of **289.6m^3**, a water tower of **80m^3,** the AEP system will serve 13 standpipes, equipped with two 0.5l / s taps and 50 private connections from a mixed network (branched and three meshes). After the design, simulations of pipe breaks were made on the Epanet software in order to assess the possible impact on the water supply. The overall cost of the project was estimated at **283,798,495 FCFA** and a cost per cubic meter of water at **378 F CFA**. The installations of the AEP system will be powered by photovoltaic panels and an additional generator. Special emphasis was given to the management style by the future farmer; an environmental management plan has also been proposed to mitigate the environmental impacts of the project.

Key words: AEP, Lago, Yitaoré, Mesh network, Ramified network, Simulation.

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)
AC3E	Agence Conseils pour l'Equipement, l'Eau et l'Environnement
AEP	Adduction en Eau Potable
BF	Borne Fontaine
BP	Branchement Privé
CPE	Centre de Production d'Eau
CSPS	Centre de Santé et de Promotion Sociale
DGEP	Direction General de l'Eau Potable
DN	Diamètre Nominal
DREA-NORD	Direction Régional de l'Eau et de l'Assainissement de la région du Nord
GPS	Global Positioning System
HMT	Hauteur Manométrique Totale
INOHA	Inventaire Nationale des Ouvrages Hydrauliques et d'Assainissement
ISO	International Standard Organisation
MEA	Ministère de l'Eau et de l'Assainissement
NPSH	Net Pressure Suction Head (hauteur de charge nette absolue à l'aspiration)
ODD	Objectifs du Développement Durable
OMD	Objectifs du Millénaire pour le Développement
ONEA	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PEM	Point d'Eau Moderne
PMH	Pompe à Motricité Humaine
PN	Pression Nominale
PN 10, 16	Pression Nominale 10 bars, 16 bars
PN-AEP	Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable
PV	Photovoltaïque
PVC	PolyVinylChloride
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SONABEL	Société Nationale Burkinabé d'Electricité

SOMMAIRE

CITATIONS I
DEDICACES II
REMERCIEMENTS III
RESUME IV
ABSTRACT V
LISTE DES ABREVIATIONS VI
LISTE DES TABLEAUX IX
LISTE DES FIGURES X
I. INTRODUCTION 1
II. OBJECTIFS DU TRAVAIL 3
II.1. Objectif global 3
II.2. Objectifs spécifiques 3
III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 4
III.1. Situation géographique de la zone d'étude 4
III.2. Milieu physique de la zone d'étude 6
III.3. Données démographiques 8
III.4. Etat des lieux des infrastructures hydrauliques 11
IV. MATERIELS ET METHODES 12
IV.1. Méthodologie de travail 12
IV.2. Matériels utilisés 15
IV.3. Hypothèse de calcul 16
V. RESULTATS ET DISCUSSION 28
V.1. Résultat du calcul des besoins 28
V.2. Résultat du dimensionnement du refoulement 30
V.3. Résultat du dimensionnement du château 37
V.4. Résultat du dimensionnement du réseau de distribution 39
V.5. Résultat des simulations 45
V.6. Dimensionnement des ouvrages annexes 48
V.7. Traitement de l'eau 52

V.8. Notice d'impact environnemental et social 53
V.9. Evaluation du coût du projet 54
V.10. Estimation du coût de l'eau 55
V.11. Mode de gestion 57
VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES 58
VII. RECOMMANDATIONS 59
BIBLIOGRAPHIE i
ANNEXES ii

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des quartiers des villages de Lago et Yitaore 4
Tableau 2 : Population projetée en 2019 8
Tableau 3 : Infrastructures socio-économiques 10
Tableau 4 : Partenaires au développement et services techniques 10
Tableau 5 : Etat des lieux des PMH de Lago et Yitaoré 11
Tableau 6 : Liste des matériels utilisés 15
Tableau 7 : Calcul des besoins de production de pointe journalière 28
Tableau 8: Calcul des débits d'adduction et de distribution 29
Tableau 9 : Dimensionnement de la conduite de refoulement du forage F1 30
Tableau 10 : Vérification du risque de coup de bélier 31
Tableau 11 : Caractéristiques techniques de la pompe SP 5A-25 33
Tableau 12 : Dimensionnement des panneaux photovoltaïques 36
Tableau 13 : Calcul de la capacité du château d'eau 37
Tableau 14 : Dimensions du château d'eau 37
Tableau 15 : Calage du château d'eau 38
Tableau 16 : Dimensionnement de la partie ramifiée de la distribution 40
Tableau 17 : Dimensionnement de la partie maillée de la distribution 42
Tableau 18 : Résumé des conduites du réseau distribution 44
Tableau 19 : Coordonnées GPS des principaux ouvrages de l'AEP 44
Tableau 20 : Liste des ventouses et leurs emplacements 48
Tableau 21 : Liste des vidanges et leurs emplacements 48
Tableau 22: Dimension des fouilles pour pose de conduites 51
Tableau 23 : Cadre logique du PGES du projet 53
Tableau 24 : Calcul des amortissements 56

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude 5
Figure 2 : Courbe des pressions dynamiques de la conduite de refoulement 32
Figure 3 : Point de Fonctionnement de la pompe F1 34
Figure 4 : Groupe électrogène de 6.5 KVA 36
Figure 5 : Résultat de la simulation de la rupture de la conduite 22_34 45
Figure 6 : Résultat de la simulation de la rupture de la conduite 22_23 46
Figure 7 : Résultat de la simulation de la rupture de la conduite 22-24 46

I. INTRODUCTION

L'eau potable, en tant que ressource indispensable à la vie et à la santé humaine, reste toujours une préoccupation majeure surtout en milieu rural pour certains pays africains comme le Burkina Faso. Pays sahélien, sans débouché maritime et la platitude de son relief ne favorisent pas toujours la disponibilité des ressources en eau, en quantité et en qualité pour satisfaire les besoins en eau potable des populations.

Face à cette situation, le gouvernement du Burkina Faso a consenti d'énormes efforts avec l'appui de ses partenaires techniques et financiers pour atténuer les difficultés d'accès à l'eau potable des populations. Dans l'optique de l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), le Burkina Faso a mis en œuvre le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement (PN-AEPA) entre 2005 et 2015 qui a engrangé des résultats forts appréciables. Ainsi, les taux d'accès à l'eau potable en milieu rural et en milieu urbain ont accru respectivement de 52% à 65% et de 74% à 89,9%. (PN AEP 2016-2030)

À la suite les OMD, du 25 au 27 septembre 2015, les 193 états membres de l'Assemblée Générale des Nations Unies dont le Burkina Faso, ont adopté à l'unanimité un document intitulé : *« Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030 ».* Pour atteindre l'objectif n°6 des ODD : « Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau », le Burkina Faso a adopté le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable 2016-2030 (PN-AEP). Il constitue le cadre programmatique national pour le développement du sous-secteur de l'AEP à l'horizon 2030. Son objectif est de satisfaire durablement les besoins en eau potable des populations en quantité et en qualité. Pour sa mise en œuvre plusieurs projets ont été élaborés dont : « le projet de réalisation de quarante un (41) systèmes AEP dans dix (10) régions du Burkina Faso ».

Ce projet est piloté par la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP) du Ministère de l'Eau et de l'Assainissement (MEA) qui assure la maitrise d'ouvrage.

C'est dans ce cadre que les villages de Lago et Yitaoré avec un taux d'accès à l'eau potable relativement faible de 65.7% au 31 décembre 2018 ont été choisis pour bénéficier d'un système AEP Multi-villages. La réalisation d'un tel système AEP nécessite des études techniques

complexes et suite à un appel d'offre, le groupement : AC3E / GERTEC a été retenu pour assurer la maitrise d'œuvre chargé des études techniques du lot 04 du projet.

C'est dans ce contexte que nous avons effectué notre stage de fin de cycle en Master II Spécialité Génie Civil et Hydraulique option Infrastructures et Réseaux Hydrauliques au sein du bureau AC3E sous le thème : **« Conception et dimensionnement d'un système d'Adduction en Eau Potable (AEP) Multi-villages : Cas de Lago et Yitaoré, commune de Gourcy ».**

Le présent mémoire s'articulera autour de la présentation de la zone d'étude, l'état des lieux des ouvrages hydrauliques, l'évaluation des besoins en eau à l'échéance du projet (2040), la conception et le dimensionnement du système AEP, une évaluation financière du projet, l'estimation du coût de revient de l'eau, une proposition d'un mode de gestion du système AEP et une notice d'impact environnemental et social du projet.

II. OBJECTIFS DU TRAVAIL

II.1. Objectif global

L'objectif global de la présente étude est de contribuer à résoudre durablement les difficultés d'accès à l'eau potable des populations de Lago et Yitaoré par la réalisation d'un système d'adduction en eau potable multi-villages.

II.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de cette étude sont :

- Faire un état des lieux des infrastructures hydrauliques existantes ;
- Concevoir et dimensionner le système permettant de satisfaire la demande solvable à l'échéance du projet ;
- Evaluer le coût de l'eau ;
- Proposer un mode de gestion du système AEP.

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

III.1. Situation géographique de la zone d'étude

Les localités de Lago et Yitaoré sont deux villages situés respectivement à environ 22 et 27 km à l'Ouest de Gourcy, chef-lieu de commune dont ils relèvent et chef-lieu de la province du Zondoma. C'est à la faveur des élections couplées de 2012 que Yitaoré a été reconnu administrativement comme étant un village, en effet il faisait partie de celui de Lago.

Les deux villages sont également situés à 64 et 69 km de la ville de Ouahigouya chef-lieu de la région du Nord. Ils sont accessibles à partir de la ville de Ouagadougou sur la RN 2 par le trajet :

- Ouagadougou – Gourcy (140 Km) sur la RN 2 (Ouagadougou-Ouahigouya) ;
- Gourcy – Lago (22 Km) et Lago – Yitaoré (5Km).

Les villages de Lago et Yitaoré sont constitués de 11 quartiers. Le tableau ci-dessous donne la répartition des quartiers des deux villages.

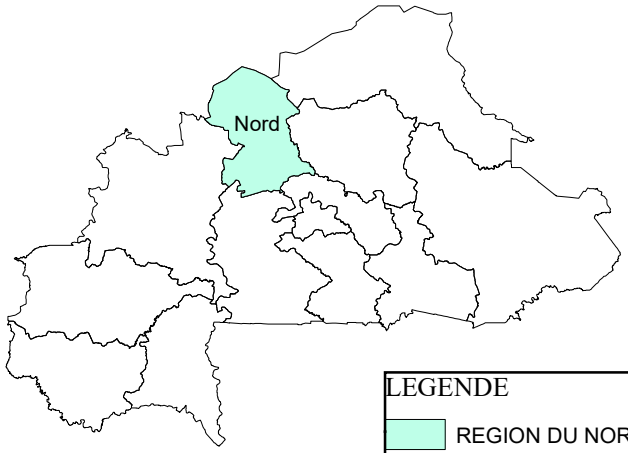
Tableau 1 : Liste des quartiers des villages de Lago et Yitaore

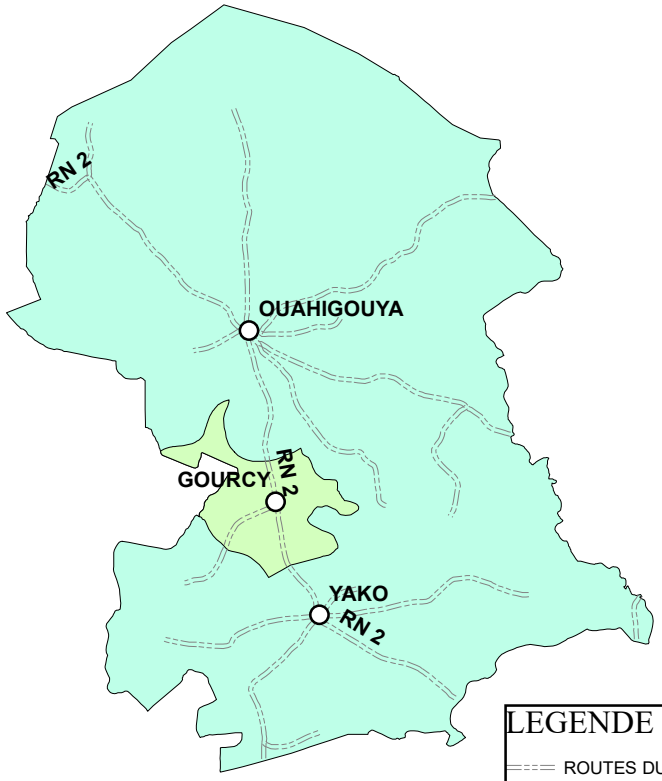
Village	Quartiers
Lago	Bollin
	Tanghin
	Widin
	Kindin
	Bendogo
	Wedranghin
	Ipala
	Koukbanka
Yitaoré	Yignongo
	Benkinga
	Sandogo

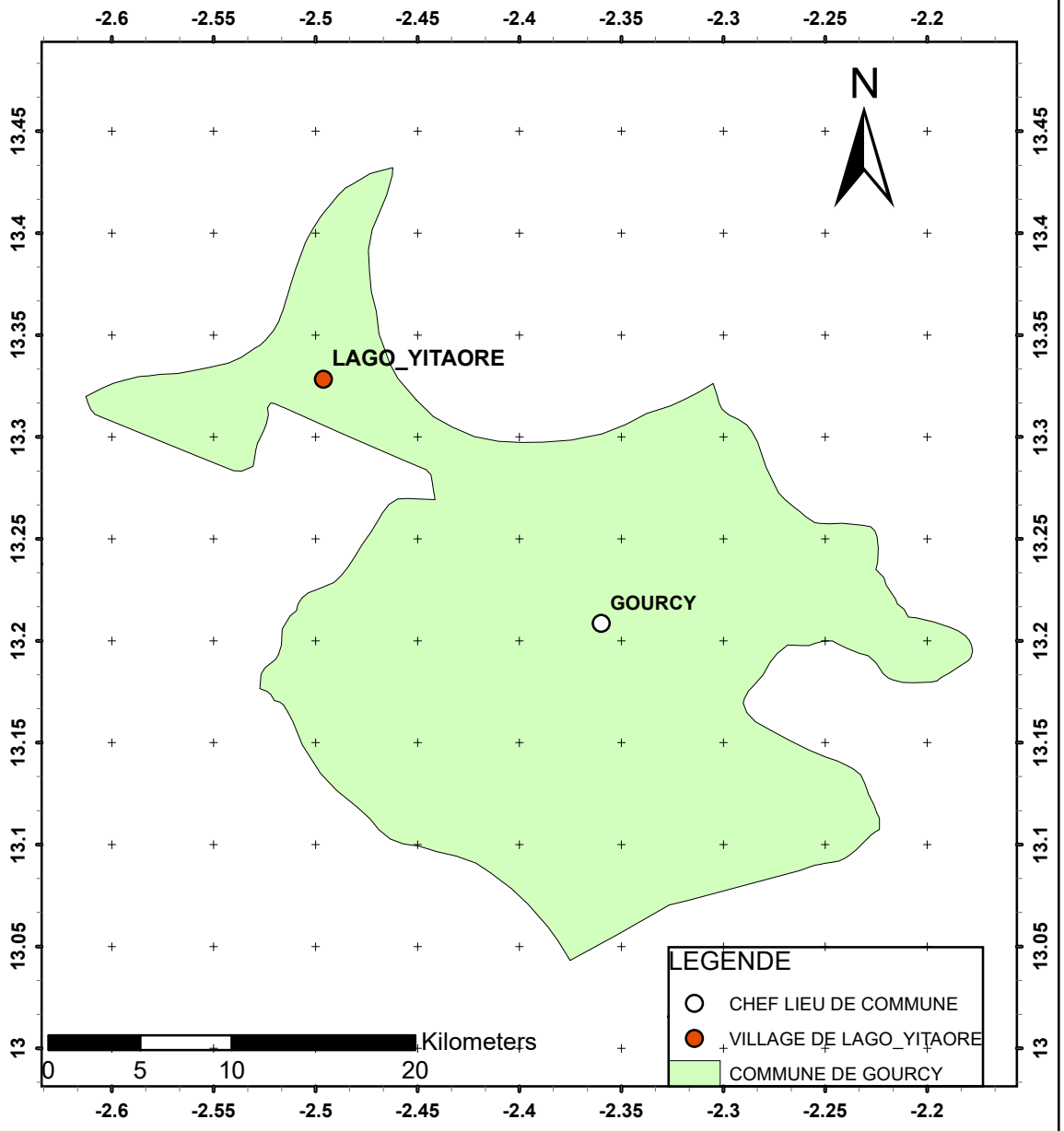
Les villages de Lago et Yitaoré n'ont pas de statut foncier formel, en effet il n'y a pas eu de lotissement à ce jour. Les habitations sont alors érigées de façon spontanée sans aucun plan d'urbanisation.

La localisation des villages de Lago-Yitaore est représentée à la page suivante.

CARTE DE LOCALISATION DE LAGO-YITAORE







Realisé par : SARE Augustin, 2IE

Juin 2019, Source : IGB/BNDT 2002

III.2. Milieu physique de la zone d'étude

III.2.1. Le climat

Le climat de la zone d'étude est de type soudano-sahélien qui est caractérisé par l'alternance de deux saisons : une longue saison sèche allant généralement d'octobre à mai et une courte saison pluvieuse allant de juin à septembre. Les mois de juillet et d'août sont les périodes de grandes pluies. Les précipitations sont insuffisantes et irrégulières avec une pluviométrie annuelle de l'ordre de 600 à 700 mm. [Monographie de la région du Nord, 2009].

La zone d'étude subit l'influence des vents d'harmattan et de la mousson. L'harmattan souffle du mois d'octobre au mois d'avril avec des vents secs et frais (octobre à février) et des vents secs et chauds (mars et avril). La période de la mousson quant à elle, correspond à un flux d'air humide qui apporte la pluie, elle s'étend de mai à septembre.

Les températures oscillent d'une saison à une autre et sont comprises entre 15°C et 42°C, on a alors de fortes évaporations sur les plans d'eau.

III.2.2. Le relief et les sols

La zone d'étude est caractérisée par un relief relativement plat avec la présence de plaines et de plateaux.

Les sols de la zone d'étude sont constitués essentiellement de :

- lithosols sur cuirasse ferrugineux, issue du lessivage des sols
- sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris qui se caractérisent par une texture sableuse en surface et argilo-sableuse
- sols peu évolués d'érosion gravillonnaire avec une texture graveleuse à sableuse (voir carte des sols en Annexe II).

Notons que les sols les plus exploités en agriculture sont argilo-sableux ou sablo-argileux souvent lessivés, érodés et exposés à l'érosion hydrique et éolienne du fait de la dégradation du couvert végétal. [Monographie de la région du Nord, 2009]

III.2.3. Végétation

La végétation de la zone d'étude est caractérisée par une steppe arbustive à arborée et une savane arborée à arbustive. Le paysage végétal est composé essentiellement de :

- steppe et savane arborée des vallées (*Butyrospermum parkii, Lannea microcarpa - Cultures, parcs à B. parkii et A. albida)*

- savane arborée à arbustive (*Combretum spp, Anogeisus leiocarpus, Butyrospermum parkii*) - cultures en vallées, *parcs à B. parkii*
- steppe arbustive à arborée (*Butyrospermum parkii, Ziziphus mucronata*) ; steppe arbustive (*Conretum nigricans, Guiera senegalensis, parcs à Butyrospermum parkii et à Acacia albida)* (voir carte de la végétation en Annexe II).

En plus de ces plantes, les plantes au niveau des concessions sont constituées en majorité de *Mangifera indica* (manguier), *Azadiracta indica* (Nimier) et *Eucalyptus camaldulensis* (Eucalyptus). [Monographie de la région du Nord, 2009].

III.2.4. L'hydrographie

La zone d'étude appartient aux bassins hydrographiques nationaux du Nakambé et du Sourou. On dénombre quelques cours d'eau et retenues d'eau non pérennes exploités en majorité pour l'agriculture et l'élevage.

Les principales ressources en eau de la zone d'étude proviennent des ressources souterraines exploitées par le biais de puits et forages (voir carte de l'hydrographie de la zone d'étude en Annexe III).

III.2.5. L'hydrogéologie

La zone d'étude se trouve en milieu de socle précambrien. Les trois systèmes aquifères rencontrés de type superposés sont : les aquifères des latéritiques, les aquifères de la zone altérée et les aquifères du milieu fissuré. Les aquifères captés par les forages correspondent généralement aux zones de fractures ou de fissures dans la roche altérée.

La profondeur des forages est proportionnelle aux épaisseurs d'altérations et est en moyenne de 80 mètres avec des débits très variables. Les premières venues d'eau se situant dans la majorité des cas dans la zone de contact ou zone décomprimée altération - socle. [Rapport sectoriel bilan du PN AEP de la région du Nord, 2010].

III.2.6. La géologie

Les roches cristallines constituent la presque totalité du sous-sol de la zone d'étude. Ces roches sont constituées principalement de : granite et associé, granodiorite, méta-sédiment, migmatite et de roche volcano sédimentaire (voir carte de la géologie de la zone d'étude en Annexe III).

III.3. Données démographiques

III.3.1. Caractéristiques de la population

Les villages de Lago et Yotaoré sont composés en majorité de mossis et de peulhs. Selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) de 2006, la population des deux villages était estimée à 3 890 habitants dont 1 735 hommes (44,60%) et 2155 femmes (55,40%) repartie dans 575 ménages. Le taux d'accroissement de la province du Zondoma était quant à lui estimé à 2.70%.

Tableau 2 : Population projetée en 2019

Population de Lago et Yitaoré	**Nombre de Ménages**	**Population résidente**			
		Hommes	**Femmes**	**Total**	**% Femmes**
Population recensée en 2006	575 (tm = 6.76 personnes)	1735	2155	3890	55,40
Population projetée en 2019	813 (tm = 6.76 personnes)	2455	3047	5500	55.40

Source : données du RGPH 2006 extrapolé au taux d'accroissement provincial de 2,7%

Légende : tm = taille du ménage

Le flux migratoire est moyen. Il est marqué par une émigration des jeunes vers certains centres urbains de l'intérieur du pays (Yako, Gourcy, Ouahigouya, Ouagadougou et Bobo Dioulasso) et certains pays de la sous-région ouest africaine comme la Côte d'Ivoire à la recherche de l'emploi. [Etudes de faisabilité socio-économique ; Groupement GERTEC/AC3E ; 2018].

III.3.2. Activités socio-économiques

La zone d'étude est essentiellement dominée par les secteurs : agricole, commercial et pastoral. Cependant, les activités agricoles et pastorales demeurent rudimentaires et fortement tributaires des aléas climatiques notamment la pluviométrie. Il faut ajouter à ces activités l'orpaillage qui occupe une grande partie de la jeunesse en saison sèche.

❒ L'agriculture

L'agriculture représente la principale activité économique des populations des deux villages. Elle est de type extensif et marquée par la disparition progressive des jachères. Les outils utilisés pour les travaux champêtres sont traditionnels avec des rendements moyens.

Les principales spéculations produites sont :

- Pour la production vivrière : le sorgho blanc, le sorgho rouge, le maïs, le riz.
- Pour les cultures maraichères : tomate, oignon, choux, poivron, gombo et persil
- Pour les cultures de rente : le niébé, le sésame, l'arachide.

❒ L'élevage

La pratique de l'élevage dans la zone d'étude vient en second plan après l'agriculture comme activité économique. Le système d'élevage dominant est de type extensif transhumant et sédentaire avec pour principale source d'alimentation le pâturage naturel. Les principales espèces rencontrées sont les bovins, les asins, les ovins, les caprins, les porcins et la volaille. [Etudes de faisabilité socio-économique ; Groupement GERTEC/AC3E ; 2018].

❒ Le commerce

Le commerce mobilise une partie de la population de la zone d'étude. Les femmes sont dans le petit commerce, elles pratiquent la vente des céréales, du dolo, des grains de néré, des amandes de karité, des beignets, des condiments et bien d'autres friandises. Les hommes entreprennent l'écoulement des produits forestiers, la vente occasionnelle de bétail, de volaille, de céréales et de produits manufacturés (savons, sucre, pièces détachées) [Etudes de faisabilité socio-économique; Groupement GERTEC/AC3E; 2018].

III.3.3. Infrastructures socio-économiques et partenaires

❒ Les infrastructures socio-économiques

Les villages sont équipés en infrastructures socio-économiques suivantes.

Tableau 3 : Infrastructures socio-économiques

Infrastructures	Lago	Yitaoré
Les ouvrages sociaux	- 01 CSPS ; - 03 écoles primaires ; - 01 collège	- 01 école primaire
Les ouvrages et équipements marchands	- 01marché ;	- 01 marché
Les équipements religieux	- 10 mosquées ; - 01 temple protestant ; - 01 chapelle catholique	- 03 mosquées

Source : Enquêtes GERTEC/AC3E, Octobre 2018

❒ Les partenaires et les services techniques

Les partenaires au développement et les services techniques qui interviennent dans les deux villages sont les suivants :

Tableau 4 : Partenaires au développement et services techniques

N°	Structures	Activités
1	Association des Usagers de l'Eau (AUE)	Gestion et entretien des ouvrages hydrauliques
2	CISV (Comunita Impegno Servizio Volontariato - ONG Italienne)	Lutte contre la désertification, Développement Rural
3	District sanitaire	Sensibilisation sur l'hygiène et l'assainissement
4	ZAT	Appui / conseil, Formation des producteurs, Suivi et évaluation des actions de production agricole
5	ZATE	Appui / conseil, Formation des producteurs Suivi et évaluation des actions de la mise en œuvre des activités de productions animales
6	Environnement	Appui / conseil, Formation des producteurs Suivi et évaluation des actions de la mise en œuvre des actions de protection restauration de l'environnement
7	Direction régionale de l'eau et de l'assainissement	Réalisation d'ouvrages d'eau potable et d'assainissement Appui / conseil à la gestion de ces ouvrages

Source : Enquêtes GERTEC/AC3E, Octobre 2018

III.4. Etat des lieux des infrastructures hydrauliques

L'état des lieux des infrastructures hydraulique a été dressé à travers l'enquête menée au cours de l'étude de faisabilité socio-économique du projet, des échanges avec la Direction Régionale de l'Eau et de l'Assainissement du Nord (DREA-NORD) et l'interprétation des résultats de l'inventaire national des ouvrages hydrauliques et d'assainissement 2018 (INOHA). Il ressort que les infrastructures hydrauliques des villages de Lago et Yitaore sont exclusivement des pompes à motricité humaines (PMH) et des puits. On dénombre douze PMH dont dix fonctionnels, deux en pannes et vingt puits dont douze permanent et huit temporaires.

Tableau 5 : Etat des lieux des PMH de Lago et Yitaoré

N °	Village	Nom Quartier	Année de réalisation	Type pompe	Latitude	Longitude	Fonctionnalité
1	LAGO	Nakidigou	2006	India	13°19'36.5" N	002°29'48.8" W	Oui
2		Ecole A Nakidigou	2007	India	13°19'46.3" N	002°29'52.0" W	Oui
3		Tansobgo	2006	India	13°19'50.7" N	002°29'52.1" W	Oui
4		Tanguin	1990	Vergnet	13°20'00.1" N	002°30'16.0" W	Oui
5		CSPS Nakidigou	2009	India	13°19'38.2" N	002°29'35.4" W	Oui
6		Nakidigou	2014	India Mark2	13°19'27.4" N	002°29'29.9" W	Oui
7		Nakidigou	2016	Volanta	13°19'40.8" N	002°29'46.9" W	Oui
8		Q-Ouidi	2005	India	13°19'34.2" N	002°29'59.3" W	Non
9		Q-Tansobgo	1983	Vergnet	13°19'42.1" N	002°29'45.1" W	Non
10	YITAORE	Q-Ropalin	1991	Vergnet	13°22'05.8" N	002°30'00.7" W	Oui
11		Gonjnongo	1984	Vergnet	13°21'32.9" N	002°31'31.8" W	Oui
12		Ecole A	2007	India	13°21'20.2" N	002°31'40.2" W	Oui

Source : MEA / INOHA, 2018

IV. MATERIELS ET METHODES

IV.1. Méthodologie de travail

La conduite d'une étude d'un système d'AEP est scindée en plusieurs études cohérentes et complémentaires. La présente étude vient à la suite des études de faisabilité socio-économiques et des études topographiques. Une équipe composée de socio-économistes a conduit les études de faisabilité socio-économiques pour la réalisation du projet et les études topographiques ont étés pilotées par une équipe de topographes.

Dans le cadre de la présente étude, nous avons adopté une approche méthodologique axée sur quatre (4) points :

- une recherche documentaire ;
- une visite de terrain ;
- l'analyse et le traitement de données.
- la conception et le dimensionnement des ouvrages

IV.1.1. Recherche documentaire

Cette phase a consisté à s'approprier du contenu des termes de référence, d'analyser les résultats de l'étude socio-économique de faisabilité du projet et de faire des recherches documentaires sur la réglementation nationale dans la réalisation des systèmes d'AEP Multi-villages. Cette phase a également consisté à rechercher des informations de base sur la commune de Gourcy, à rechercher des documents de cours d'AEP et des projets d'AEP similaires réalisés sur le territoire.

Les informations ont été collectées auprès de :

- la Direction Régionale de l'Eau, et de l'Assainissement du Nord (DREA-NORD)
- la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP) du Ministère de l'Eau et de l'Assainissement (MEA)
- du Bureau d'Etude AC3E
- sur la Bibliothèque numérique de 2ie et sur internet

IV.1.2. Visite de terrain

Elle a concerné principalement la reconnaissance de la zone d'étude : la visite des forages existants, l'identification des sites d'emplacement des ouvrages essentiels du réseau : forage, borne fontaine et château d'eau.

IV.1.3. Analyse et le traitement des données

Cette phase a consisté à l'exploitation de l'ensemble de la documentation obtenue au cours de la recherche documentaire et des observations sur le terrain.

IV.1.3.1. Données topographiques

Il s'agit des levés altimétriques et planimétriques des réseaux définitifs d'adduction et de distribution. Les points sont levés à partir d'un GPS et d'une station totale (théodolite). Les résultats issus du levé seront traités sous le logiciel AutoCAD/Covadis v.2007 afin d'identifier les cotes TN de l'ensemble des nœuds du réseau et de tracer les profils en longs TN des différentes conduites. On pourra dès lors identifier les points aux côtes extrêmes pour l'implantation du château et des pièces spéciales (les ventouses, les vidanges, …).

A l'analyse des données, il ressort que les côtes du TN varient entre 319,97m et 340m. Nous pouvons alors affirmer qu'il s'agit d'une zone moyennement accidentée.

IV.1.3.2. Travaux géophysiques et essai de pompage

L'adduction du système AEP sera assurée par les eaux souterraines. Pour ce faire une prospection géophysique a été effectuée dans le but de localiser avec précision les zones de fractures probables pour l'implantation de nouveaux forages. Les essais de pompages (longue durée et courte durée) ont pu ainsi être réalisés sur un premier forage du projet (F1). Un débit d'exploitation de 6 m^3/h a été obtenu (voir la fiche des essais de pompage en Annexe V).

IV.1.4. Conception et dimensionnement du système AEP

Elle a consisté à concevoir et dimensionner les différents ouvrages constitutifs du système AEP. Elle se base sur les données recueillies lors des précédentes étapes, sur les spécificités techniques des ouvrages, les formules de dimensionnement et sur les outils informatiques dont les résultats de mise en œuvre sont reconnus.

Par la suite, nous avons rédigé le présent mémoire de fin de cycle sous la supervision de notre maitre de stage et de notre encadreur au sein de 2iE.

IV.1.4.1. Conception du réseau du système AEP

❒ Tracé des réseaux sommaires

Pour le tracé des réseaux sommaires (adduction et distribution) nous avons suivi dans la mesure du possible le réseau routier tout en limitant les points de singularités sur le logiciel GoogleEarth Pro.

❒ Implantation des bornes fontaines

Le nombre de bornes fontaines théorique a été calculé en se basant sur les prescriptions techniques nationales du PN-AEP : 500 personnes par BF dans un rayon de 500 m sans occulter les ouvrages hydrauliques existants. Le nombre de bornes fontaine retenu pour le projet tient compte en plus des aspects ci-dessus évoqués de l'adhésion des populations pour le choix des sites d'emplacement des bornes fontaines. Le choix des bénéficiaires est motivé par leur connaissance du milieu socio-culturel et d'autre part de leur capacité de mobilisation des conditions financières et humaines requises pour la pérennisation du projet.

❒ Validation définitive des réseaux

Les réseaux définitifs (adduction et distribution) sont approuvés après une reconnaissance et un parcourt complet du réseau en vue d'identifier les zones inaccessibles et les zones inexploitables (cimetière, marécageuse,). (Voir le plan de masse en Annexe VIII)

IV.1.4.2. Dimensionnement du système AEP

Un système AEP Multi-villages est composé d'un centre de production d'eau (CPE, y compris un ou plusieurs réservoirs de mise en charge et de stockage), d'un réseau de distribution et des points de desserte (BF et BP). (Confère PN-AEP 2016-2030).

Les ouvrages du système AEP Multi-villages doivent permettre aux utilisateurs de disposer d'une eau de qualité et en quantité suffisante. Ils assurent l'exhaure, le traitement, le stockage et la distribution de l'eau. Dans le cadre de la présente étude, le système AEP Multi-village sera composé essentiellement de :

- quatre stations de pompage constituées de pompes immergées qui sont alimentées par une installation solaire photovoltaïque et un groupe électrogène en appoint chacune ;
- de conduites de refoulements indépendantes qui acheminent l'eau jusqu'au château d'eau ;
- un château d'eau métallique servant de réservoir placé judicieusement au point le plus haut ;

- de conduites de distribution (primaire, secondaires ….) ;
- d'ouvrages de dessertes (BP et BF) ;
- et d'accessoires du réseau (les pièces de sectionnement, pièces de régulation et de protection du réseau, les pièces de comptage, …).

Le choix du type de réseau de distribution se fait conformément aux exigences des termes de références du projet. Nous avons opté pour un réseau mixte constitué de trois mailles et une série de ramification vers les hameaux de culture pour d'une part faciliter le raccordement aux branchements privés, également ce réseau permettra d'offrir une meilleure sécurité dans la fourniture d'eau, enfin il faut noter la simplicité d'extension future du réseau. Mais l'inconvénient majeur du réseau maillé est le coût plus élevé des investissements en comparaison au réseau ramifié.

Pour le dimensionnement, nous avons procédé comme il suit :

- répartition équitable du débit total du réseau à l'ensemble des bornes fontaines,
- utilisation de la loi de Hardy-Cross pour la répartition des débits des tronçons au niveau de la partie maillée,
- calcul des diamètres des conduites,
- calage de la côte radier du château,
- calcul des pressions aux nœuds,
- vérification des conditions de pressions et de vitesses,
- enfin des simulations de rupture de conduites secondaires ont été effectuées dans la partie maillée de la distribution,

IV.2. Matériels utilisés

Le tableau ci-dessous fait la synthèse des matériels utilisé dans la conduite de l'étude.

Tableau 6 : Liste des matériels utilisés

Matériels	**Utilisation**
Google Earth pro	Tracer des réseaux (refoulement et distribution)
Covadis 2007	Identification des cotes TN
Autocad 2014	La production des pièces graphiques
ArcGIS 10.3.1	La production de cartes
Microsoft Office 2013	Le dimensionnement des ouvrages et la production des documents écrits
Global Mapper 18 et Epacad 2.0	Interface entre Autocad 2007 et Epanet 2.0
Epanet 2.0	La modélisation du réseau et les simulations hydrauliques

IV.3. Hypothèse de calcul

IV.2.1. Echéance du projet

Conformément aux termes de référence du projet, la réalisation du présent système d'AEP Multi-village vise à résoudre durablement les besoins en eau des populations de Lagi-Yitaoré à l'horizon 2040. En prenant 2020 comme année de référence pour le début de l'exploitation du système AEP alors on se retrouve avec une durée de vie du projet égale à 20ans.

IV.2.2. Estimation de la population

Dans le cadre d'une étude d'alimentation en eau potable l'estimation de la population est d'une importance capitale. L'estimation de la population à l'horizon 2040 sera effectuée avec l'hypothèse que le taux d'accroissance de la population reste constant.

$$\boldsymbol{P_n = P_i * (1 + \alpha)^{(n-i)}}$$

$\boldsymbol{P_n}$: Nombre d'habitants à l'année n =2040

$\boldsymbol{P_i}$: Nombre d'habitants à l'année initiale i= 2006

$\boldsymbol{\alpha}$: Taux d'accroissance annuel de la province du Zondoma $\boldsymbol{\alpha}$ = 2.70%, [RGPH2006].

Les populations desservies par les bornes fontaines ($\boldsymbol{P_{n,\ BF}}$) et les branchements privées ($\boldsymbol{P_{n,\ BP}}$) seront calculées avec les hypothèses suivantes :

- 1 BF approvisionne 500 habitants par jour
- 1 BP approvisionne 10 habitants par jour

IV.2.3. Estimation des besoins en eau

IV.2.3.1. Consommation Spécifique

La Consommation spécifique (C_s) est la consommation d'eau journalière par habitant. Il dépend du niveau d'urbanisation de la localité, du type d'approvisionnement en eau et des habitudes culturelles de la population. En se référant au PCD de la commune de Gourcy et aux résultats de l'étude de faisabilité socio-économiques du projet, nous pouvons affirmer que la zone d'étude ne possède ni d'industrie ni d'activités spécifiques consommatrices d'eau. Le système AEP doit satisfaire les besoins en eau de la population et du cheptel. Au regard de l'existence de sources d'eaux alternatives (Puits et PMH), nous considérons que le cheptel sera alimenté directement à ces points d'eaux. La consommation spécifique à considérer est celle liée à la consommation domestique. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) préconise de prendre : 20 l/j/hab, comme besoin minimum vital (eau de boisson, cuisson d'aliments,

hygiène …) [YONABA, 2015]. En se référant aux exigences du PN AEP et en tenant compte du principe de complémentarité du système AEP avec les sources d'eaux alternatives nous prendrons :

$C_{s\,BF}$ = 20l/jr/hbt aux bornes fontaines et $C_{s\,BP}$ = 30l/jr/hbt aux branchements privés.

IV.2.3.2. Taux de desserte à l'eau potable

Le taux de desserte exprime le pourcentage de la population desservie par rapport à la population totale de la localité considérée. Le taux de desserte traduit le rapport entre les ressources en eau potable disponible de la journée et la demande en eau journalière de la population. D'après le dernier résultat de l'Inventaire Nationale des Ouvrages Hydrauliques et d'Assainissement (INOHA), le taux de desserte à l'eau des deux villages au 31 décembre 2018 est 65,7%.

Nous nous fixons comme objectif, à travers ce présent projet, de faire accroitre le taux de desserte à 100% à partir de 2030 conformément aux objectifs assignés du PN AEP (2016-2030).

IV.2.3.3. Coefficient de pointe saisonnier

Le coefficient de pointe saisonnière (C_{ps}) est le rapport de la consommation journalière moyenne calculée sur l'année et de la consommation journalière moyenne de la période de pointe. Il est influencé par les périodes de fortes chaleurs, les flux saisonniers de personnes (tourisme par exemple), l'arrivée temporaire de consommateurs de ressources alternatives du fait de la détérioration. Le coefficient de pointe saisonnier (C_{ps}) est généralement compris entre 1,05 et 1,20.

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

D_{jmp} : Demande journalière moyenne du mois de pointe

D_{jm} : Demande journalière moyenne sur l'année (sur l'année)

On prendra $C_{ps} = 1.2.$

IV.2.3.4. Coefficient de pointe horaire

Le coefficient de pointe horaire (C_{ph}) exprime les fluctuations de la consommation au cours de la journée. Il permet de déterminer les demandes maximales à satisfaire à l'heure de pointe. Il dépend du degré d'urbanisation de la localité. Le coefficient de pointe horaire est estimé par des études statistiques sur divers systèmes similaires ou par le biais de formules empiriques.

La formule dite du Génie Rural (France) :

$$C_{ph} = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{mh}}}$$

Q_{mh} : Le débit moyen horaire en m^3/h.

IV.2.3.5. Besoins en eau journalier moyen domestique

Le besoin en eau journalier moyen domestique ($B_{jm\ domestique}$) sera évalué en faisant la somme des produits des consommations spécifiques par les populations correspondantes.

$$B_{jm\ BF} = C_{s\ BF} * P_{n,\ BF}$$

$$B_{jm\ BP} = C_{s\ BP} * P_{n,\ BP}$$

$$B_{jm\ domestique} = B_{jm\ BF} + B_{jm\ BP}$$

$B_{jm\ BF}$: le besoin en eau journalier moyen au niveau des bornes fontaines

$B_{jm\ BP}$: le besoin en eau journalier moyen au niveau des branchements privés

$B_{jm\ domestique}$: le besoin en eau journalier moyen domestique total

IV.2.3.6. Besoin en eau non domestique

Les besoins en eau non domestique représentent les besoins des services publics (école, centre de santé …) et des activités socio-économiques (marché, …).

On considère que ces besoins représentent 10 % des besoins domestiques. ($\alpha_{nd} = 10\ \%$)

IV.2.3.7. Besoins en eau journalier moyen

Les besoins en eau journalier moyen (B_{jm}) représentent la somme des besoins en eau journalier domestique et des besoins en eau journalier non domestique.

$$B_{jm} = (1 + \alpha_{nd}) * B_{jm\ domestique}$$

IV.2.3.8. Estimation des Pertes

L'évaluation des pertes sur un réseau d'AEP doit prendre en compte les pertes dans le traitement de l'eau, les pertes sur le réseau de distribution lui-même, les pertes due aux erreurs de comptage et les pertes due à la consommation clandestine.

En phase de conception les deux dernières pertes ne seront pas considérées car elles dépendent fortement de la qualité des installations et de la loyauté des bénéficiaires. Dans le cas d'un système qui exploite des eaux souterraines, comme celui de Lago et Yitaoré, il n'y a pas de traitement qui engendre des pertes. Les pertes sont constatées seulement au cours du transport (refoulement et distribution) et sur les ouvrages de stockage. Il est communément admis que le ratio technico-économique des pertes varie entre 10% à 20%. [ZOUNGRANA, 2003]

Nous convenons d'estimer les pertes du système (η) à 10% de la consommation domestique.

IV.2.3.9. Besoins de production du jour de pointe

Les besoins de production du jour de pointe ($\boldsymbol{B_{jp}}$) représentent la quantité d'eau à fournir sur le réseau en situation de pointe (saisonnier et journalier) qui prend en compte les pertes sur le réseau :

$$\boldsymbol{B_{jp} = \frac{C_{ps} * B_{jm}}{\eta}}$$

Avec :

$\boldsymbol{B_{jm}}$: le besoin en eau journalier moyen

$\boldsymbol{C_{ps}}$: le coefficient de pointe saisonnier

$\boldsymbol{\eta}$: le rendement du système AEP

IV.2.4. Estimation des débits d'écoulement

IV.2.4.1. Débit moyen horaire

Le débit moyen horaire (Q_{mh}) est le débit moyen d'écoulement du jour de pointe. Il représente le rapport entre les besoins de production du jour pointe et le temps de distribution de l'eau sur le réseau (T). Nous faisons une répartition équitable du débit total aux bornes fontaines (BF). La distribution de l'eau aux bornes fontaines va de 6h (heure d'ouverture) à 18h (heure de fermeture) soit T = 12h de fonctionnement par jour.

$$Q_{mh} = \frac{B_{jp}}{T}$$

B_{jp} : les besoins de production du jour de pointe (m^3)

T : le temps de fonctionnement des bornes fontaines (h)

Q_{mh} : le débit moyen horaire (m^3/h).

IV.2.4.2. Débit de pointe horaire

Le débit de pointe horaire est le débit qui transite le réseau à l'heure de pointe. Il représente le produit du débit moyen horaire par le coefficient de pointe horaire. C'est le débit de pointe horaire qui servira de débit de dimensionnement du réseau de distribution du système AEP.

$$Q_{ph} = Q_{mh} * C_{ph}$$

Q_{mh} : le débit moyen horaire (m^3/h)

C_{ph} : le coefficient de pointe horaire

Q_{ph} : le débit de pointe horaire (m^3/h).

IV.2.4.3. Débit d'adduction

Le débit d'adduction (Q_{add}) est le débit qui transite la conduite de refoulement après la station de pompage. Il représente le rapport entre les besoins de production du jour pointe et le temps de pompage (T'). On se fixe comme contrainte un temps de pompage T'= 15h par jour avec nos installations de la station de pompage.

$$Q_{add} = \frac{B_{jp}}{T'}$$

B_{jp} : les besoins de production du jour de pointe (m^3)

T' : le temps de pompage (h)

Q_{add} : le débit d'adduction du système AEP (m^3/h).

IV.2.4.4. Estimation des débits sur le réseau de distribution

Contrairement à la partie ramifiée du réseau ou le sens d'écoulement est connu et les débits sur les tronçons sont déterminés à partir des prélèvements aux nœuds, pour la partie maillée le sens d'écoulement et les débits aux tronçons ne sont pas établi à priori.

Nous déterminerons ces paramètres de la partie maillée à partir de la méthode de Hardy-Cross. Cette méthode est basée sur le principe d'équilibre des débits en chaque nœud et sur le principe d'équilibre des pertes de charge le long de chaque maille.

IV.2.5. Condition de dimensionnement du système AEP

IV.2.5.1. Condition de vitesse sur les conduites

Pour le dimensionnement des conduites du réseau (refoulement et distribution) nous avons fait le choix de conduite en PVC au regard de leur disponibilité sur le marché, de leur facilité de mise en œuvre et des critères d'ordres économiques.

La vitesse au refoulement U_{ref} est telle que : $0.6m/s \ \leq \ U_{ref} \leq 1.5m/s$

Cette contrainte de vitesse permet d'éviter des vitesses trop fortes qui engendrent des pertes de charges élevées, des risques de coup de bélier et des coûts énergétiques importants à l'exploitation. Également des vitesses trop faibles engendrent des risques de dépôts des matières en suspension. [ZOUNGRANA, 2003]

La vitesse à la distribution U_{dist} est telle que : $0.3m/s \ \leq \ U_{ref} \leq 1m/s$

Sur le réseau de distribution la vitesse minimale doit permettre l'autocurage qui dépend de la qualité de l'eau. Elle varie entre 0,2 et 0,3 m/s en fonction des caractéristiques de la plus petite particule à éliminer par entraînement de la force tractive de l'eau. [ZOUNGRANA, 2003]

IV.2.5.2. Condition de pression aux nœuds

- **Pression nominale et pression minimale**

La pression nominale (PN) est la pression de service admissible par les conduites ou pression maximale du réseau. Il est donné par le fabricant des conduites : PN 6, PN 10, PN 16 ….

Nous retenons des conduites PN 10 pour le refoulement et pour la distribution sous réserve de la vérification du risque de coup de bélier.

La pression minimale doit être supérieure à la pression atmosphérique, notamment aux points hauts. [ZOUNGRANA, 2003]

❒ **Pression de service**

La pression de service est la pression délivrée par le système de distribution aux usagers. Il doit permettre de faire des prélèvements de l'eau sans effort supplémentaire. En effet, une faible pression entraine l'aspiration des conduites des eaux résiduaires, entrainant la pollution de l'eau d'une part, d'autre part la faible pression entraine des difficultés d'alimentation des populations en bout de réseau. Par ailleurs une forte pression peut entrainer la rupture des conduites, des fuites d'eau et la détérioration des équipements (compteur, robinet de puisage). Pour le présent projet, nous adopter une pression de service de 5 mCE. [ZOUNGRANA, 2003]

IV.2.5.3 Calcul des pertes de charges totales

Les pertes de charges totales représentent la somme des pertes de charges linéaires et les pertes de charges singulières.

- Les pertes de charges linéaires ΔH_L sont des pertes d'énergies au cours du transport de l'eau en raison du frottement de l'eau contre les parois et de la viscosité du fluide
- et les pertes de charges singulières ΔH_S sont dues au passage de l'eau à travers les singularités du réseau (coude, raccordement, …).

Plusieurs formules empiriques permettent de déterminer les pertes de charges linéaires. La formule de Manning Strickler est celle qui a été choisie dans le cadre de cette étude. Nous supposons que et les pertes de charges singulières représentent 10% des pertes de charges linéaires on aboutit à :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S$$

$$\Delta H_L = L * \left(\frac{4^{\frac{10}{3}} * Q^2}{\pi^2 * Ks^2 * D^{\frac{16}{3}}} \right)$$

$$\Delta H_T = 1.1 * L * \left(\frac{4^{\frac{10}{3}} * Q^2}{\pi^2 * Ks^2 * D^{\frac{16}{3}}} \right)$$

Avec

L : la longueur de la conduite en m

Q : le débit d'écoulement en m^3/s

Ks : le coefficient de Manning, [adimensionnel], Ks = 120 pour le PVC

IV.2.5.4 Vérification du risque de coup de bélier

Le coup de bélier est une variation de pression due à un changement brutal du régime d'écoulement d'un fluide dans une conduite. C'est un phénomène oscillatoire de la pression (entre surpressions et dépressions) pouvant engendrer des déformations élastiques de la conduite et du liquide.

Il est provoqué par la mise en marche ou l'arrêt d'une pompe, la fermeture ou l'ouverture brusque d'une vanne, le prélèvement instantané d'un débit important.

Le coup de bélier peut atteindre plusieurs fois la pression de service de la conduite et il est susceptible d'entraîner la rupture du tuyau. Il faut alors limiter ses effets, pour des soucis d'économie et de sécurité dans l'alimentation en eau, [MOUNIROU, 2018].

Pour vérifier la présence d'un coup de bélier nous utiliserons les formules de Michaud, Allievi-Joukowski.

En cas de risque avéré de coup de bélier il faudra prévoir une installation capable de le contenir c'est-à-dire un dispositif anti-bélier.

❒ Calcul des paramètres

- **Calcul de la célérité C (m/s)**

$$c = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}} * \frac{1}{\sqrt{1+\frac{D}{e}*\frac{\varepsilon}{E}}} = \frac{9000}{\sqrt{48.3+K\frac{D}{e}}}$$

Avec

ρ: la masse volumique du fluide en kg/m^3 ; ε : le module d'élasticité du fluide en Pa

E : le module d'élasticité de la conduite en [Pa] (Module de Young) ; D : le diamètre intérieur de la conduite en m ;

e : l'épaisseur de la conduite en m ; K = 33 (plastique)

c : la célérité en m/s.

- **Calcul du temps aller-retour de l'onde T_{AR}(s)**

$$T_{AR} = \frac{2 * L}{c}$$

Avec

L : la longueur de la conduite en m

c : la célérité en m/s.

T_{AR} : le temps aller-retour de l'onde

- **Calcul de la variation de pression ΔH (m)**

$$\Delta H = \pm \frac{C * V_0}{g}$$

Avec : c : la célérité en m/s ; V_0 : la vitesse moyenne en régime uniforme m/s

g : Accélération de la pesanteur en m/s² ;

ΔH: la variation de la pression pour une perturbation rapide et totale.

- **Calcul de la pression maximale admissible H max (m)**

$$\boldsymbol{H_{max} = HMT + \Delta H}$$

Avec :

$HMT = H_g + \sum pdc$; HMT : la hauteur manométrique totale ;

H_g : la hauteur géométrique ;

$\sum pdc$: la somme des pertes de charges linéaires et singulières.

ΔH : la variation de pression (surpression ou dépression)

❒ **Présence du risque de coup de bélier**

Si : $H_{max} < 1.2 * PN$ alors **il n'y a pas de risque de coup de bélier**

Si : $H_{max} > 1.2 * PN$ alors **il y'a un risque avéré de coup de bélier**

Avec

H_{max} : la pression maximale admissible et PN : la pression nominale des conduites.

IV.2.6. Dimensionnement du refoulement

Le réseau de refoulement est constitué d'une série de forages qui refoulent l'eau jusqu'au réservoir à travers des conduites de refoulement indépendantes.

IV.2.6.1. Nombre de forages

Le nombre de forages se déterminé en faisant le rapport entre le débit d'adduction et le débit d'exploitation unitaire des forages.

$$\boldsymbol{N_{Forages} = \frac{Q_{add}}{Q_{exp}}}$$

Avec

$\boldsymbol{Q_{add}}$ **:** le débit de l'adduction du système

$\boldsymbol{Q_{exp}}$ **:** le débit d'exploitation moyen des forages

IV.2.6.2. Dimensionnement de la conduite

Le diamètre intérieur théorique de la conduite de refoulement sera déterminé à partir des formules suivantes :

- **Formule de Bresse** : $D_{th}(m) = 1.5 * \sqrt{Q(m^3/s)}$;
- **Formule de Bresse Modifiée :** $D_{th}(m) = 0.8 * \sqrt[3]{Q(m^3/s)}$;
- **Formule de Munier :** $D_{th}(m) = (1 + 0.02 * n) * \sqrt{Q(m^3/s)}$ avec n : le temps de pompage

La conduite retenue doit vérifier la condition GLS : $V(m/s) \leq \left(\frac{D_{retenu}(mm)}{50}\right)^{0.25}$

Après le calcul du diamètre théorique, nous choisirons judicieusement un diamètre commercial dans le catalogue PVC pression DIN 8062 / ISO 161.

IV.2.6.3. Choix des pompes

Nous choisirons des pompes immergées des forages dans la gamme de pompes Grundfos en se basant sur le débit, la HMT et le rendement de la pompe.

Il faut vérifier aussi la condition de la non-cavitation pour sécuriser la pompe [MOUNIROU, 2018]:

$$NPSH_{Disponible} > NPSH_{requis} + 0.5$$

Avec :

$NPSH_{requis}$ qui est fourni par le constructeur de la pompe.

$$NPSH_{Disponible} = 10.33 - 0.0012 * Z - H_a - J_{asp} - \frac{P_V}{\rho g} - \frac{V_E^2}{2g}$$

H_a : la Hauteur d'aspiration en m

J_{asp} : la perte de charge à l'aspiration en m

P_V : la pression de vapeur saturante en mCE

V_E : la vitesse de l'eau à l'entrée de la pompe en m/s

g : l'accélération de la pesanteur en m/s²

Z : la côte d'installation de la pompe

IV.2.6.4. Dimensionnement du réservoir

❒ Capacité du château

Par manque de données statistiques conséquentes sur le système d'approvisionnement en eau potable de la zone étudiée, nous utilisons la méthode forfaiture qui est le résultat d'essais expérimentaux. La capacité de stockage sur les réseaux de distribution est comprise entre 25% et 50%, avec une moyenne 33%, de la consommation journalière de pointe. [ZOUNGRANA, 2003].

❒ Détermination de la côte du radier du château

Deux critères déterminent le choix d'une cote d'installation du radier du réservoir :

- Assurer une pression de services contractuelle au point le plus hydrauliquement défavorisé en pression tant qu'il y'a un débit à fournir
- Vérifier que la pression en tout point de réseau est inferieures à la pression nominale des conduites et accessoires de distribution.

Pour ce faire, nous calculons les paramètres ci-après :

La charge minimale imposée au réservoir par chaque nœud :

$$H_i^{min,imp} = P_{service,i} + Z_i + \sum_{i}^{réservoir} \Delta H$$

On retiendra comme ligne de charge :

$$Z_{radier} = max\left(H_i^{min,imp}\right)$$

$$Z_{radier} = P_{service,i} + max\left(Z_i + \sum_{i}^{réservoir} \Delta H\right)$$

La hauteur sous radier est déterminée par la formule :

$$\boldsymbol{H_{radier} = P_{service,i} - Z_{TN\ Chateau} + max\left(Z_i + \sum_{i}^{réservoir} \Delta H\right)}$$

[YONABA, 2015]

IV.2.7. Dimensionnement de la distribution

IV.2.7.1. Dimensionnement des conduites de la distribution

Le diamètre théorique des conduites du réseau de distribution sera déterminé avec l'hypothèse d'une vitesse de 1m/s par la formule : $\boldsymbol{D_{th}(m) = \sqrt{\frac{4*Q(m^3/s)}{U(m/s)*\pi}}}$

Avec :

Q : le débit transitant la conduite en m^3/s ;

U: la vitesse en m/s ici U = 1m/s ;

D_{th}: le diamètre de la conduite en m

Après le calcul du diamètre théorique, nous choisirons judicieusement un diamètre commercial dans le catalogue PVC pression DIN 8062 / ISO 161 qui répond aux conditions de vitesse.

IV.2.7.2. Calcul du nombre de BF et de BP

- **Nombre de BF théorique**

Le nombre de Bornes Fontaines théoriques sera déterminé en faisant le rapport de la population desservie par les BF par le nombre de personnes s'approvisionnant en moyenne au niveau de chaque BF.

$$\boldsymbol{(N_{BF\ theorique}) = \frac{(P_{n,\ BF})}{500}}$$

- **Nombre de BF retenu**

Les études de faisabilité socio-économiques ont permis de retenir 13 sites d'implantation des BF.

$$\boldsymbol{N_{BF\ retenu} = 13}$$

- **Nombre de BP retenu**

Au regard du niveau de développement des deux villages et en se référant aux données existantes de l'ONEA sur des projets de taille similaire, nous préconisons le raccordement d'une cinquantaine de branchements privés sur le réseau.

$$\boldsymbol{N_{BP\ retenu} = 50}$$

Nous recommandons d'échelonner les installations des BP jusqu'à l'échéance du projet en 2040.

V. RESULTATS ET DISCUSSION

V.1. Résultat du calcul des besoins

V.1.1. Calculs des besoins de production de pointe journalier

Tableau 7 : Calcul des besoins de production de pointe journalière

Années	**2006**	**2019**	**2020**	**2025**	**2026**	**2030**	**2035**	**2040**
Population (hab)	3890	5500	5649	6453	6628	7373	8423	**9624**
Taux de desserte ou taux d'accès à l'eau potable		65.7%	68.3%	82.6%	85.8%	100.0%	100.0%	**100%**
Population totale desservie en eau potable		3614	3856	5331	5689	7373	8423	**9624**
Taux d'utilisation des ressources en eau potable disponibles (forages)		100.0%	63.1%	6.3%	4.0%	0.0%	0.0%	**0.0%**
Population desservie par les ressources en eau potable disponibles (forages)		3614	2433	336	226	0	0	**0**
Population desservie par le réseau AEPS (hab)		0	1423	4995	5463	7373	8423	**9624**
Nombre de BP dans l'AEP		0	4	16	16	25	40	**50**
consommation spécifique BP (l/j/hab)		30	30	30	30	30	30	**30**
Demande globale BP (m3/j)		0	1.20	4.80	4.80	7.50	12.00	**15.00**
Population desservie BF (hab)		0	1383	4835	5303	7123	8023	**9124**
Nombre de BF théorique dans l'AEP		0	3	10	11	14	16	**18**
Consommation spécifique BF (l/j/hab)		20	20	21	20	20	21	**20**
Demande globale BF (m3/j)		0	27.66	101.54	106.06	142.46	168.48	**182.48**
Volume à satisfaire par le réseau (AEPS) (m^3/j)		0	28.86	106.335	110.86	149.96	180.483	**197.48**
Autres Besoins (Activités économiques, Ecoles, CSPS, … m3/j)		0	2.89	10.63	11.09	15.00	18.05	**19.75**
Besoins totaux moyens de la localité		0	31.75	116.97	121.95	164.96	198.53	**217.23**
Demande en eau du jour de pointe (m3/j)		0	38.10	140.36	146.34	197.95	238.24	**260.67**
Besoin de production du jour de pointe (m3/j)		**0.00**	**42.33**	**155.96**	**162.59**	**219.94**	**264.71**	**289.64**

A l'horizon 2040, le besoin de production journalier vaut 217.2 m^3 et le besoin de production du jour de pointe vaut 289.6 m^3.

V.1.2. Calculs des débits d'adduction et de distribution

Tableau 8: Calcul des débits d'adduction et de distribution

Années	**2020**	**2025**	**2026**	**2030**	**2035**	**2040**
Besoin de production du jour de pointe (m3/j)	42.33	155.96	162.59	219.94	264.71	289.64
Production journalière du forage F1 (m3/j)	90	90	90	90	90	90
Production journalière restante (m3/j)	-	65.96	72.59	129.94	174.71	199.64
Nombre de forages nécessaires	1	2	2	3	4	4
Débit moyen horaire (m3/h)	3.53	13.00	13.55	18.33	22.06	24.14
Débit horaire de pointe (m3/h) = Qdim	7.05	25.99	27.10	36.66	44.12	48.27
Débit de dimensionnement - distribution Qdist (l/s)	**1.96**	**7.22**	**7.53**	**10.18**	**12.26**	**13.41**
Nombre de BF retenu	13	13	13	13	13	13
Débit moyen par BF (l/s)	0.15	0.56	0.58	0.78	0.94	1.03

Avec le débit d'exploitation de 6 m^3/h obtenu pour le forage F1, il sera recherché un débit d'exploitation d'au moins 5 m^3/h pour les trois autres forages.

Nous préconisons de faire un phasage de la réalisation des forages au regard de l'échéance du projet :

- **Phase 1** : la réalisation de deux forages, le forage existant F1 et un autre forage à rechercher qui permettra de satisfaire les besoins sur la période 2020 – 2026.
- **Phase 2** : la réalisation des deux derniers forages pour couvrir les besoins de 2027 à l'échéance du projet en 2040.

Le débit de distribution à l'horizon du projet vaut : $\boldsymbol{Q_{dist} = 13.41 l/s}$, si nous répartissons équitablement ce débit aux différentes bornes fontaines on obtient $\boldsymbol{Q_{BF} = 1.03 l/s \approx 1\ l/s}$

V.2. Résultat du dimensionnement du refoulement

V.2.1. Conduite de refoulement

Comme l'illustre le tableau 08, il faudra une série de quatre forages pour satisfaire les besoins en eau à l'échéance du projet.

Nous privilégions le diamètre économique obtenu par la formule de Bresse qui vérifie la condition GLS en dépit de celui de Munier pour réduire les pertes de charges ; ceci dans l'optique d'amoindrir les charges d'exploitation.

Tableau 9 : Dimensionnement de la conduite de refoulement du forage F1

			D théorique (mm)			D commercial (mm)		Vitesse U (m/s)	GLS	
Tronçons	**L(m)**	**Q (m^3/h)**	**BRESSE**	**BRESSE MODIFIE**	**MUNIER**	**Diamètre intérieur**	**Diamètre nominal**			
F1-CHATEAU D'EAU	5015.6	6.0	61.2	94.9	53.1	67.8	75	0.46	1.11	OK

La conduite de refoulement du forage F1 au réservoir sera en **PVC, DN 75, PN 10** sous réserve de la vérification du risque de coup de bélier.

V.2.2. Pression Nominale au refoulement

❒ Hauteur géométrique (Hg)

$H_g = Cote\ refoulement - Cote\ niveau\ dyanmique$

Nous disposons des données suivantes :

- Cote de refoulement du château d'eau : 348.45 m
- Cote TN du forage : 321m
- Cote niveau dynamique : 304.23m
- Cote d'installation de la pompe : 281m

$$H_g = 348.45m - 304.23m = 44.22m$$

$$\boldsymbol{H_g = 44.22m}$$

❒ Hauteur Manométrique Totale (HMT)

$$\boldsymbol{HMT = H_g + \sum pdc}$$

$$\boldsymbol{HMT = H_g + \Delta H_T}$$

$$\Delta H_T = 1.1 * 5015.6 * \left(\frac{4^{\frac{10}{3}} * \left(\frac{6}{3600}\right)^2}{\pi^2 * 120^2 * 0.0678^{\frac{16}{3}}} \right)$$

ΔH_T = 18.75m

$$HMT = 44.22m + 18.75m$$

$$\mathbf{HMT = 62.97m \approx 63m}$$

❒ Vérification du risque de coup de bélier

Tableau 10 : Vérification du risque de coup de bélier

Désignation	**Unité**	**Valeur**
Tronçon	**F1 – CHATEAU D'EAU**	
Débit de refoulement Q	(m3/h)	6
Longueur de la conduite	(m)	5015.6
Diamètre intérieur Di	(mm)	67.8
Diamètre extérieur Dex	(mm)	75
Epaisseur de la conduite e	(mm)	3.6
Accélération de la pesanteur g	(m/s²)	9.81
Pression nominale PN	mCE	100
Vitesse d'écoulement U	(m/s)	0.46
Célérité C	(m/s)	364.97
Temps aller-retour de l'onde TAR	(s)	27.5
Variation de pression ΔH	**(m)**	**17.17**
Hauteur Manométrique Totale HMT	**(m)**	**62.97**
Pression maximale admissible Hmax	**(m)**	**80.15**
1.2*PN	**(m)**	**120.00**
Hmax < 1.2*PN pas de risque de coup de bélier!!!		

Il sera retenu une pression nominale au refoulement de 10 bars (PN 10) pour le système AEP. En effet l'onde de choc qui pourrait être due à une surpression ou une dépression est inférieure à la pression nominale de la conduite alors les installations du système AEP sont en sécurité vis-à-vis du coup de bélier (voir courbe des pressions dynamiques à la figue 2).

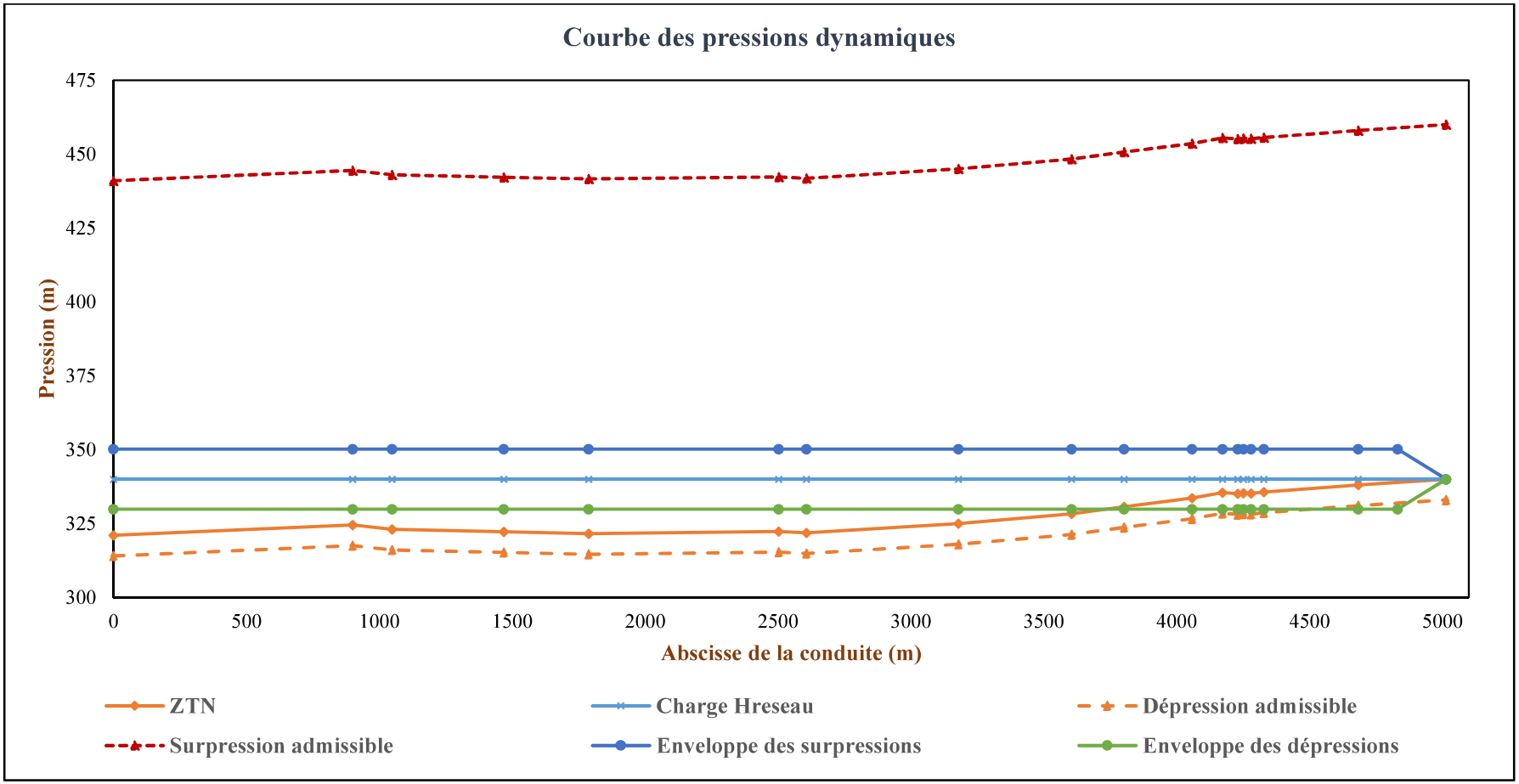


Figure 2 : Courbe des pressions dynamiques de la conduite de refoulement

On constate que la courbe de l'enveloppe des surpressions et dépressions est incluse dans la courbe de l'enveloppe des surpressions et dépressions admissibles, en conclusion il n'y a pas de risque de coup de bélier et de risque de cavitation de la conduite de refoulement.

En conclusion, on ne placera pas un dispositif anti bélier car la conduite de refoulement supporte elle-même les suppressions et les dépressions.

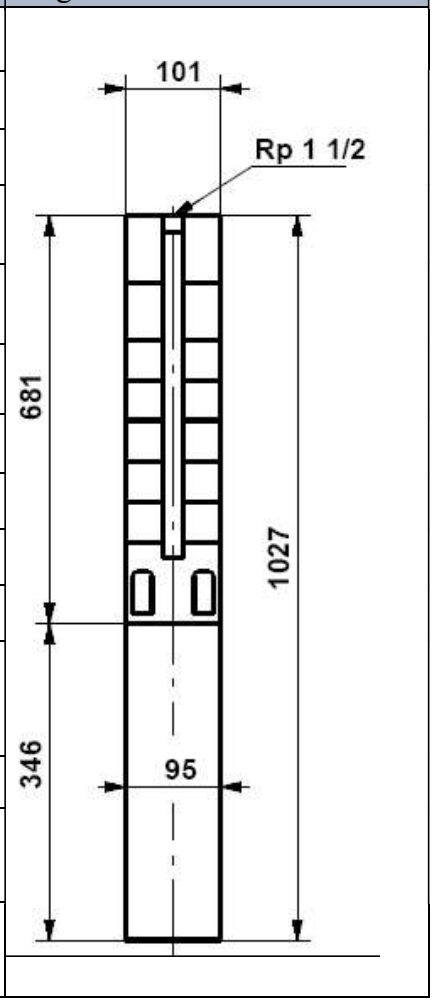
V.2.3. Station de pompage

❒ Choix de la pompe

Connaissant le débit, la HMT et en se basant que le rendement global de fonctionnement de la pompe ; nous utilisons le catalogue en ligne Grundfos et nous choisissons la pompe **SP 5A-25** qui satisfait au mieux aux contraintes du dimensionnement.

Les caractéristiques de la pompe SP 5A-25 choisie sont regroupées dans le tableau ci-après :

Tableau 11 : Caractéristiques techniques de la pompe SP 5A-25

Type	SP 5A-25		Image SP 5A-25
Quantité* Moteur	1 * 2.2	KW	
Débit	6.29	m³/h	
H totale	63	m	
Puissance P1	3	kW	
Puissance P2	2.27	kW	
Courant (nominal)	5.5	A	
Courant (réel)	5.3	A	
Cos phi (réel)	0.82		
Rendement pompe	47.5	%	
Rendement moteur	75.6	%	
Rendement total	35.9	% =Rend pompe * Rend moteur	
Débit total	21 882	m³/an	
Conso. spécifique énergétique	0.4765	kWh/m³	
	7.57	Wh/m³/m	

Les caractéristiques complètes de la pompe SP 5A-25 choisie sont à l'Annexe IV.

❒ Point de fonctionnement

Le point de fonctionnement d'une pompe est le point d'intersection de la courbe caractéristique de la pompe, donnée par le constructeur de la pompe : $HMT' = F'(Q)$, avec celle de la conduite de refoulement : $HMT = F(Q)$ avec $HMT = H_g + \sum pdc$.

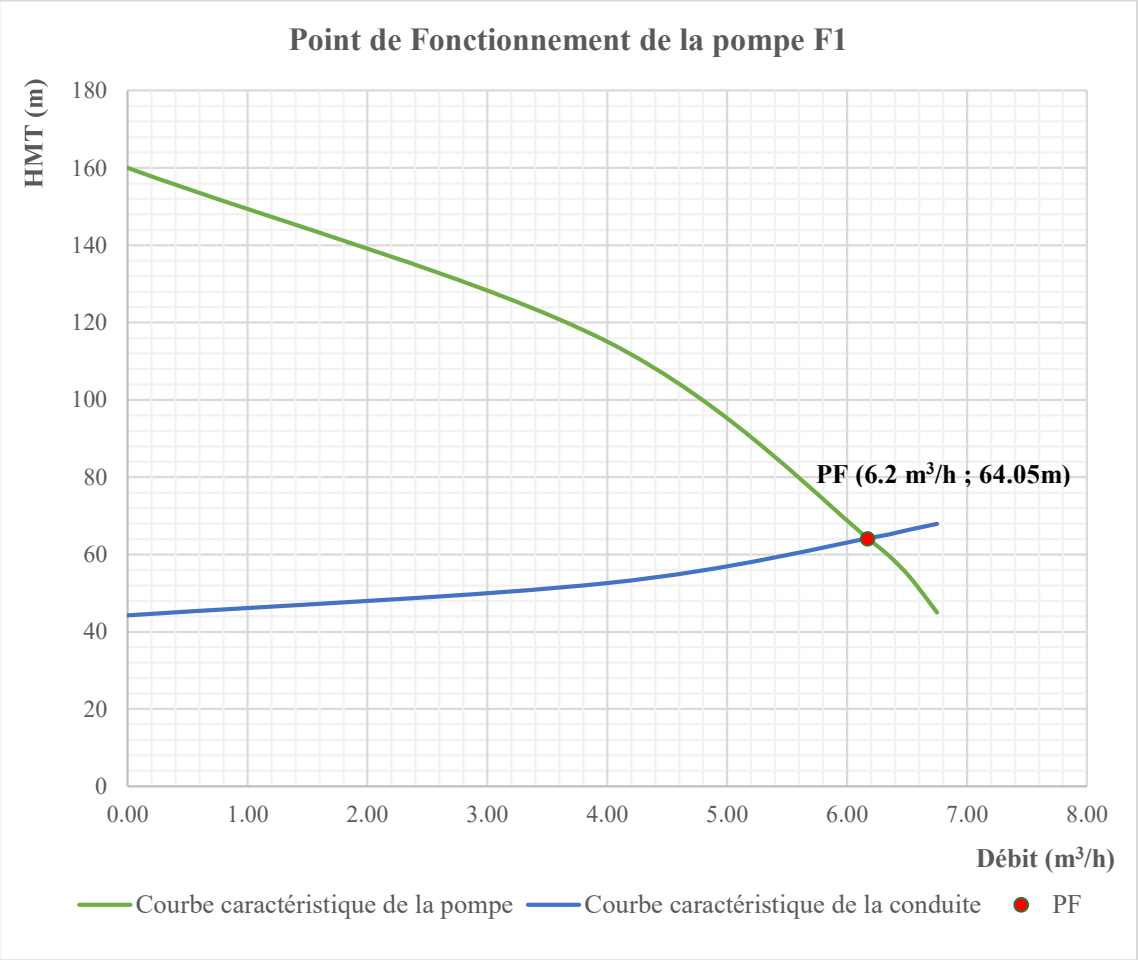


Figure 3 : Point de Fonctionnement de la pompe F1

❒ Installation électrique

Les villages de lago et Yitaoré ne sont connecté au réseau électrique de la SONABEL. La fourniture en électricité de la station de pompage se fera prioritaire avec une installation solaire photovoltaïque et un groupe électrogène qui viendra en appoint.

➢ **Dimensionnement des installations photovoltaïques**

- **Energie nécessaire pour la pompe**

Pour le dimensionnement des panneaux photovoltaïque des installations, il faudra déterminer le besoin quotidien en énergie de la pompe (Ej) et la puissance crête (Pc) du système photovoltaïque capable de fournir l'énergie électrique journalière (Ej) nécessaire.

$$E_j = \frac{\rho * g * Q_J * HMT}{3600 * R_{ond} * R_{mp}}$$

Q_J : le débit journalier (m3/j)

HMT : la Hauteur Manométrique Totale (m)

R_{ond} : le rendement de l'onduleur (Rond =60%)

R_{mp}: le rendement moteur pompe (constructeur de la pompe)

ρ: la masse volumique de l'eau = 1000 kg/m^3

g: accélération de la pesanteur = 9.81m/s^2

- **Puissance de crête**

Pour déterminer la puissance de crêté de l'installation, on se met en fonctionnement normal ou il y'a une égalité entre l'énergie du générateur photovoltaïque et l'énergie nécessaire pour les pompes :

$$E_j = R_g * P_c * E_i \Rightarrow P_c = \frac{E_j}{R_g * E_i}$$

R_g : le rendement du générateur photovoltaïque (R_g = 0,55)

E_i : le rayonnement total journalier moyen par unité de surface (kW/m²/j), au Burkina Faso on a E_i = 5.5 kW/m²/j en décembre.

- **Nombre de panneaux photovoltaïque**

Le nombre de panneaux sera déterminé en divisant la puissance de crête par la puissance nominale de chaque panneau. Nous convenons de prendre des panneaux de 250W de dimension : 1640mm×992mm×35mm.

$$n = \frac{P_c}{P_u}$$

Tableau 12 : Dimensionnement des panneaux photovoltaïques

Désignation	**Unité**	**Valeur**	**Image panneau 250W**
Débit de refoulement journalier Qj par forage	(m3/j)	90.00	
Rendement pompe	(%)	47.5	
Rendement moteur	(%)	75.6	
Rendement total (moteur pompe)	(%)	35.91	
Hauteur Manométrique Totale HMT	(m)	62.97	
Energie nécessaire pour la pompe Ej	**(kW/j)**	**71.68**	
Rayonnement total journalier moyen par unité de surface au Burkina Faso Ei	(kW/m²/j)	5.5	
Rendement du générateur photovoltaïque Rg	(%)	55.00	
Puissance de crête Pc	**(kWc)**	**23.70**	
Nombre de panneau théorique de 25OW		**94.78**	
Nous convenons de prendre n =		**95**	
Dimension de chaque panneau		**164cm * 99.2cm**	
Surface couverte par le champ photovoltaïque par forage	**m²**	**155**	

- **Dimensionnement du groupe électrogène**

- **Calcul de la puissance du Groupe électrogène**

$$P_{Ge} \geq \frac{2*P}{cos\varphi} \quad \rightarrow \quad P_{Ge} \geq \frac{2*2.2}{0.82}$$

$$\boldsymbol{P_{Ge} \geq 5.37\text{KVA}}$$

Nous obtenons 5. 37 KVA comme valeur théorique de la puissance du groupe électrogène par forage**, nous choisissons quatre groupes électrogènes de la gamme KOHLER SDMO de puissance nominale 6.5 KVA chacun.**

Figure 4 : Groupe électrogène de 6.5 KVA

V.3. Résultat du dimensionnement du château

V.3.1. Capacité du château

A partir des volumes de production journalière de pointe nous déduisons la capacité du château, Le résultat obtenu est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 13 : Calcul de la capacité du château d'eau

Années	**2020**	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**
Besoin de production du jour de pointe (m3/j)	42.33	155.96	219.94	264.71	289.64
25% du besoin de production du jour de pointe (m^3)	11	39	55	66	**72**
33% du besoin de production du jour de pointe (m^3)	14	51	73	87	**96**
72 m^3 ≤ Cu ≤ 96 m^3					

La capacité du château d'eau retenue est de 80m^3, il sera en métallique de former cylindrique.

V.3.2. Dimensions du château d'eau

$$V_{Chateau} = H * \frac{\pi * D^2}{4}$$

Avec :

H : la hauteur du château (m)

D: le diamètre du château (m)

Tableau 14 : Dimensions du château d'eau

Désignation	**Unité**	**Valeur**
Diamètre	**(m)**	**4.50**
Hauteur	**(m)**	**5.00**
Volume du château	**(m^3)**	**80**

Les dimensions ainsi obtenues seront comparées aux dimensions standards des châteaux métalliques de 80 m^3 puis nous privilégierons les dimensions standards.

V.3.3. Calage du château d'eau

En plus des critères hydrauliques, le site d'emplacement du château d'eau doit être choisi judicieusement, de façon concertée avec les bénéficiaires, de sorte à être accessible sur toute l'année, loin des cimetières et des lieux de cultes.

Le site du réservoir retenu se trouve sur une colline au centre du village de Yitaoré à la cote TN 340 m (voir détail calage du château au tableau 15).

Tableau 15 : Calage du château d'eau

Désignation	**Unité**	**Valeur**
Côte TN	m	340
Hauteur sous cuve calculée	m	8.45
Hauteur sous cuve retenue	m	9
Côte radier	m	349
Côte PHE	m	354
Côte arrivée d'eau	m	354.1

V.4. Résultat du dimensionnement du réseau de distribution

V.4.1. Dimensionnement des robinets des BF

Le débit des bornes fontaines vaut : $Q_{BF} = 1$ l/s,.

- **Nombre de robinets par BF**

$$N_{rob/BF} = \frac{Q_{BF}}{Q_{max/rob}}$$

$$N_{rob/BF} = 2$$

Nous aurons deux robinets de 0.5l/s en fonctionnement simultané à chaque BF.

V.4.2. Dimensionnement des conduites de distribution

Les résultats obtenus à l'issue du dimensionnement du réseau de distribution sont consignés dans les tableaux ci-dessous.

❒ **Partie ramifiée**

Tableau 16 : Dimensionnement de la partie ramifiée de la distribution

Nom de tronçon	L(m)	Q(l/s)	D théorique (mm)	Diamètre commercial		pdc total (m)	$\sum_{i}^{CE} pdc$	Charge Amont	Charge Aval	Cote TN nœud aval	Pression au nœud aval (mCE)	U (m/s)
				D intérieur (mm)	DN (mm)							
Château_1	330.2	13	128.7	180.8	200	0.402	0.402	348.45	348.048	339.487	8.56	0.51
1_2	361.6	13	128.7	180.8	200	0.440	0.842	348.048	347.608	336	11.61	0.51
2_3	205.4	3	61.8	81.4	90	0.939	1.780	347.608	346.670	336.095	10.57	0.58
3_BF.9	**25.1**	**1**	**35.7**	**57**	**63**	**0.085**	**1.866**	**346.670**	**346.584**	**335.959**	**10.63**	**0.39**
3_4	336.2	2	50.5	**81.4**	90	0.683	2.463	346.670	345.987	336.173	9.81	0.38
4_5	**270.5**	1	35.7	**57**	63	0.919	3.382	345.987	345.068	337.249	7.82	0.39
5_BF.10	**18.4**	**1**	**35.7**	**57**	**63**	**0.063**	**3.444**	**345.068**	**345.006**	**337.585**	**7.42**	**0.39**
4_6	365.6	1	35.7	57	63	1.241	3.704	345.987	344.746	334.543	10.20	0.39
6_7	216.0	1	35.7	57	63	0.733	4.438	344.746	344.012	333.015	11.00	0.39
7_8	339.4	1	35.7	57	63	1.153	5.590	344.012	342.860	330.612	12.25	0.39
8_9	150.6	1	35.7	57	63	0.511	6.102	342.860	342.348	330.819	11.53	0.39
9_BF.11	**20.9**	**1**	**35.7**	**57**	**63**	**0.071**	**6.173**	**342.348**	**342.277**	**330.956**	**11.32**	**0.39**
2_10	210.8	10	112.8	144.6	160	0.499	1.341	347.608	347.109	334.632	12.48	0.61
10_11	507.7	10	112.8	144.6	160	1.203	2.544	347.109	345.906	328.277	17.63	0.61
11_12	401.2	10	112.8	144.6	160	0.951	3.495	345.906	344.955	325.147	19.81	0.61
12_13	284.2	10	112.8	144.6	160	0.673	4.168	344.955	344.282	323.097	**21.18**	0.61
13_14	416.3	10	112.8	144.6	160	0.987	5.155	344.282	343.295	322.33	20.97	0.61
14_15	380.2	10	112.8	144.6	160	0.901	6.056	343.295	342.394	322.098	20.30	0.61

15_16	331.8	10	112.8	144.6	160	0.786	6.842	342.394	341.608	321.601	20.01	0.61
16_17	319.1	10	112.8	144.6	160	0.756	7.598	341.608	340.852	320.981	19.87	0.61
17_18	536.6	10	112.8	144.6	160	1.272	8.870	340.852	339.580	321.08	18.50	0.61
18_19	267.0	10	112.8	144.6	160	0.633	9.503	339.580	338.947	321.513	17.43	0.61
19_20	276.3	1	35.7	57	63	0.938	10.441	338.947	338.009	322.758	15.25	0.39
20_BF.8	**6.8**	**1**	**35.7**	**57**	**63**	**0.023**	**10.464**	**338.009**	**337.986**	**322.785**	**15.20**	**0.39**
19_21	127.9	9	107.0	144.6	160	0.246	9.748	338.947	338.702	321.718	16.98	0.55
21_22	425.5	9	107.0	144.6	160	0.817	10.565	338.702	337.885	322.238	15.65	0.55
30_31	320.6	2	50.5	81.4	90	0.651	13.851	335.250	334.599	320.636	13.96	0.38
31_32	491.8	1	35.7	57	63	1.670	15.521	334.599	332.929	321.654	11.27	0.39
32_50	82.6	1	35.7	57	63	0.281	15.802	332.929	332.648	323.4903	9.16	0.39
50_BF.1	**4.3**	**1**	**35.7**	**57**	**63**	**0.015**	**15.816**	**332.648**	**332.634**	**323.586**	**9.05**	**0.39**
31_33	456.9	1	35.7	57	63	1.552	15.403	334.599	333.047	320.239	12.81	0.39
33_BF.2	**22.1**	**1**	**35.7**	**57**	**63**	**0.075**	**15.478**	**333.047**	**332.972**	**320.275**	**12.70**	**0.39**
40_42	505.2	1	35.7	57	63	1.716	14.661	335.504	333.7885101	322.874	10.91	0.39
42_43	100.0	1	35.7	57	63	0.340	15.001	333.7885101	333.449	323.307	10.14	0.39
43_BF.7	**11.8**	**1**	**35.7**	**57**	**63**	**0.040**	**15.041**	**333.449**	**333.409**	**323.418**	**9.99**	**0.39**
38_41	234.7	1	35.7	57	63	0.797	15.092	334.155	333.358	326.257	7.10	0.39
41_CSPS	**30.0**	**1**	**35.7**	**57**	**63**	**0.102**	**15.193**	**333.358**	**333.257**	**326.486**	**6.77**	**0.39**
30_BF.3	**16.7**	**1**	**35.7**	**57**	**63**	**0.057**	**13.257**	**335.250**	**335.193**	**321.649**	**13.54**	**0.39**
26_BF.4	**33.3**	**1**	**35.7**	**57**	**63**	**0.113**	**13.552**	**335.011**	**334.898**	**323.708**	**11.19**	**0.39**
25_BF.12	**12.9**	**1**	**35.7**	**57**	**63**	**0.044**	**12.545**	**335.949**	**335.905**	**322.546**	**13.36**	**0.39**

39_BF.5	4.7	1	35.7	57	63	0.016	14.295	334.171	334.155	325.891	8.26	0.39
44_BF.6	4.5	1	35.7	57	63	0.015	14.200	334.265	334.250	325.622	8.63	0.39

❒ **Partie maillée**

Tableau 17 : Dimensionnement de la partie maillée de la distribution

N° Maille	Nom de tronçon	L(m)	Q(l/s)	D théorique (mm)	Diamètre commercial		pdc total (m)	$\sum_{i}^{CE}$ pdc	Charge Amont	Charge Aval	Cote TN nœud aval	Pression au nœud aval (mCE)	U (m/s)
					D intérieur (mm)	DN (mm)							
I	22_23	57.3	2.14	52.2	57	63	0.891	11.456	337.885	336.994	322.278	14.716	0.8
	23_25	67.2	2.14	52.2	57	63	1.045	12.501	336.994	335.949	322.584	13.365	0.8
	25_26	212.4	1.14	38.1	57	63	0.937	13.439	335.949	335.011	323.446	11.565	0.4
	26_27	204.2	0.14	13.4	57	63	0.014	13.452	335.011	334.998	322.357	12.641	0.1
	27_28	169.2	-0.42	23.1	57	63	-0.101	13.351	334.998	335.099	321.66	13.439	0.2
	28_29	94.8	-0.42	23.1	57	63	-0.057	13.294	335.099	335.156	321.063	14.093	0.2
	29_30	157.1	-0.42	23.1	57	63	-0.094	13.200	335.156	335.250	321.534	13.716	0.2
	30_24	330.2	-3.42	66.0	81.4	90	-1.961	11.239	335.250	337.211	321.69	15.521	0.7
	24_22	93.6	-3.42	66.0	81.4	90	-0.556	10.683	337.211	337.885	322.238	15.647	0.7
II	40_39	277.2	1.19	38.9	57	63	1.333	14.279	335.504	334.171	325.819	8.352	0.5
	39_38	127.2	0.19	15.6	57	63	0.016	14.295	334.171	334.155	327.157	6.998	0.1
	38_37	86.0	-0.56	26.7	57	63	-0.092	14.203	334.155	334.247	326.474	7.773	0.2
	37_36	360.1	-0.56	26.7	57	63	-0.383	13.819	334.247	334.631	324.787	9.844	0.2
	36_27	344.9	-0.56	26.7	57	63	-0.367	13.452	334.631	334.998	322.357	12.641	0.2

	27_26	204.2	-0.140	13.4	57	63	-0.014	13.439	334.998	335.011	323.446	11.565	0.1
	26_25	212.4	-1.140	38.1	57	63	-0.937	12.501	335.011	335.949	322.584	13.365	0.4
	25_23	67.2	-2.140	52.2	57	63	-1.045	11.456	335.949	336.994	322.278	14.716	0.8
	23_22	57.3	-2.140	52.2	57	63	-0.891	10.565	336.994	337.885	322.238	15.647	0.8
	22_34	167.2	3.44	66.2	81.4	90	1.005	11.569	337.885	336.881	322.547	14.334	0.7
	34_40	234.2	3.44	66.2	81.4	90	1.407	12.976	336.881	335.474	323.498	11.976	0.7
III	40_44	227.1	1.25	39.9	57	63	1.205	14.185	335.470	334.265	325.643	8.622	0.5
	44_49	104.9	0.25	17.8	57	63	0.022	14.207	334.265	334.243	326.967	7.276	0.1
	49_48	75.8	0.25	17.8	57	63	0.016	14.223	334.243	334.227	328.553	5.674	0.1
	48_47	98.5	0.25	17.8	57	63	0.021	14.244	334.227	334.206	329.202	**5.00**	0.1
	47_46	132.6	0.25	17.8	57	63	0.028	14.272	334.206	334.178	327.826	6.352	0.1
	46_38	106.3	0.25	17.8	57	63	0.023	14.295	334.178	334.155	327.157	6.998	0.1
	38_39	127.2	-0.19	15.6	57	63	-0.016	14.279	334.155	334.171	325.819	8.352	0.1
	39_40	277.2	-1.19	38.9	57	63	-1.333	12.946	334.171	335.504	323.498	12.006	0.5

Les résultats issus du dimensionnement sont tels que :

- **Les vitesses sur les tronçons vérifient : 0.1 m/s ≤ V ≤ 0.84m/s**
- **Les pressions aux nœuds vérifient : 5mCE ≤ P nœud ≤ 21.18mCE avec une cote minimale du radier : Zradier = 348.45m.**

Les conduites qui ne respectent pas la condition de vitesse d'autocurage de la conduite de 0.2m/s pourraient subir des dépôts de matières en suspension, nous préconisons un traitement adéquat de l'eau et un suivi régulier de ces conduites.

Le linéaire de l'ensemble du réseau de distribution est de 14 126m avec des conduites qui varient entre DN 63 et DN 200. Le tableau ci-dessous fait une synthèse des conduites retenues.

Tableau 18 : Résumé des conduites du réseau distribution

Diamètre Nominale	Longueur total (m)
DN 63	**7 539**
DN 90	**1 687**
DN 160	**4 208**
DN 200	**692**
	14 126

Le tableau ci-dessous fait ressortir l'implantation exacte des principaux ouvrages du système AEP.

Tableau 19 : Coordonnées GPS des principaux ouvrages de l'AEP

OUVRAGES	COORDONNEE (X)	COORDONNEE (Y)	COORDONNEE Z (m)
BF.1	553514.81	1473803.22	325.150
BF.2	553201.45	1473353.14	320.851
BF.3	553989.59	1473228.6	321.281
BF.4	554234.49	1473258.67	322.150
BF.5	554782.96	1473532.48	324.491
BF.6	554784.68	1473758.42	324.959
BF.7	554801.01	1474293.37	323.389
BF.8	554085.47	1474325.37	322.525
BF.9	551295.16	1476789.38	337.015
BF.10	551085.88	1477264.92	338.500
BF.11	550694.35	1476177.00	337.100
BF.12	554244.33	1473470.15	322.322
BF 13_CSPS	554855.00	1473210.00	328.000
CHATEAU D'EAU	550835.27	1476413.59	340.000
FORAGE - AEPS	552666.71	1473379.70	321.000

V.5. Résultat des simulations

Les simulations ont été effectuées sur le logiciel Epanet et ont consisté à trois scenarios de rupture de conduites sur le réseau de distribution dans sa partie maillée avec comme cote de calage du radier du réservoir la cote obtenue au dimensionnement : $Z_{radier} = 348.45m$.

V.5.1. Cas 1 : Simulation de la rupture du tronçon 22_34

Dans ce scenario la partie maillée est alimentée à partir des conduites secondaires : 22_23 et 22_24

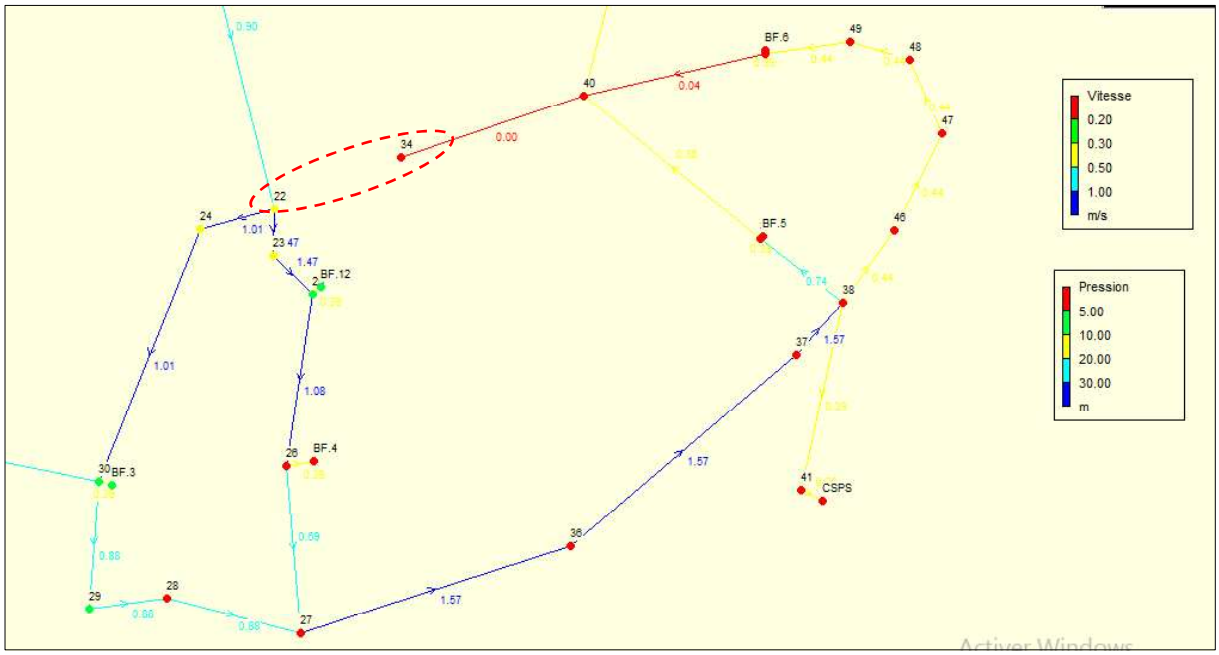


Figure 5 : Résultat de la simulation de la rupture de la conduite 22_34

Les résultats obtenus à l'issue cette simulation sont entre autres :

- les vitesses sur les tronçons vérifient : 0.04m/s ≤ V tronçon ≤ 1.57m/s,
- des pressions négatives sur certain nœuds.

V.5.2. Cas 2 : Simulation de la rupture du tronçon 22_23

Dans ce scenario les mailles sont alimentées à partir des conduites secondaires : 22_24 et 22_34

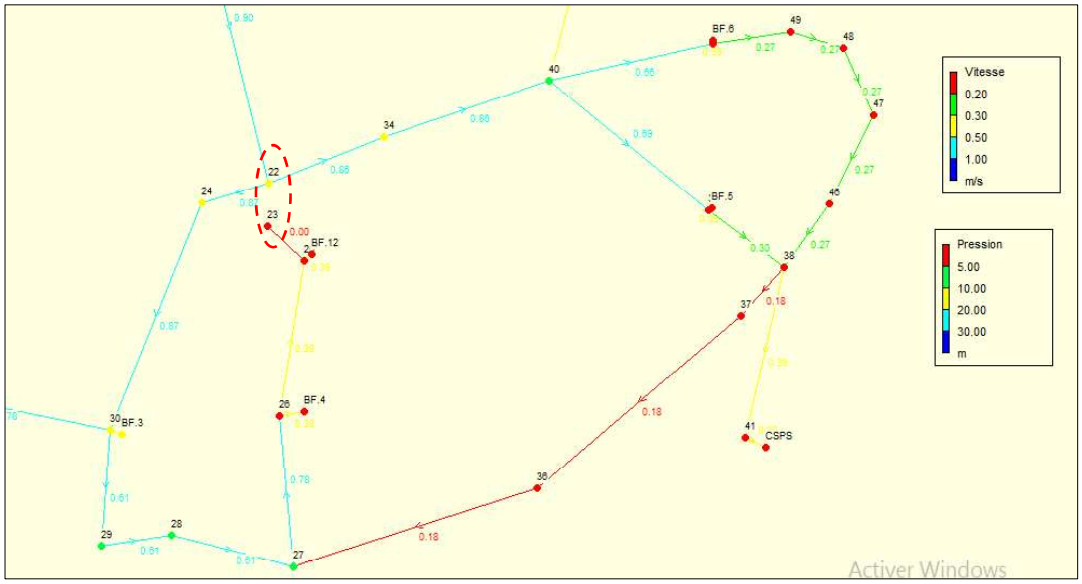


Figure 6 : Résultat de la simulation de la rupture de la conduite 22_23

Les résultats obtenus à l'issue cette simulation sont entre autres :

- les vitesses sur les tronçons vérifient : 0.04m/s ≤ V tronçon ≤ 1.57m/s,
- les pressions aux nœuds vérifient : 0.64mCE ≤ P nœuds ≤ 24.90mCE.

V.5.3. Cas 3 : Simulation de la rupture du tronçon 22_24

Dans ce scenario les mailles sont alimentées à partir des conduites secondaires : 22_23 et 22_34

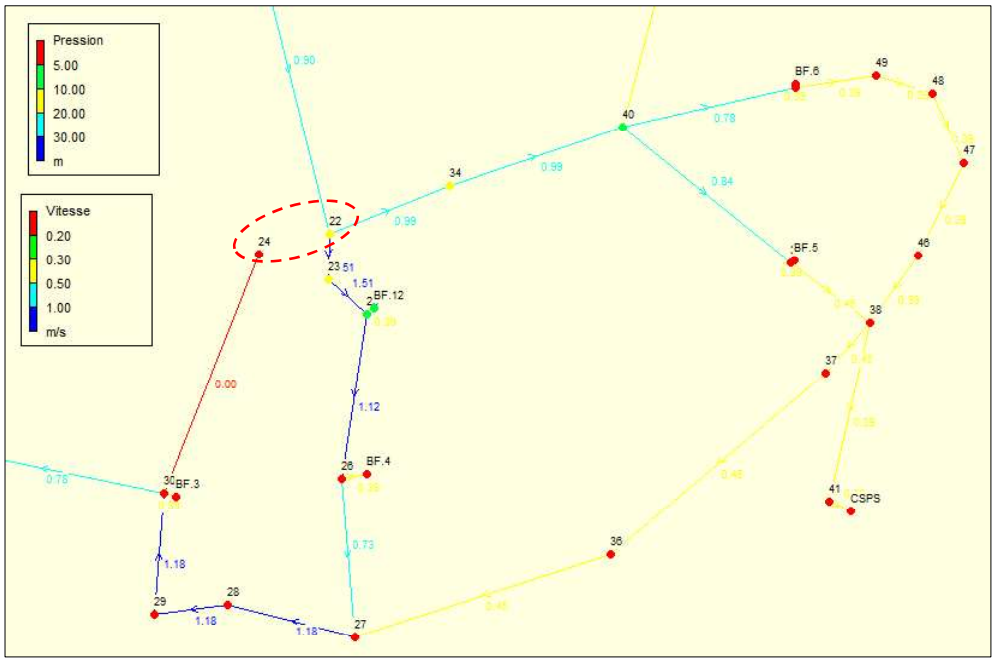


Figure 7 : Résultat de la simulation de la rupture de la conduite 22-24

Les résultats obtenus à l'issue de cette simulation sont entre autres :

- les vitesses sur les tronçons vérifient : 0. 39m/s ≤ V tronçon ≤ 1.51m/s,
- des pressions négatives sur certains nœuds.

On note au terme des simulations que les situations contraignantes pour le réseau de distribution dans sa partie maillée seraient les ruptures des conduites : 22 – 24 et 22-34 car on ne pourrait pas acheminer l'eau sur l'ensemble du réseau surtout aux points hauts.

V.6. Dimensionnement des ouvrages annexes

V.6.1. Ouvrages de protection du réseau AEP

❒ Les Ventouses

Les ventouses sont placées sur le réseau AEP dans l'optique de permettre l'entrée ou de vider l'air dans les conduites. Elles permettent ainsi de protéger le réseau contre les risques de coup de bélier important par de la présence d'air ou d'éviter l'écrasement des conduites par un apport d'air. Elles sont placées aux points hauts du réseau de refoulement et de distribution. Elles seront implantées avec un regard en béton armé muni d'une ouverture à l'extérieur afin d'évacuer l'air. L'ensemble des ventouses ont été identifiées sur le réseau de distribution, leur position sur le réseau est explicitée sur le plan de masse en Annexe VIII.

Tableau 20 : Liste des ventouses et leurs emplacements

Ventouse	Coordonnées Géographiques en UTM		Cote
	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	550994.29	1476977.95	336.291
2	551318.69	1476732.51	336.304
3	554994.59	1473672.03	329.227

❒ Les Vidanges

Les vidanges sont placées aux points bas du réseau AEP pour permettre d'évacuer les eaux dans les conduites en cas maintenance du réseau. Une vidange est composée d'une vanne, d'une conduite de décharge et d'un regard de vidange qui acheminent l'eau vers un cours d'eau naturel. La position des vidanges du réseau est explicitée sur le plan de masse en Annexe VIII.

Tableau 21 : Liste des vidanges et leurs emplacements

Ventouse	Coordonnées Géographiques en UTM		Cote
	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	550668.52	1476186.87	330.695
2	553551.37	1474375.14	320.773
3	553995.01	1473287.09	321.019

V.6.2. Dispositif en tête de forage

Un ensemble d'équipements sont installés à l'amont et à l'aval de la pompe de chaque forage pour garantir son bon fonctionnement. [ZOUNGRANA, 2003]

Ces équipements seront regroupés dans un enclos en agglos plein de 15, de 1.2m de haut et couvert d'un dispositif de fermeture en tôle.

❒ A l'aspiration de la pompe

On distingue :

- une crépine qui filtre l'eau et protège la pompe contre l'entrée de gros éléments
- un clapet de pied qui retient l'eau dans la conduite pour l'amorçage de la pompe
- un convergent dissymétrique qui permet la suppression de zone morte à l'entrée de la pompe
- une vanne d'arrêt qui permet l'isolement de la pompe pour entretien

❒ Au refoulement de la pompe

On a :

- un manomètre qui indique la pression de l'eau à la sortie
- une vanne de refoulement qui permet l'isolement de la pompe pour l'entretien et son amorçage
- une purge d'air qui élimine l'air de la conduite de refoulement
- un compteur qui évalue la quantité d'eau
- un clapet anti-retour qui protège la pompe

V.6.3. Vannes de sectionnement

Les vannes de sectionnement sont des pièces qui permettent de couper, régler, régulariser l'écoulement de l'eau dans le réseau et d'assurer une exploitation rationnelle. Elles sont généralement placées en tête des réseaux primaires, secondaires et tertiaires ou elles permettent d'isoler une partie du réseau en vue d'une maintenance.

Sur le réseau de distribution du projet on dénombre 21 vannes de sectionnement, l'emplacement des vannes du réseau est précisé dans le plan de masse en Annexe VIII.

V.6.4. Puisards

Les puisards sont des ouvrages destinés à assainir les BF et leurs alentours. Un puisard est constitué d'un puits perdu remplie de moellons qui permet l'infiltration des eaux stagnantes et des eaux de ruissellement à travers un dispositif de drainage.

V.6.5. Les ouvrages de fonctionnalité

Ce sont des ouvrages qui permettent une bonne exploitation du système AEP. On distingue :

- Des bâtiments d'exploitation destinés au gérant ou au fermier éventuel (Bureau, local technique, magasin, latrines et une douche)
- Une clôture grillagée du château d'eau
- Une clôture du champ de modules Photovoltaïque
- Un hangar pour les BF
- Une dalle de protection des compteurs pour les BP

V.6.6. Pose des conduites

L'ensemble des conduites du système AEP seront en PVC, PN 10. Elles seront enterrées dans le souci de garantir leur durabilité (ensoleillement, réchauffement de l'eau, risque de vandalismes). De plus, cela permet d'éviter l'encombrement des voies et le risque de rupture due à des charges trop importantes. Les dimensions de la fouille devant recevoir une conduite en AEP doivent respecter les prescriptions techniques ci-après :

$$h_{min} \geq 0.8m + D_{ext}$$

$$l_{min} \geq 0.4m + D_{ext}$$

Avec :

h_{min} : la profondeur minimale de la fouille

l_{min} : la largeur minimale de la fouille

D_{ext} : le diamètre extérieur de la conduite

Les conduites des systèmes AEP sont le plus souvent enterrées pour les protéger contre les intempéries (ensoleillement, réchauffement de l'eau, blocage par refroidissement du liquide).

Tableau 22: Dimension des fouilles pour pose de conduites

Conduites du réseau		DN 63	DN 90	DN 160	DN 200	
Valeurs calculées	h_{min}	0.863	0.89	0.96	1	Total
	l_{min}	0.463	0.49	0.56	0.6	
Valeurs retenues	h_{min}	1		1		
	l_{min}	0.5		0.6		
Longueur des conduites (m)		7539	1687	4208	692	**14126**
Volume des fouilles (m3)		3769.5	843.5	2524.8	415.1	**7347.9**

V.7. Traitement de l'eau

L'approvisionnement du système AEP sera assuré par les eaux souterraines de quatre forages fournissant un débit moyen de 6m^3/h à 5m^3/h. L'analyse chimique des eaux du forage F1 a révélé l'absence de composés chimiques dangereux tels que le fer, le manganèse, l'arsenic, les nitrates et les produits phytosanitaires. Pour ce faire, les eaux pompées subiront uniquement une désinfection chimique aux galets de chlore pour lutter éventuellement contre des infections microbiologiques lors du transport. Les galets de chlore seront introduits directement dans le réservoir de manière séquencé pour donner un mélange homogène et permettre au chlore de réagir efficacement. Sur le marché, on distingue deux types de galets de chlore : 200g et 500g. Le dosage en chlore se fera conformément à la norme du laboratoire national de l'ONEA qui est : 0.5 – 1.5mg/l ; elle est conforme à la norme de l'OMS : 0.5 - 5mg/l.

Nous adoptons un dosage en chlore : C_{chlore}= 1.5mg/l.

$$M_{chlore} = C_{chlore} * V_{Chateau}$$

Avec :

M_{chlore}: la masse de chlore (mg)

$V_{Chateau}$: le volume du château (l), $V_{Chateau} = 80\text{m}^3 = 80000$ l

C_{chlore} : le dosage en chlore (mg/l)

$$\text{M}_{\text{chlore}} = 120000\text{mg} = 120\text{g}$$

La masse journalière de galets de chlore nécessaire est fonction de la quantité d'eau potable à produire par jour :

$$\text{M}_{\text{chlore,jr}} = \frac{\text{Volumes de production journalière}}{V_{Chateau}} * \text{M}_{\text{chlore}}$$

$$\text{M}_{\text{chlore,jr}} = 434.4\text{g}$$

La quantité mensuelle de galets de chlore nécessaire 66 galets de 200g.

Nous préconisons que des analyses périodiques soient effectuées aux forages, au réservoir, aux points de prélèvements (BF et BP) afin de se rassurer de la qualité de l'eau pompé et surtout pour vérifier que l'eau distribuée conserve ses qualités chimiques et bactériologiques.

V.8. Notice d'impact environnemental et social

Le présent projet de réalisation du système AEP des villages de Lago et Yitaore impactera négativement et positivement la population et l'environnement. En nous référant à la loi N°006-2013 portant « code de l'environnement » et sur le décret N°2015- 1187 : « portant conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique, de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social. » nous pouvons classifier ce projet dans la catégorie B : Activités soumises à une notice d'impact sur l'environnement et social (NIES).

Le tableau ci-dessous décrit le cadre logique du plan de gestion environnemental et social (PGES) du projet.

Tableau 23 : Cadre logique du PGES du projet

N°	Récepteur	Impact	Mesures d'atténuation	Objectifs de l'action	Taches de l'action	Acteurs de l'action	Acteurs de suivi	Lieu de mise en œuvre	Coût de mise en œuvre	Calendrier	Indicateur de suivi
1	Population et biodiversité	Nuisance sonore	Séquencer les interventions	réduire les risques de sonorisations importantes	Concevoir un calendrier de travail adéquat	Entreprise, bureau de contrôle	Commune de Gourcy	Site des travaux	-	Au cours des travaux	Intensité du bruit
2	Population et biodiversité	Pollution de l'air	Arrosage périodique	minimiser la poussière	Arroser trois fois par jour	Entreprise	Commune de Gourcy	Site des travaux	10 000 000	Au cours des travaux	Poussière constatée au quotidien
3	Sols	Dégradation du sol	Remise en état du site	rendre le site à son été initial	Remblai et compactage du sol	Entreprise	Commune de Gourcy	Site des travaux	10 000 000	Après la réalisation	Qualité des sols après les travaux
4	Biodiversité	Destruction des espèces fauniques et végétales	Campagne de reboisement	amoindrir l'impact des travaux sur la faune et la flore	Reboiser des espèces fruitières et forestières	Commune de Gourcy, Bénéficiaires	Commune de Gourcy	Site des travaux	5 000 000	Après la réalisation	Quantité d'arbres plantés
Total									**25 000 000**		

V.9. Evaluation du coût du projet

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
I	FRAIS GENERAUX DU CHANTIER				3 000 000
II	FORAGE				27 300 000
III	CONDUITE DE REFOULEMENT				33 530 650
IV	STATION DE POMPAGE				28 980 000
V	CONSTRUCTION ET EQUIPEMENT DU CHATEAU D'EAU				42 650 000
VI	FOURNITURE ET POSE DES CONDUITES DE DISTRIBUTION				49 059 100
VII	FOURNITURE ET POSE DE PIECES SPECIALES				1 136 460
VIII	OUVRAGES ANNEXES				29 520 000
IX	ESSAIS ET AUTRES				330 990
X	NIES				25 000 000
	TOTAL GENERAL HT-HD				240 507 200
	TVA (18%)				43 291 296
	TOTAL GENERAL TTC				**283 798 495**

Le coût global du présent projet d'approvisionnement en eau potable des villages de LAGO et YITAIRE s'élève à la somme de **DEUX CENT QUATRE-VINGT-TROIS MILLIONS SEPT CENT QUATRE VINGT DIX HUI MILLE QUATRE CENT QUATRE VINGT QUINZE FRANCS CFA** soit **283 798 495 FCFA.** (Voir détail en Annexe VI)

V.10. Estimation du coût de l'eau

Pour une durabilité des investissements, il est capital que les bénéficiaires s'approprient le projet en s'impliquant fortement dans l'exploitation des ouvrages. C'est ainsi qu'ils doivent supporter les frais d'investissement et de fonctionnement en payant le mètre cube d'eau à un prix conséquent tout en restant dans l'intervalle de leurs possibilités financières.

Le prix du mètre cube d'eau est alors le rapport des frais totaux (coûts des investissements, des charges d'exploitation et des dotations aux amortissements) par le volume total d'eau vendu.

$$P_r = \frac{I + \sum C_i + \sum A_i}{\sum V_i}$$

Avec :

P_r : le prix de revient du m3 d'eau

C_i : les charges d'exploitations et de maintenance du système à l'année i

A_i : les dotations aux amortissements à l'année i

V_i : les volumes d'eau vendus à l'année i

V.10.1. Charges d'exploitation

Les charges d'exploitation sont des dépenses liées au fonctionnement du système AEP. On distingue par exemple : l'achat des produits chimiques (galet de chlores, …), le carburant, la maintenance des équipements, les charges dues au payement des salaires du personnel, l'entretien des moyens roulant, le téléphone.

Couramment on estime que les charges d'exploitation sont entre 5% et 20% des dépenses d'investissements. Nous prendrons C_i = 20% * I.

On aboutit à $\boldsymbol{C_i}$ **= 20% * 283 798 495 = 56 759 700 F CFA.**

V.10.2. Dotation aux amortissements

Les dotations aux amortissements sont des dépenses pour le renouvellement ou la réhabilitation des biens actifs du projet. Ces actifs sont essentiellement le groupe électrogène, le château d'eau, l'installation photovoltaïques et la pompe.

L'amortissement annuel est calculé en faisant le rapport du prix d'achat de l'actif par sa durée moyenne de vie.

Tableau 24 : Calcul des amortissements

Désignation	Coût d'investissement	Durée de vie	Amortissement	
			Annuel	Echéance
Station de pompage (Groupe Electrogène et installations photovoltaïque)	28 980 000	10	1 449 000	28 980 000
Réalisation des forages	27 300 000	10	1 365 000	27 300 000
Construction et équipement du château d'eau	42 650 000	10	2 132 500	42 650 000
TOTAL				**98 930 000**

Nous retenons $\sum A_i = 98\,930\,000$ FCFA.

V.10.3. Volume d'eau vendu

Il correspond à la quantité totale d'eau vendue pendant le temps d'amortissement des investissements des biens actifs soit 10 ans c'est-à-dire de 2020 à 2030.

$$\sum V_i = V_j * 365 * (2030 - 2020)$$

Avec :

V_j : le volume d'eau journalier vendu

$\sum V_i$ = 318.6*365*10 = 1 162 890 m³.

$$P_r = \frac{283\,798\,495 + 56\,759\,700 + 98\,930\,000}{1\,162\,890}$$

P_r = 378 FCFA/m³.

Le prix de revient du bidon de 20l est alors de 7.56 FCFA, en tenant compte de la viabilité du projet on peut ramener le prix du bidon de 20l à 10FCFA.

Cette proposition de prix est en cohérence avec les conclusions des études de faisabilité socio-économiques qui avaient révélées que les bénéficiaires souhaiteraient que le prix de vente de l'eau corresponde aux tarifs actuels de l'ONEA : 5F le sceau de 15l, 20F le bidon de 20l et 200F la barrique de 200l.

V.11. Mode de gestion

L'affermage sera adopté comme mode de gestion du présent projet comme le préconise le Ministère de l'Eau et de l'Assainissement. Il consiste à ce que la commune de Gourcy délègue la gestion du système AEP à un opérateur privé (le fermier) qui assure le fonctionnement, la maintenance et le renouvellement de certains équipements du système AEP contre le payement d'une facture périodique par les bénéficiaires à travers un contrat d'affermage signé entre la commune et le fermier. Ce choix se justifie d'une part par le fait que le fermier dispose des ressources humaines et techniques indispensables à sa tâche et d'autre part le fermier veillera au payement de l'eau par les bénéficiaires dans les délais. Il devra composer en priorité avec les capacités locales susceptibles de l'accompagner dans la mise en œuvre cohérente de sa prestation comme exemple le choix des fonteniers qui sera porté sur la population bénéficière. Le fermier a l'obligation de respecter ses engagements contractuels avec la commune au risque de se voir sanctionner ou résilier son contrat d'affermage.

VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le projet de réalisation du système AEP des villages de Lago et Yitaoré ambitionne résoudre durablement les difficultés d'accès en eau potable des deux localités. Le taux d'accès qui est de 65.7% en 2018 doit atteindre 100% à partir de 2030 avec une diminution progressive de la corvée d'eau par la régression continue de la fréquentation des sources d'eau alternatifs (forages et puits). Ce projet va permettre une fourniture en eau de qualité, d'éviter les risques de maladies hydriques et ainsi améliorer les conditions de vie des bénéficiaires.

Pour la conduite de cette étude, en nous basant sur les résultats des études de faisabilité socio-économiques du projet, des études topographiques, des hypothèses que nous sommes fixés, nous avons évalué le besoin journalier à **289.6m^3**, ensuite nous avons procédé à la conception et au dimensionnement des différents ouvrages du système AEP, puis nous avons dessiné les pièces graphiques nécessaires à la compréhension du projet, par la suite nous avons proposé un procédé de traitement de l'eau, enfin nous avons évalué le coût total des investissement à **283 798 495 FCFA.** Un accent particulier a été accordé au mode de gestion des ouvrages par le fermier et une étude d'impact environnement et social du projet a été proposée dans l'optique d'atténuer les effets néfastes du projet sur l'environnement.

Le système d'approvisionnement en eau potable des villages de Lago et Yitaoré est constitué de trois mailles et un réseau ramifié. La distribution est assurée par 13 BF et 50 BP. A l'échéance du projet il faudra quatre forages pour satisfaire la demande en eau : en plus du forage actuel de 6m^3/h il faudra alors rechercher les sites d'emplacements de trois nouveaux forages de 5m3/h et étudier leurs impacts sur le réseau de refoulement.

En fonctionnement normal, les débits d'écoulements sont faibles sur certains tronçons de la partie maillée du réseau de distribution. La question se pose tout de même de savoir qu'elle pourrait être l'effet des faibles débits sur les conduites du système à long terme ? Il sera alors nécessaire de suivre régulièrement les conduites à débit faible en vue d'intervenir en cas de panne.

Pour le moment, il est impératif que les autorités communales et les bénéficiaires s'approprient le projet pour garantir la durabilité des investissements.

VII. RECOMMANDATIONS

Pour une bonne mise en œuvre du projet, nous formulons les recommandations suivantes :

- ❒ La mise en place d'un programme de sensibilisation avant, pendant et après les travaux pour les bénéficiaires adhèrent au projet et qu'ils participent aux travaux ;
- ❒ Former les bénéficiaires sur l'hygiène et l'assainissement pour qu'ils veillent à la propreté au niveau des BF
- ❒ Sensibiliser la population sur la gestion rationnelle de l'eau

FICHE TECHNIQUE DU PROJET

1. LOCALISATION	
• Région/Province/Commune	• Nord/Zondoma/Gourcy
• Distance de Ouaga/Ouahigouya/Gourcy (km)	• 162 / 64 / 22
2. DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES	
• Population en 2006 (hbts)	• 3890
• Taux d'accroissement (%)	• 2.7
• Population desservie l'AEP (2040)	• 9624
• Besoin de production de pointe journalier en 2040 (m^3 /jr)	• 289.64
• Consommation spécifique (l/jr/hbt)	• 20 au BF et 30 au BP
3. CARACTERISTIQUES DES FORAGES	
• Nombre de forages nécessaires	• 4
• Débit d'exploitation minimal des trois autres forages (m^3/h)	• 5
• Débit d'exploitation du forage existant (m^3 /h)	• 6
• Niveau dynamique du forage existant (m)	• 304.23
• Cote TN du forage existant (m)	• 321
4. ELECTROPOMPE	
• Nom de la pompe (Grundfos)	• SP 5A-25
• HMT (m)	• 63
• Débit (m^3 /h)	• 6
• Point de fonctionnement (Q(m^3/h) ; HMT(m))	• (6.20 ; 64.05)
5. ENERGIE	
• Temps de pompage (h)	• 15
• Energie photovoltaïque par forage	• Champs PV de 95 panneaux de 250W sur 155 m²
• Energie thermique par forage	• Groupe électrogène de 6.5KVA
6. CHATEAU D'EAU	
• Capacité (m^3)	• 80
• Nature/forme	• Métallique cylindrique
• Hauteur sous cuve (m)	• 9.00
7. CONDUITE D'ADDUCTIOJN	
• Nature	• PVC, PN 10
• Conduites	• DN 75 sur 5015.6m
8. CONDUITE DE DISTRIBUTION	
• Nature	• PVC, PN 10
• Type de réseau de distribution	• Mixte (3 mailles + ramifications)
• Conduites	• DN 63 sur 7549m • DN 90 sur 1687m • DN 160 sur 4208m • DN 200 sur 692m
9. BORNES FONTAINES ET BRANCHEMENTS PRIVES	
• Nombre de BP	• 50
• Nombre de BF	• 13
• Nombre de robinet de 0.5/s par BF	• 2
10. ASPECT FINANCIER / GESTION	
• Coût du système AEP	• 283 798 495 FCFA
• Coût du mètre cube d'eau	• 378 F CFA
• Mode de gestion	• Affermage

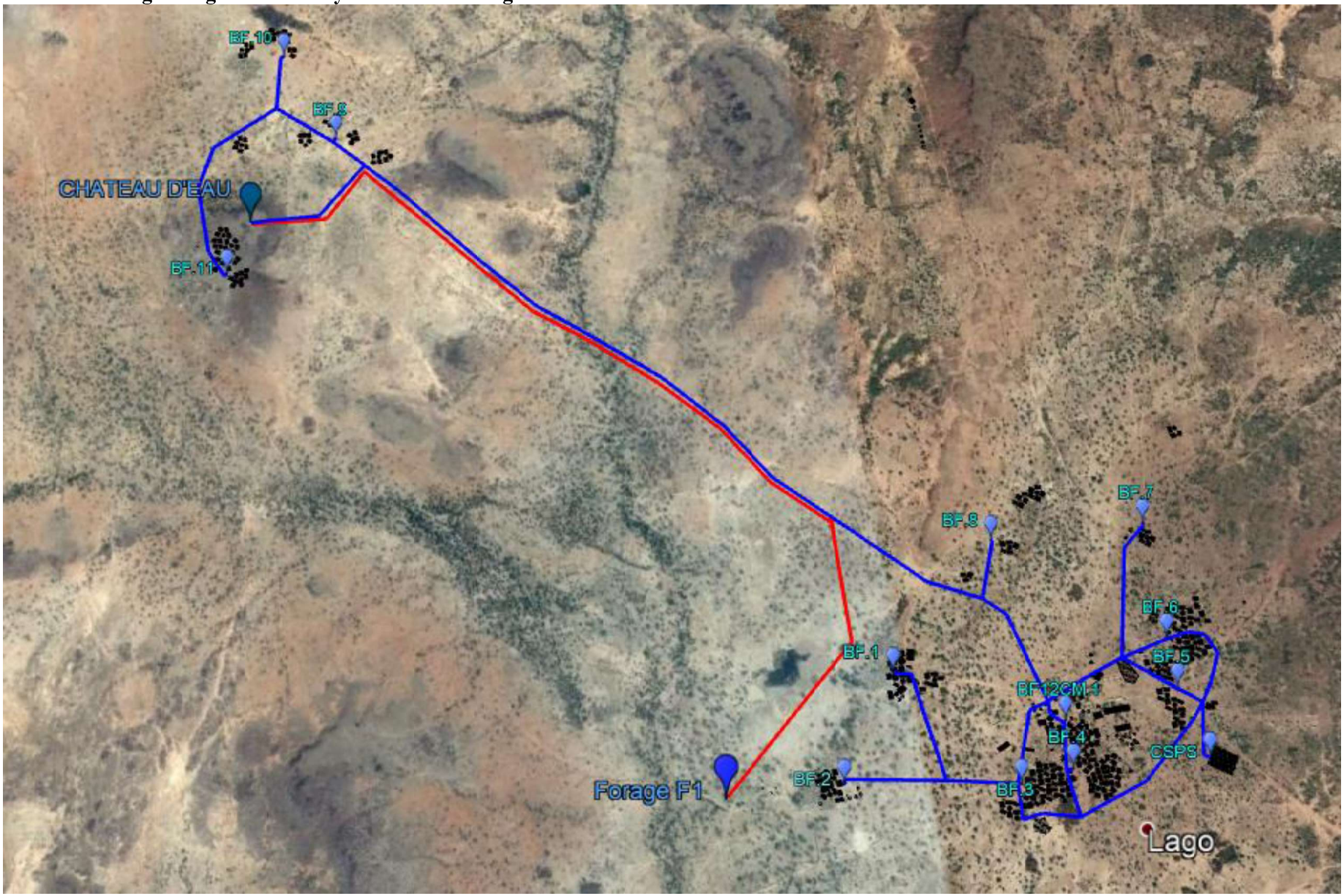
BIBLIOGRAPHIE

- MOUNIROU A. Lawani, 2018. Essentiel de Pompes et Stations de Pompage. Ouagadougou : 2iE, Janvier 2018.
- ZOUNGRANA Denis, 2003. Cours d'Approvisionnement en Eau Potable. Ouagadougou : EIER, Novembre 2003.
- YONABA O. Roland, 2015. Cours d'Adduction en Eau Potable : calcul des ouvrages constitutifs des réseaux d'AEP. Ouagadougou : 2iE, Avril 2015.
- INSD, 2006. Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Burkina Faso, 2006.
- Mairie de Gourcy, 2018. Plan Communal de Développement de la commune de Gourcy. Gourcy, Avril 2018
- Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, 2016. Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (2016-2030). Burkina Faso, Mai 2016.
- Ministère de l'Economie et des Finances, Comité National du Recensement, 2009. Monographie de la région du Nord. Burkina Faso, 2009.
- Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, Direction Générale des Ressources en Eau, 2019. Inventaire National des Ouvrages Hydrauliques et d'Assainissement (INOHA) de 2018. Ouagadougou, Février 2019.
- Groupement AC3E/GERTEC, 2018. Etudes socio-économiques pour la réalisation d'adduction d'eau potable (AEP) dans la région du nord : site de Lago et Yitaoré / commune de Gourcy. Burkina, Octobre 2018.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, Rapport sectoriel bilan du PN AEP de la région du Nord. Burkina, 20010.
- SOUBEIGA K. J. Désirée, 2016. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur Master 2, « Conception et dimensionnement du système d'alimentation en eau potable simplifié (AEPS) de la localité de Boulsin au Burkina Faso ». Ouagadougou : 2iE, Juin 2016.
- OUEDRAOGO Souleymane, 2018. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur Master 2, « Etudes d'Avant-Projet Détaillé pour la réalisation d'une AEPS à Bossora dans la commune de Satiri (Province du Houet au Burkina Faso) ». Ouagadougou : 2iE, Juin 2018.
- SANOU Lassina, 2003. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur Master 2, « Alimentation en Eau Potable de la région du Nord du Burkina Faso (Ouahigouya, Gourcy, Yako) à partir d'eau de surface ». Ouagadougou : EIER, Juillet 2003.

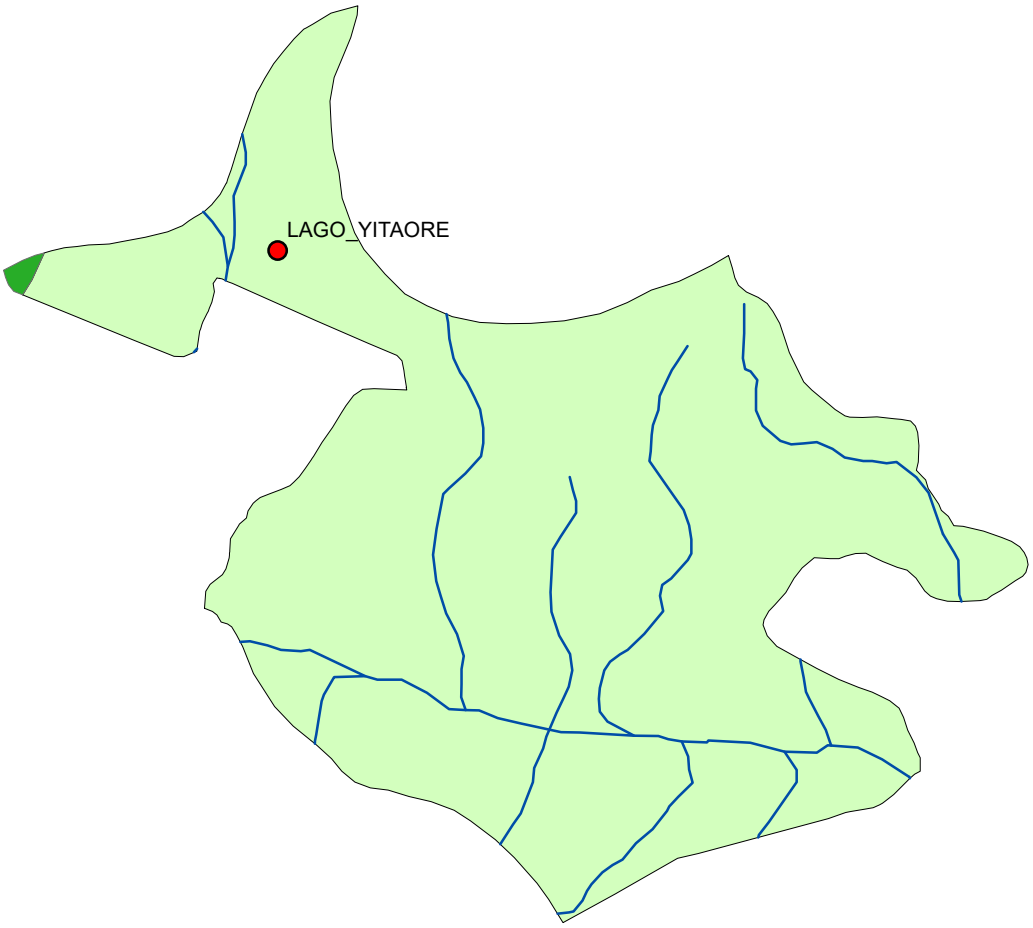
ANNEXES

Annexe I : Image Google Earth du système AEP de Lago et Yitaoré iii
Annexe II : Cartes des sols et de la végétation de la commune Gourcy iv
Annexe III : Carte du réseau hydrographique et de la géologie de la commune de Gourcy..... v
Annexe IV : Caractéristiques techniques de la pompes SP 5A-25 vi
Annexe V : Résultat des essais de pompage du forage F1 viii
Annexe VI : Devis quantitatif et estimatif du projet x
Annexe VII : Carnet des nœuds vi
Annexe VIII : Plan de masse et tracé du réseau du système AEP xiii
Annexe IX : Tête de forage xiv
Annexe X : Borne Fontaine..... xv
Annexe XI : Ouvrages particuliers du réseau AEP xvi
Annexe XII : Château d'eau xvii
Annexe XIII : Détails poteaux, semelle du chateau d'eau..... xviii
Annexe XIV : Détail clôture du château d'eau..... xix
Annexe XV : Tranchées pour pose de conduites xx
Annexe XVI : Traversé de ravins peu profonds par les conduites..... xxi

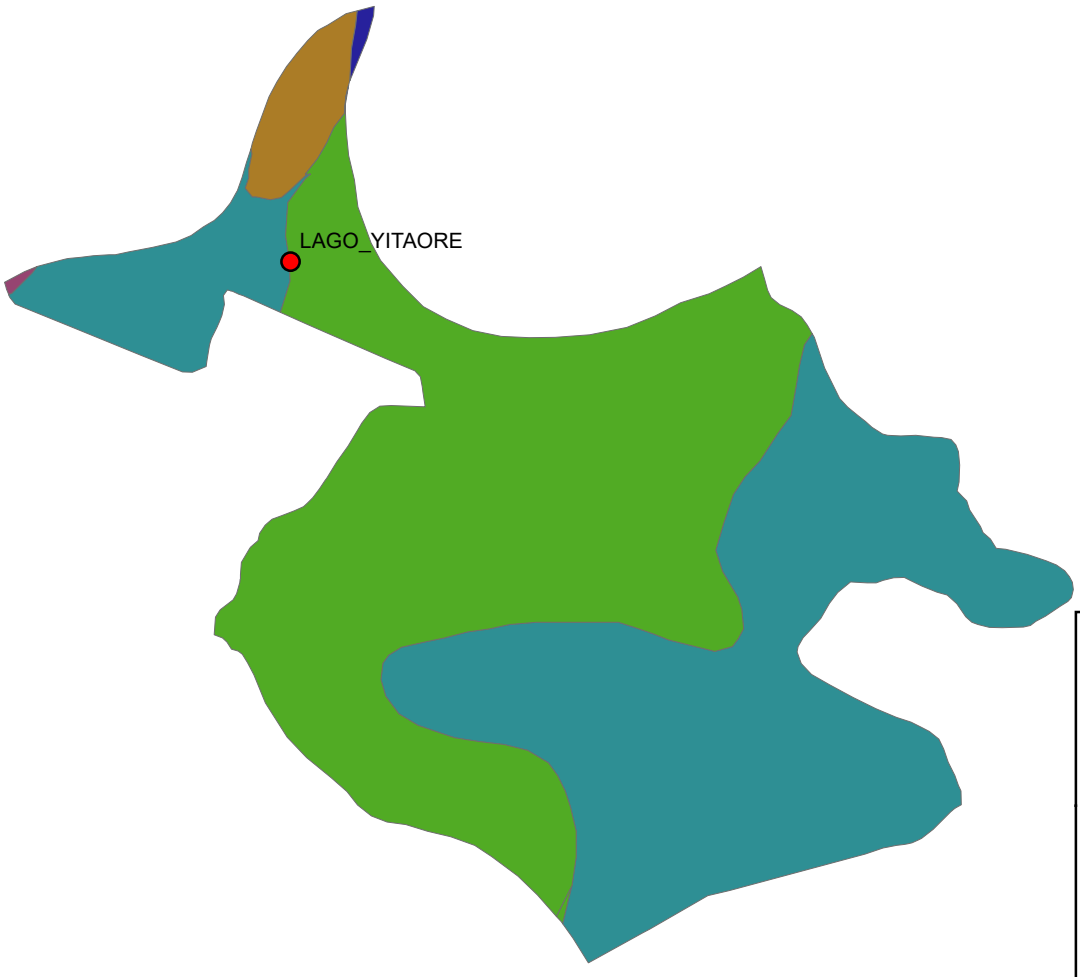
Annexe I : Image Google Earth du système AEP de Lago et Yitaoré



CARTE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA COMMUNE DE GOURCY



CARTE DE LE GEOLOGIE DE LA COMMUNE DE GOURCY



CARTE DES SOLS DE LA COMMUNE DE GOURCY

LEGENDE

village_Lago_Yitaoré

Sols_commune_Gourcy

<all other values>

MATéRIAU

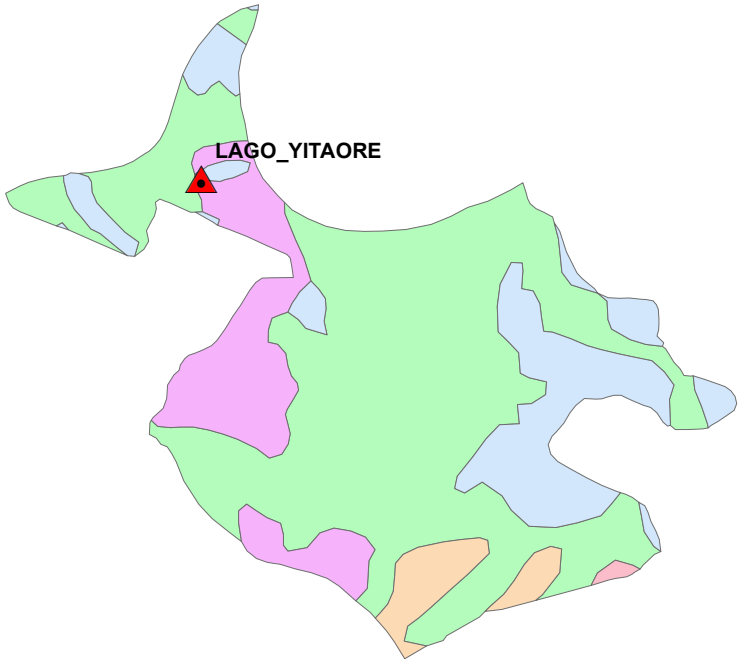
sur cuirasse ferrugineuse

sur matériau argilo-sableux

sur matériau argilo-sableux à argileux issu de schistes argileux

sur matériau gravillonnaire

CARTE DE LA VEGETATION DE LA COMMUNE DE GOURCY



LEGENDE

village_Lago_Yitaoré

Vegetation_commune_Gourcy

<all other values>

VEG_TYP

Savane arborée à arbustive (Combretum spp., Anogeisus leiocarpus, Butyrospermum parkii) - Cultures en vallées, parcs à B. parkii

Steppe arbustive (Combretum spp., Guiera senegalensis)

Steppe arbustive (Conretum nigricans, Guiera senegalensis) - Cultures en vallées, parcs à Butyrospermum parkii et à Acacia albida

Steppe arbustive à arborée (Butyrospermum parkii, Ziziphus mucronata)

Steppe et Savane arborée des vallées (Butyrospermum parkii, Lannea microcarpa) - Cultures, parcs à B. parkii et A. albida

Annexe IV : Caractéristiques techniques de la pompes SP 5A-25

SP 5A-25

Pompes immergées multicellulaires pour l'arrosage, l'irrigation, l'adduction d'eau.

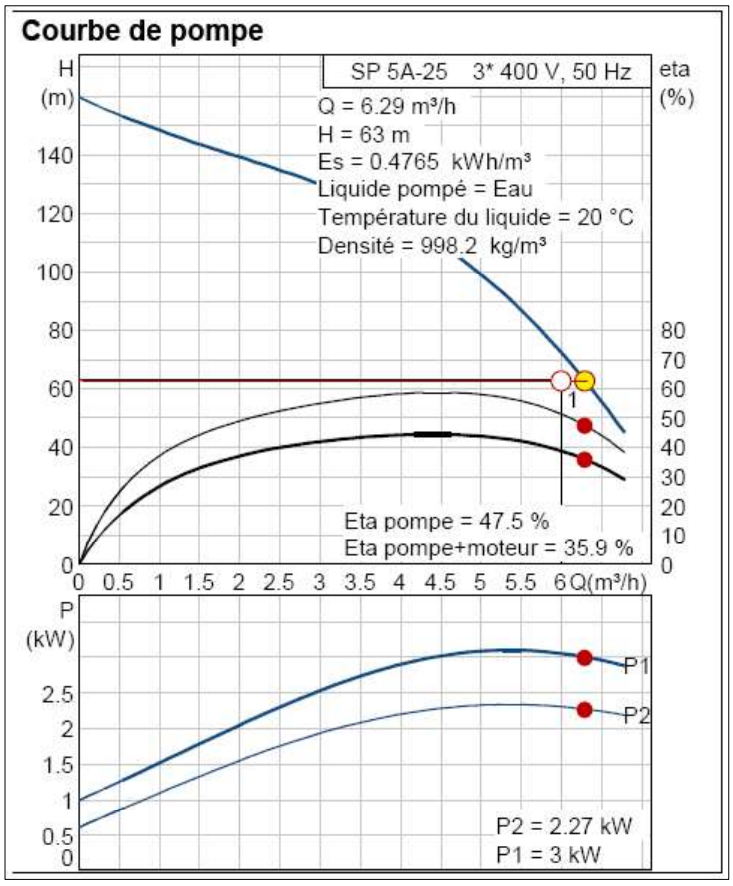
Nombreuses applications industrielles, surpression, transfert...

La pompe est entièrement en Acier inoxydable DIN W.-Nr. DIN W.-Nr. 1.4301.

Moteur 3-phasé avec écran anti-sable, paliers lubrifiés par liquide et diaphragme de compensation.

Liquide:	
T° max. liquide à 0,15 m/sec:	40 °C
Température liquide:	20 °C
Densité:	1000 kg/m³
Technique:	
Vitesse:	2900 mn-1
Débit calculé:	6.29 m³/h
Pression fournie par la pompe:	63 m
Garniture mécanique pour moteur:	LIPSEAL
Tolérance de courbe:	ISO9906
Matériaux:	
Pompe:	Acier inoxydable
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Roue mobile:	Acier inoxydable
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Moteur:	Acier inoxydable
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Installation:	
Refoulement pompe:	Rp 1 1/2
Diamètre moteur:	4 inch

Donnée électrique:	
Type moteur:	MS402
Puissance nominale - P2:	2.2 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Méthode de démarrage:	direct
Courant nominal:	5,50-5,50-5,70 A
Cos phi - facteur de puissance:	0,85-0,82-0,77
Vitesse nominale:	2850-2860-2870 mn-1
Indice de protection (IEC 34-5):	58
Classe d'isolement (IEC 85):	B
Capteur de température intégré:	non
Autres:	
Poids net:	19.1 kg
Poids brut:	20.9 kg



Annexe V : Résultat des essais de pompage du forage F1

Faso Ingenieria
Ingénieur Conseil
09 BP 1222 Ouagadougou 09
Tel : (+226) 50.47 91 15/
50.47 74.76/71 33.34 44
Email : fasoingenierie@gmail.com

ESSAI DE POMPAGE PAR PALIERS

Maître d'Ouvrage :	DGEP			Projet :	Réalisation de 47 forages à gros débit
Région :	Nord	Prof. équipée (m)		Prof. avant essai (m) : 73,44	Entreprise : Groupement SAAT/SAFORA
Province :	Zondoma	Hors sol (m)	0,71	Prof. après essai (m) : 73,44	Date début : 17/03/2018
Commune :	Gourcy	Débit dével. (m³/h) :	24,500	Prof. pompe (m) : 40,00	Date fin : 17/03/2018
Village :	Lago	N.S : avant essai (m) :	17,24	Coordonnées GPS :	
Quartier :	Tanghin	Niveaux crépines :			

N° Paliers	Descente				Remontée			Paramètres mesurés
	Temps (mn)	Niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	Débit (m³/h)	Temps (mn)	Niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	T (°C) ..... Cond(µs/cm) ..... pH : .....
Palier 1	0	17,24	0,00		1	19,35	2,11	Observations
	1	18,02	0,78	3,000	2	19,21	1,97	
	2	18,80	1,56	3,000	4	19,04	1,80	
	4	18,98	1,74	3,000	6	18,92	1,68	
	6	19,09	1,85	3,000	8	18,83	1,59	
	8	19,17	1,93	3,000	10	18,76	1,52	
	10	19,22	1,98	3,000	15	18,61	1,37	
	15	19,37	2,13	3,000	20	18,50	1,26	
	20	19,46	2,22	3,000	25	18,40	1,16	
	25	19,54	2,30	3,000	30	18,33	1,09	
	30	19,60	2,36	3,000	40	18,19	0,95	
	40	19,70	2,46	3,000	50	18,07	0,83	
	50	19,78	2,54	3,000	60	17,98	0,74	
	60	19,85	2,61	3,000				
Palier 2	0	17,98	0,00		1	19,78	1,80	Observations
	1	18,62	0,64	4,000	2	19,59	1,61	
	2	18,96	0,98	4,000	4	19,35	1,37	
	4	19,07	1,09	4,000	6	19,22	1,24	
	6	19,22	1,24	4,000	8	19,10	1,12	
	8	19,34	1,36	4,000	10	19,01	1,03	
	10	19,44	1,46	4,000	15	18,84	0,86	
	15	19,63	1,65	4,000	20	18,71	0,73	
	20	19,77	1,79	4,000	25	18,60	0,62	
	25	19,88	1,90	4,000	30	18,51	0,53	
	30	19,98	2,00	4,000	40	18,36	0,38	
	40	20,15	2,17	4,000	50	18,24	0,26	
	50	20,28	2,30	4,000	60	18,14	0,16	
	60	20,40	2,42	4,000				
Palier 3	0	18,14	0,00		1	20,43	2,29	Observations
	1	19,02	0,88	5,142	2	20,17	2,03	
	2	19,27	1,13	5,142	4	19,88	1,74	
	4	19,58	1,44	5,142	6	19,71	1,57	
	6	19,78	1,64	5,142	8	19,57	1,43	
	8	19,94	1,80	5,142	10	19,44	1,30	
	10	20,07	1,93	5,142	15	19,24	1,10	
	15	20,32	2,18	5,142	20	19,09	0,95	
	20	20,51	2,37	5,142	25	18,96	0,82	
	25	20,68	2,54	5,142	30	18,86	0,72	
	30	20,81	2,67	5,142	40	18,68	0,54	
	40	21,05	2,91	5,142	50	18,54	0,40	
	50	21,25	3,11	5,142	60	18,42	0,28	
	60	21,41	3,27	5,142				
Palier 4	0	18,42	0,00		1	21,48	3,06	Observations
	1	19,62	1,20	6,000	2	21,18	2,76	
	2	19,95	1,53	6,000	4	20,81	2,39	
	4	20,34	1,92	6,000	6	20,55	2,13	
	6	20,61	2,19	6,000	8	20,37	1,95	
	8	20,83	2,41	6,000	10	20,23	1,81	
	10	21,00	2,58	6,000	15	19,96	1,54	
	15	21,35	2,93	6,000	20	19,77	1,35	
	20	21,61	3,19	6,000	25	19,60	1,18	
	25	21,83	3,41	6,000	30	19,47	1,05	
	30	22,02	3,60	6,000	40	19,26	0,84	
	40	22,62	4,20	6,000	50	19,07	0,65	
	50	22,84	4,42	6,000	60	18,94	0,52	
	60							

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour a

Faso Ingénierie
09 BP 1222 Ouagadougou 09
Tel : (+226) 50.47.91.16/
50.47.74.76/71.33.34.44
Email : fasoingenierie@gmail.com

ESSAI DE POMPAGE DE LONGUE DUREE

Maître d'Ouvrage :	DGEP	Projet :	Réalisation de 47 forages à gros débit		
Région:	Nord	Profondeur forage (m) :	73,44	Entreprise : Groupement SAAT/SAFORA	
Province :	Zondoma	Niveau statique (m) :	16,77	N° forage	
Commune:	Gourcy	Hors sol (m) :	0,71	Date début : 18/03/2018	
Village:	Lago	Profondeur pompe (m):	40,00	Date fin : 22/03/2018	
Quartier:	Tanghin	Coordonnées GPS:			

Descente				Remontée			Paramètres mesurés
Temps (mn)	Niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	Débit (m^3/h)	Temps (mn)	Niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	Température (°C) :..... Conductivité (µs/cm) :..... pH :.....
0	16,77	0,00		5	30,07	13,30	
1	17,20	0,43	6,000	10	29,52	12,75	
2	17,98	1,21	6,000	15	29,14	12,37	
4	18,30	1,53	6,000	20	28,84	12,07	
6	18,80	2,03	6,000	30	28,34	11,57	
8	19,07	2,30	6,000	40	27,94	11,17	
10	19,35	2,58	6,000	50	27,59	10,82	
15	19,72	2,95	6,000	60	27,29	10,52	
20	20,00	3,23	6,000	70	26,87	10,10	
30	20,51	3,74	6,000	80	26,70	9,93	**Observations**
40	20,99	4,22	6,000	90	26,52	9,75	
60	21,52	4,75	6,000	100	26,18	9,41	
75	21,91	5,14	6,000	120	25,89	9,12	
105	22,56	5,79	6,000	140	25,40	8,63	
120	22,86	6,09	6,000	160	25,10	8,33	
150	23,41	6,64	6,000	180	24,95	8,18	
180	23,86	7,09	6,000	200	24,46	7,69	
210	24,27	7,50	6,000	220	24,30	7,53	
240	24,64	7,87	6,000	240	24,20	7,43	
300	25,34	8,57	6,000	260	24,00	7,23	
360	25,85	9,08	6,000	280	23,80	7,03	
420	26,32	9,55	6,000	300	23,57	6,80	
480	26,73	9,96	6,000	330	23,19	6,42	
600	27,40	10,63	6,000	360	23,05	6,28	
~~720~~	~~27,95~~	~~11,18~~	~~6,000~~	~~390~~	~~22,80~~	~~6,03~~	
840	28,42	11,65	6,000	420	22,57	5,80	
960	28,85	12,08	6,000	450	22,30	5,53	
1080	29,16	12,39	6,000	480	22,07	5,30	
1200	29,42	12,65	6,000	510	21,92	5,15	
1320	29,65	12,88	6,000	540	21,82	5,05	
1440	29,87	13,10	6,000	570	21,62	4,85	
1680	30,25	13,48	6,000	600	21,48	4,71	
1800	30,40	13,63	6,000	660	21,17	4,40	
1920	30,52	13,75	6,000	720	20,92	4,15	
2160	30,75	13,98	6,000	780	20,68	3,91	
2400	31,04	14,27	6,000	840	20,45	3,68	
2520	31,14	14,37	6,000	900	20,25	3,48	
2760	31,32	14,55	6,000	960	20,06	3,29	
2880	31,40	14,63	6,000	1020	19,87	3,10	
3120	31,57	14,80	6,000	1080	19,70	2,93	
3360	31,68	14,91	6,000	1140	19,57	2,80	
3600	31,78	15,01	6,000	1200	19,43	2,66	
3840	31,95	15,18	6,000	1260	19,29	2,52	
4080	32,08	15,31	6,000	1380	19,04	2,27	
4320	32,16	15,39	6,000	1440	18,95	2,18	

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour act

Annexe VI : Devis quantitatif et estimatif du projet

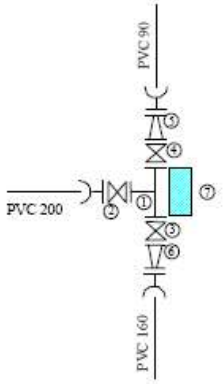
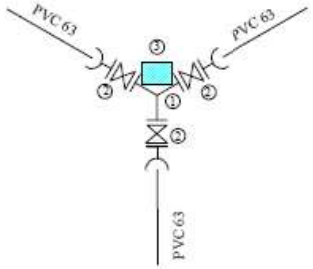
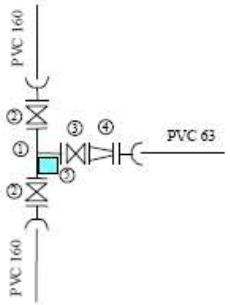
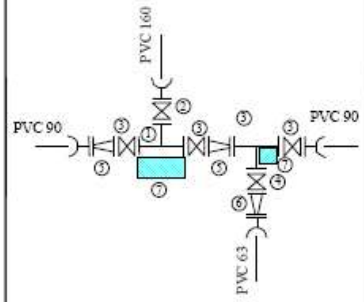
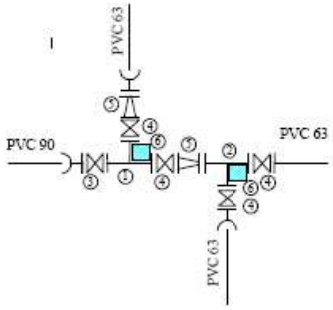
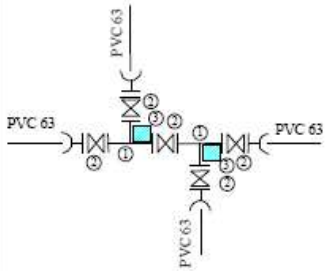
N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
I	**FRAIS GENERAUX DU CHANTIER**				
I-1	Installation et replis de chantier	FF	1	2 000 000	2 000 000
I-2	Etudes d'exécution de l'ensemble du projet et établissement de dossiers des ouvrages à exécuter	FF	1	500 000	500 000
I-3	Etablissement de plans de recollement	FF	1	500 000	500 000
	SOUS TOTAL I				**3 000 000**
II	**FORAGE**				
II-1	Exécution et équipement du forage à grand diamètre de débit minimum de 6 m3/h	U	4	5 000 000	20 000 000
II-2	Développement du forage	FF	4	400 000	1 600 000
II-3	Pompage par palier	FF	4	400 000	1 600 000
II-4	Pompage longue durée	FF	4	750 000	3 000 000
II-5	Analyse de l'eau (chimique et bactériologique)	FF	4	75 000	300 000
II-6	Génie Civil du regard tête de forage suivant le plan	FF	4	200 000	800 000
	SOUS TOTAL II				**27 300 000**
III	**CONDUITE DE REFOULEMENT**				
III-1	Fourniture et pose de conduite de refoulement principale DN 75 PN 10	ML	3546	3 500	12 411 000
III-2	Pose de lit de sable (ep. 10 cm), grillage avertisseur bleu, remblai	FF	3546	2 000	7 092 000
III-3	Tranché pour la pose de canalisation de 1 de profondeur et 0,6 de largeur	FF	3546	2 000	7 092 000
III-4	Raccordement à la colonne d'alimentation du réservoir (fourniture et pose)	FF	1	225 000	225 000
III-5	Fourniture et pose d'une ventouse et d'une vidange sur la conduite de refoulement	FF	1	710 650	710 650
III-6	Fourniture et pose de conduite de refoulement DN 63 PN 10	ML	1500	2 000	3 000 000
III-7	Pose de lit de sable (ep. 10 cm), grillage avertisseur bleu, remblai	FF	1500	1 000	1 500 000
III-8	Tranché pour la pose de canalisation de 0,9 de profondeur et 0,5 de largeur	FF	1500	1 000	1 500 000
	SOUS TOTAL III				**33 530 650**
IV	**STATION DE POMPAGE**				
IV-1	Fourniture et installation d'un système photovoltaïques y compris les supports de module photovoltaïques (raccordement, convertisseur, ….) y compris toutes suggestions	FF	4	4 000 000	16 000 000
IV-2	Fourniture et installation de deux groupes électrogènes de 09 kVa, 3P+N 230/400 V, non insonorisé à démarrage électrique (avec possibilité de démarrage manuel- manivelle), y compris les pièces de rechanges et outillages	U	2	4 500 000	9 000 000
IV-3	Fourniture, pose et raccordement d'une cuve journalière de 250 litres équipés de pompe manuelle type JARRY, y compris toutes suggestions	U	2	250 000	500 000
IV-4	Fourniture et pose d'un bac à sable de 50 litres avec 1 pelle y compris toutes suggestions	U	2	100 000	200 000

IV-5	Fourniture, pose et raccordement d'une armoire électrique étanche d'automatisme équipé pour alimentation, la commande et l'avertissement de l'électropompe immergée du forage, y compris toutes suggestions	U	2	500 000	1 000 000
IV-6	Fourniture, pose et raccordement d'un pressostat double seuil et d'un robinet flotteur pour l'asservissement de la surpression au forage, y compris toute suggestion	U	2	90 000	180 000
IV-7	Fourniture et installation de pièces pour équipement de la tête de forage: tuyau galva, clapet anti retour, ventouse, compteur, vanne d'isolement manomètre et le robinet de purge y compris raccordements à la pompe et au réseau de tuyaux PVC	U	2	750 000	1 500 000
IV-8	Fourniture et pose de système de protection des installations	U	4	150 000	600 000
	SOUS TOTAL IV				**28 980 000**
V	**CONSTRUCTION ET EQUIPEMENT DU CHATEAU D'EAU**				
V-1	Aménagement de terrain, fourniture et pose de grillage de clôture	FF	1	750 000	750 000
V-2	Etudes géotechniques pour fondation du château d'eau	FF	1	750 000	750 000
V-3	Construction et montage d'un Réservoir métallique cylindrique d'une capacité de 80 m^3 y compris les dispositifs d'accès, l'ensemble de vidange, trop plein etc., l'ensemble des pièces de raccordement, béton armé dosé à 350 Kg/m3 pour semelle	U	1	40 000 000	40 000 000
V-4	Fourniture et pose de tuyaux et raccords de la colonne d'alimentation	FF	1	100 000	100 000
V-5	Fourniture et pose de tuyaux et raccords de la colonne de distribution	FF	1	100 000	100 000
V-6	Fourniture et pose d'accessoires de by-pass et vidange	FF	1	600 000	600 000
V-7	Fourniture et pose d'un système de chloration (diffuseur, pastilles aux dérivés chlorés)	U	1	150 000	150 000
V-8	Fourniture, pose et réglage d'un contrôleur de niveau, type robinet flotteur au droit du château d'eau	U	1	100 000	100 000
V-9	Fourniture et pose de matériel de comptage et divers	FF	1	100 000	100 000
	SOUS TOTAL V				**42 650 000**
VI	**FOURNITURE ET POSE DES CONDUITES DE DISTRIBUTION**				
VI-1	Tranché, déblai et remblai	ML	4682.9003	1 500	7 024 350
VI-2	Fourniture et pose de conduite DN 63 PN 10 y compris fouille pour tout type de terrain	ML	7539	1 500	11 308 500
VI-3	Fourniture et pose de conduite DN 90 PN 10 y compris fouille pour tout type de terrain	ML	1687	1 750	2 952 250
VI-4	Fourniture et pose de conduite DN 160 PN 10 y compris fouille pour tout type de terrain	ML	4208	2 750	11 572 000
VI-5	Fourniture et pose de conduite DN 200 PN 10 y compris fouille pour tout type de terrain	ML	692	3 000	2 076 000
VI-6	Fourniture et pose de lit de sable, grillage avertisseur bleu, remblai et toutes suggestions	ML	14126	1 000	14 126 000
	SOUS TOTAL VI				**49 059 100**
VII	**FOURNITURE ET POSE DE PIECES SPECIALES**				

VII-1	Adaptateur à bride DN 63	U	6	7 318	43 908
VII-2	Adaptateur à bride DN 75	U	4	11 788	47 152
VII-3	Adaptateur à bride DN 90	U	4	12 500	50 000
VII-4	Bouchon DN 63	U	2	700	1 400
VII-5	Coude 1/8 2E DE 63	U	4	10 000	40 000
VII-6	Coude 1/16 2E DE 75	U	2	17 000	34 000
VII-7	Coude 1/4 2E DE 75	U	1	18 000	18 000
VII-8	Coude 1/16 2E DE 63	U	1	15 000	15 000
VII-9	Réducteur à bride DE 90/75	U	1	22 000	22 000
VII-10	Réducteur à bride 90/63	U	2	20 000	40 000
VII-11	Robinet vanne DE 63	U	4	55 000	220 000
VII-12	Robinet vanne DE 75	U	2	65 000	130 000
VII-13	Robinet vanne DE 80	U	2	70 000	140 000
VII-14	Prise pour BF	U	4	30 000	120 000
VII-15	Té fonte 3E DE 90	U	1	55 000	55 000
VII-16	Té fonte 3E DE 90/63/90	U	1	40 000	40 000
VII-17	Té fonte 3E DE 75	U	1	45 000	45 000
VII-18	Autres (Boulons, joints plats et manchon)	Ens	1	75 000	75 000
	SOUS TOTAL VII				**1 136 460**
VIII	**OUVRAGES ANNEXES**				
VIII-1	Aménagement de terrain, fourniture et pose d'une clôture pour le système photovoltaïque	FF	4	400 000	1 600 000
VIII-2	Aménagement de terrain, construction d'un mur de clôture 15 m x 15 m, 2 m de hauteur avec portail de 3 m	U	1	2 000 000	2 000 000
VIII-3	Génie civil du local groupe électrogène y compris tous les équipements (électriques)	FF	1	1 000 000	1 000 000
VIII-4	Construction du local d'exploitation (bureau, magasin)	FF	1	4 000 000	4 000 000
VIII-5	Equipement pour bureau (1 bureau, 3 chaises et 1 armoire métallique)	U	1	250 000	250 000
VIII-6	Construction de latrine/douche	FF	1	750 000	750 000
VIII-7	Construction de BF à 3 robinets, fourniture et pose de hangar y compris l'ensemble de la tuyauterie, pièces de raccordements, compteur, vanne et robinetterie, massif en béton, puits perdu, prise en charge sur la conduite de distribution et toutes suggestions	U	13	1 500 000	19 500 000
VIII-8	Construction de regards pour nœuds du réseau	U	4	150 000	600 000
VIII-9	Ventouse sur conduite en PVC DN 63	U	3	150 000	450 000
VIII-10	Vidange sur conduite DN 63	U	3	150 000	450 000
VIII-11	Fourniture et pose de bouches à clef pour robinets vannes (tabernacle, tube allongé, tête de bouche et carré de béton)	U	4	30 000	120 000
VIII-12	Fourniture de pièces de rechange pour l'entretien du réseau	FF	1	200 000	200 000
VIII-13	Fourniture de pièces de rechange pour l'entretien de l'électromécanique	FF	1	200 000	200 000
	SOUS TOTAL VIII				**29 520 000**
IX	**ESSAIS ET AUTRES**				

IX-1	Epreuves de débit de conduites et essai partiel et général du réseau	ML	4199.81	30	125 994
IX-2	Essai d'étanchéité du château	FF	1	100 000	100 000
IX-3	Rinçage et désinfection du réseau	ML	4199.81	25	104 995
	SOUS TOTAL IX				**330 990**
X	**NIES**	FF	1	25 000 000	25 000 000
	SOUS TOTAL X				**25 000 000**
	TOTAL GENERAL HT-HD				**240 507 200**
	TVA (18%)				**43 291 296**
	TOTAL GENERAL TTC				**283 798 496**

Annexe VII : Carnet des nœuds

Noeud A 	① 1 TE 3B DN 200/200/200 ② 1 Vanne DN 200 ③ 1 Vanne DN 160 ④ 1 Vanne DN 90 ⑤ 1 Cônes BB 200/90 ⑥ 1 Cones BB 200/160 ⑦ 1 Butée	**Noeud B & F & H** 	① 1 TE 3B DN 63/63/63 ③ 3 Vannes DN 63 ⑤ 1 Butée	**Noeud C** 	① 1 TE 3B DN 160/160/160 ② 2 Vannes DN 160 ③ 1 Vanne DN 63 ④ 1 Cônes BB 160/63 ⑤ 1 Butée
Noeud D 	① 1 TE 3B DN 160/160/160 ② 1 Vanne DN 160 ③ 3Vannes DN 90 ④ 1 Vanne DN 63 ⑤ 2 Cônes BB 160/90 ⑥ 1 Cône BB 90/63 ⑦ 1 Butée	**Noeud E & G** 	① 1 TE 3B DN 90/90/90 ② 1 TE 3B DN 63/63/63 ③ 1 Vanne DN 90 ④ 4Vannes DN 63 ⑤ 2 Cônes BB 90/63 ⑥ Butée	**Noeud I** 	① 2 TE 3B DN 63/63/63 ② 5 Vannes DN 63 ③ Butée

MINISTERE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GENERAL DE L'EAU POTABLE (DGEP)

Etude d'avant-projet détaillé (APD) pour la réalisation de dix (10) systèmes d'adduction d'eau potable (AEP) dans les régions du Centre-Est, du Centre-Nord, du Sahel et du Nord (lot4)

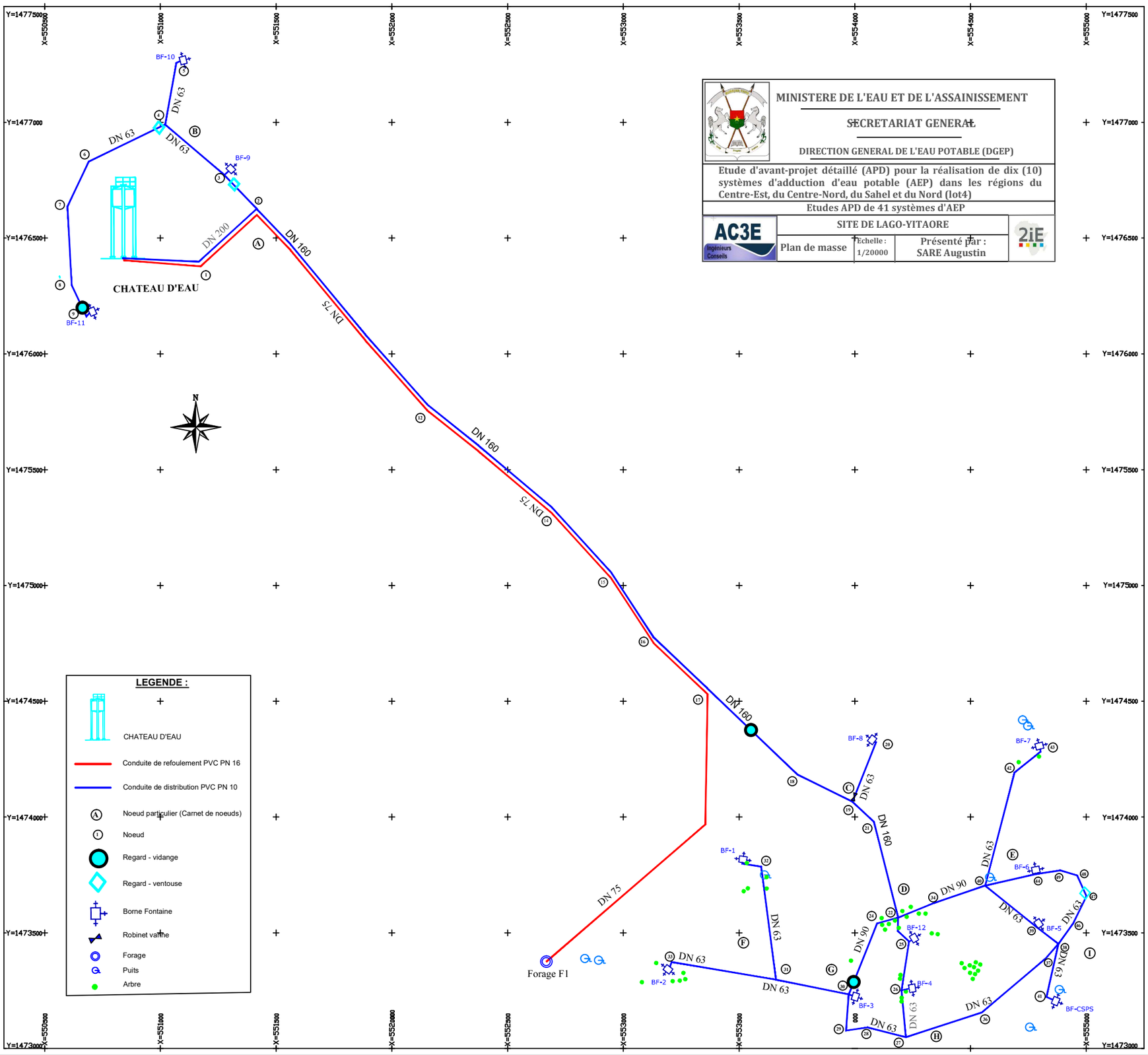
Etudes APD de 41 systèmes d'AEP

AC3E Ingénieurs Conseils

SITE DE LAGO-YITAORE

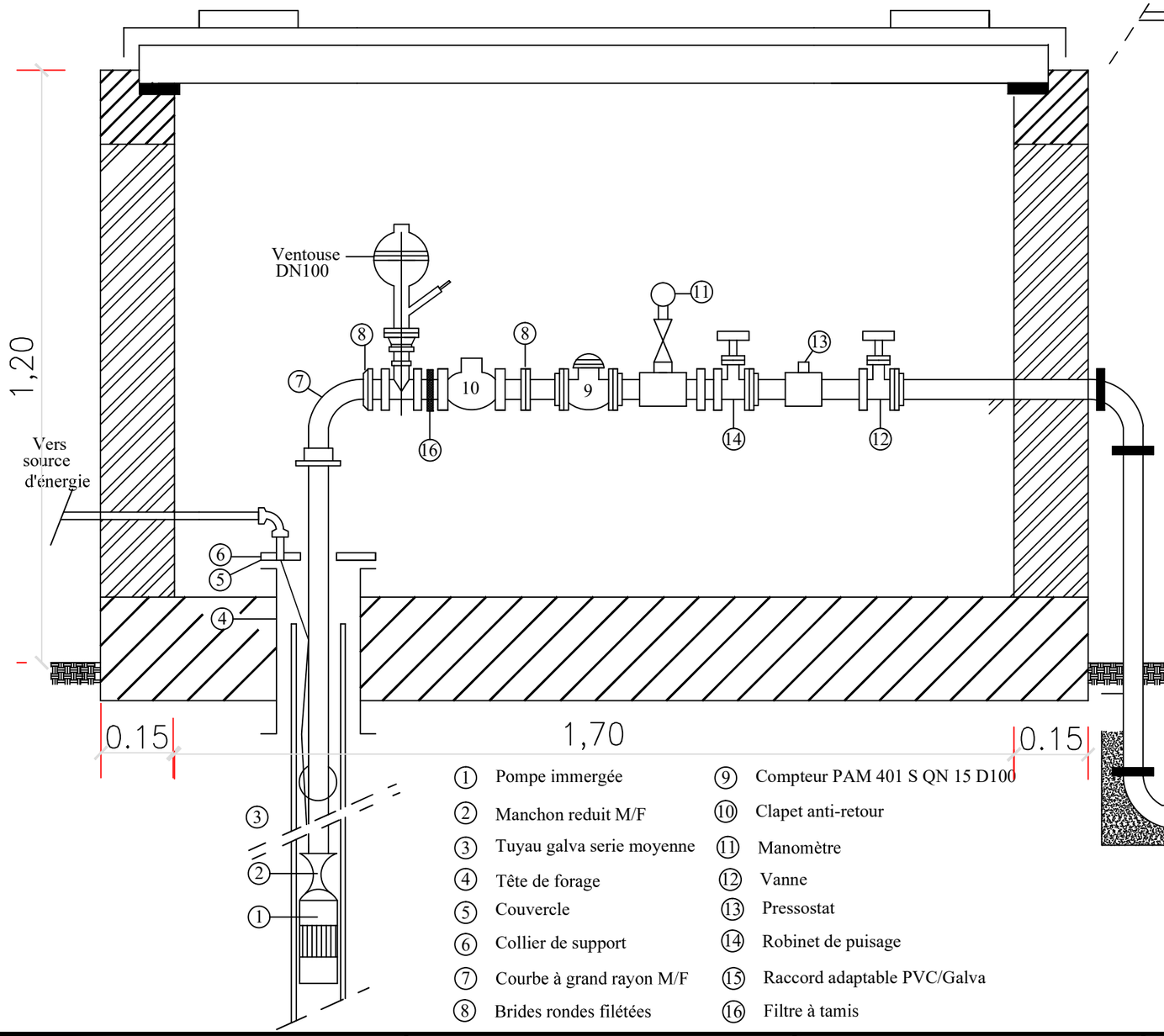
Plan de masse | Echelle : 1/20000 | Présenté par : SARE Augustin

2iE



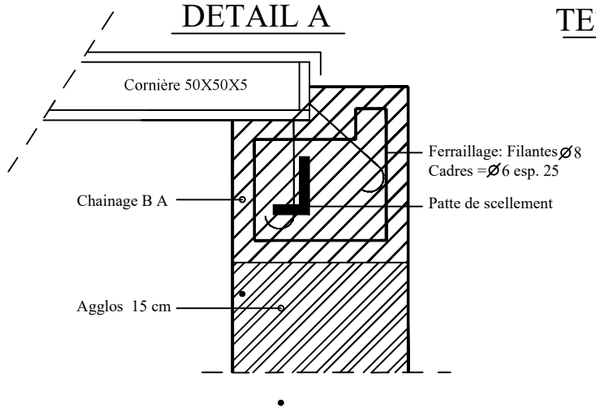
TETE DE FORAGE

COUPE AA

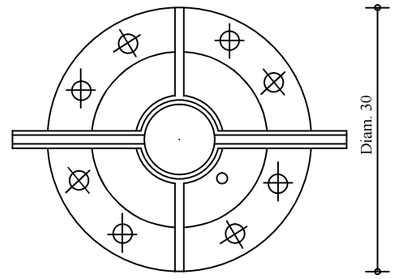


1. Pompe immergée
2. Manchon reduit M/F
3. Tuyau galva serie moyenne
4. Tête de forage
5. Couvercle
6. Collier de support
7. Courbe à grand rayon M/F
8. Brides rondes filétées
9. Compteur PAM 401 S QN 15 D100
10. Clapet anti-retour
11. Manomètre
12. Vanne
13. Pressostat
14. Robinet de puisage
15. Raccord adaptable PVC/Galva
16. Filtre à tamis

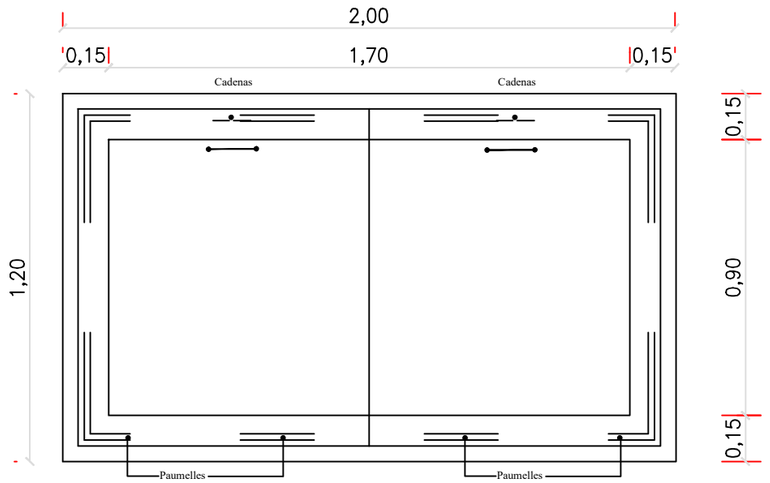
DETAIL A



TETE DE FORAGE



VUE DE DESSUS



GROUPEMENT DE BUREAUX

AC3E Ingénieurs Conseils — GERTEC BUREAU D'INGENIEURS CONSEILS GENIE D'ETUDES DE REALISATIONS ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE — 2iE

MINISTERE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
SECRETARIAT GENERAL
DIRECTION GENERAL DE L'EAU POTABLE (DGEP)

Etudes APD de 41 systèmes d'AEPS

SITE: LAGO

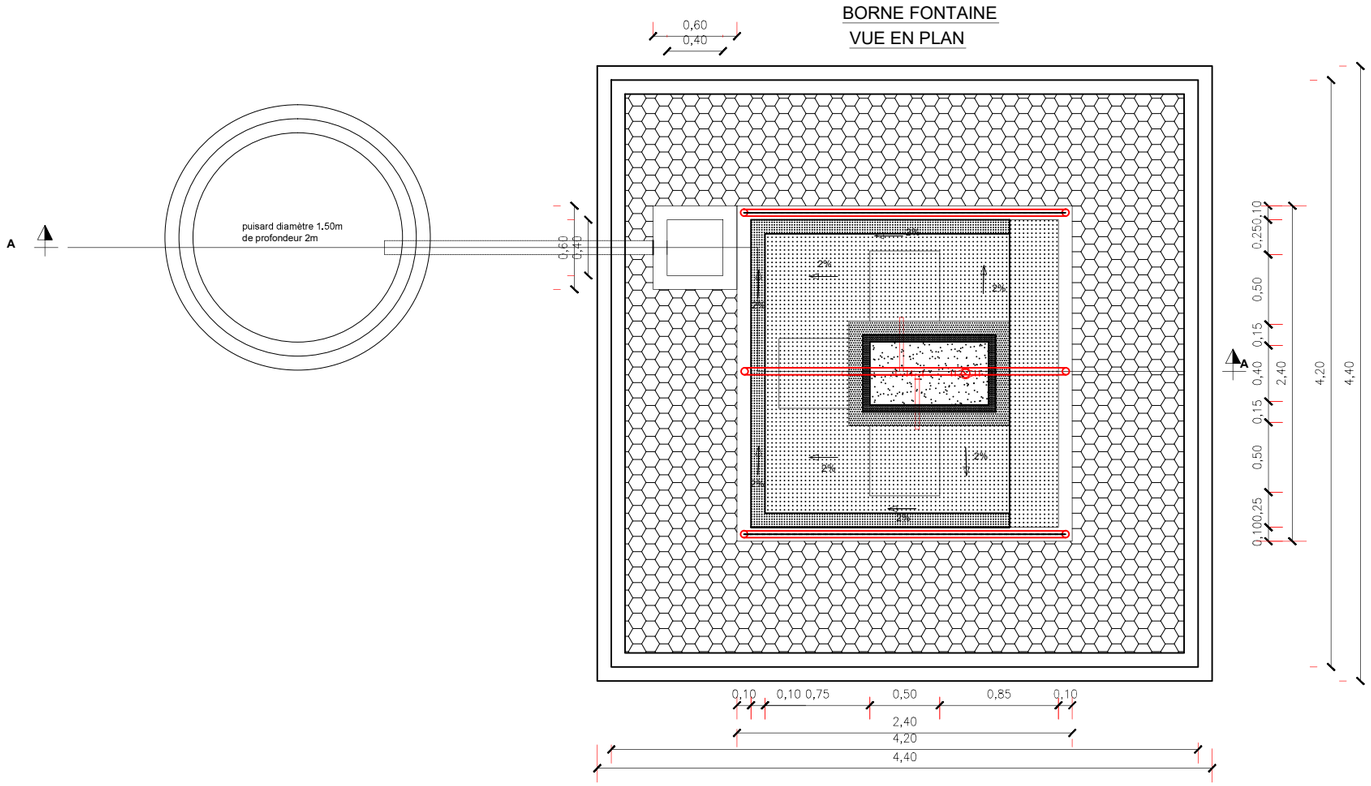
Etude d'avant-projet détaillé (APD) pour la réalisation de dix (10) systèmes d'adduction d'eau potable (AEP) dans les régions du Centre-Est, du Centre-Nord, du Sahel et du Nord (lot4).

TETE DE FORAGE

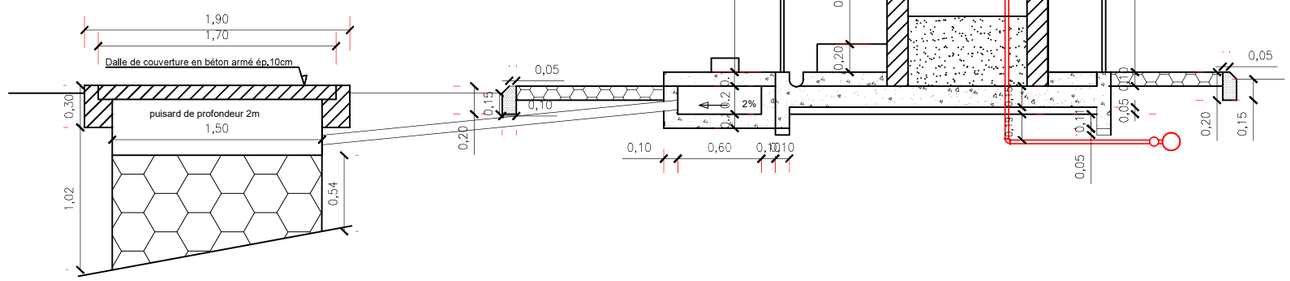
Ind.	Date	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	NATURE MODIFICATIONS	STATUT
A	01/19	O. SANGOM	B.KOUDOUGOU	A. OUEDR.		PROV.

PLAN N° 04 | Echelle: Voir plan | FORMAT: A3 | INDICE B | Janvier 2019

BORNE FONTAINE
VUE EN PLAN



BORNE FONTAINE
COUPE A-A



GROUPEMENT DE BUREAUX

AC3E Ingénieurs Conseils — GERTEC BUREAU D'INGENIEURS CONSEILS GENIE D'ETUDES DE REALISATIONS ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE — 2iE

MINISTERE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
SECRETARIAT GENERAL
DIRECTION GENERAL DE L'EAU POTABLE (DGEP)

Etude d'avant-projet détaillé (APD) pour la réalisation de dix (10) systèmes d'adduction d'eau potable (AEP) dans les régions du Centre-Est, du Centre-Nord, du Sahel et du Nord (lot4).

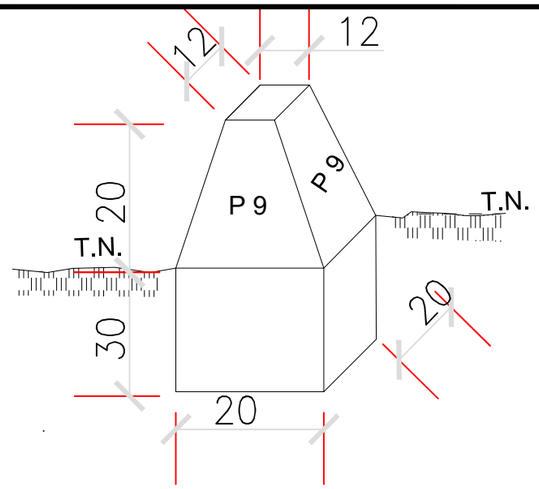
Etudes APD de 41 systèmes d'AEPS

SITE: LAGO

BORNE FONTAINE
VUE EN PLAN ET COUPE A-A

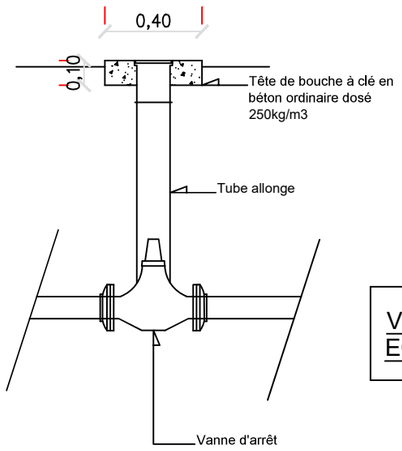
Ind.	Date	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	NATURE MODIFICATIONS	PROV. / STATUT
A	01/19	O. SANGOM	B.KOUDOUGOU	A. OUEDR.		

PLAN N° 06 | Echelle: Voir plan | FORMAT: A3 | INDICE B | Janvier 2019

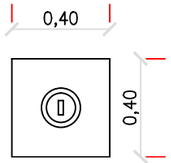


BORNE DE REPERAGE

COUPE

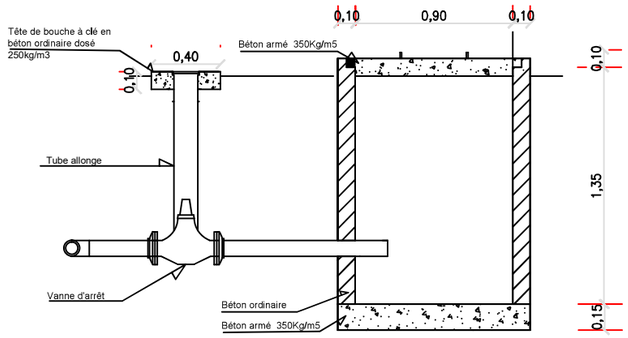


VUE EN PLAN

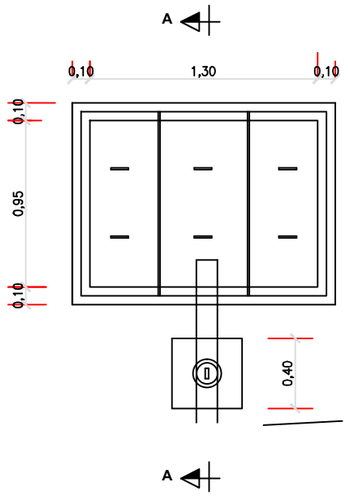


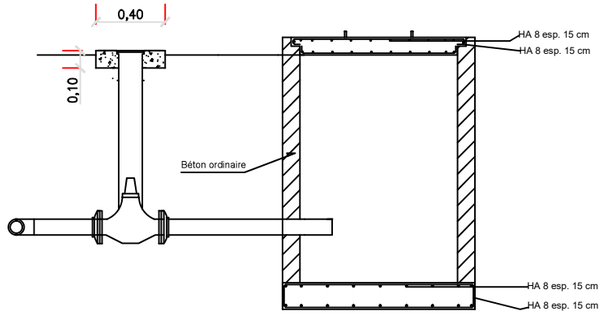
VANNE DE SECTIONNEMENT
ECHELLE: 1/25

COUPE A-A



VUE EN PLAN



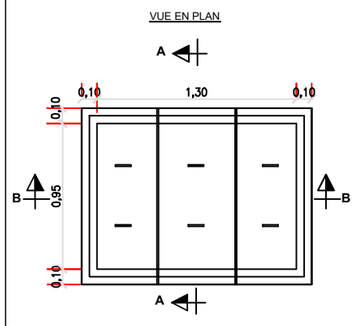


FERRAILLAGE

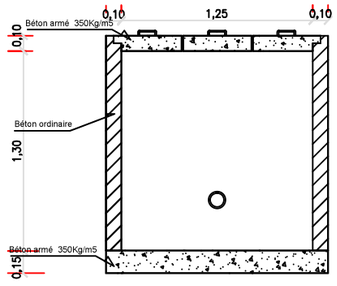
OUVRAGE DE VIDANGE
ECHELLE: 1/35

CHAMBRE POUR VENTOUSE
ECHELLE: 1/40

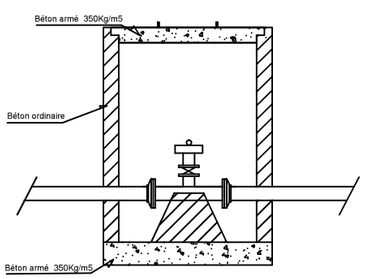
VUE EN PLAN

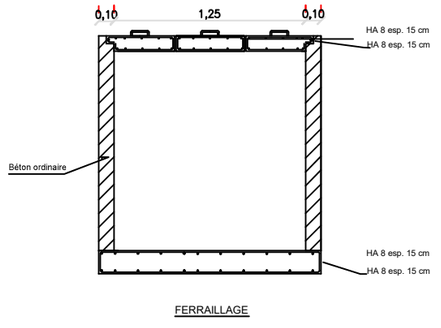


COUPE B B

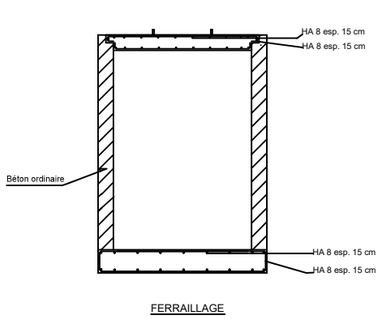


COUPE A-A





FERRAILLAGE



FERRAILLAGE

GROUPEMENT DE BUREAUX

AC3E Ingénieurs Conseils

GERTEC BUREAU D'INGENIEURS CONSEILS
GENIE D'ETUDES DE REALISATIONS ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE

2iE

MINISTERE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
SECRETARIAT GENERAL
DIRECTION GENERAL DE L'EAU POTABLE (DGEP)

Etudes APD de 41 systèmes d'AEPS

SITE:LAGO

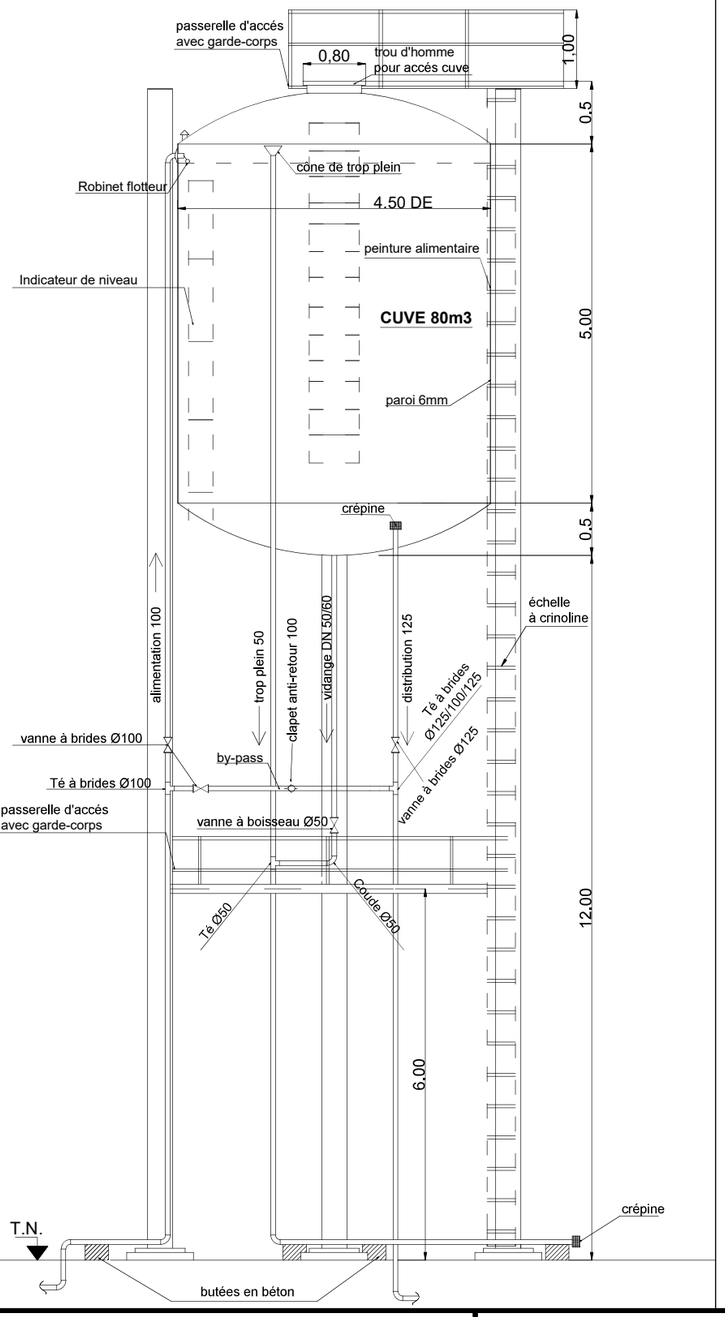
Etude d'avant-projet détaillé (APD) pour la réalisation de dix (10) systèmes d'adduction d'eau potable (AEP) dans les régions du Centre-Est, du Centre-Nord, du Sahel et du Nord (lot4).

OUVRAGES PARTICULIERS DU RESEAU

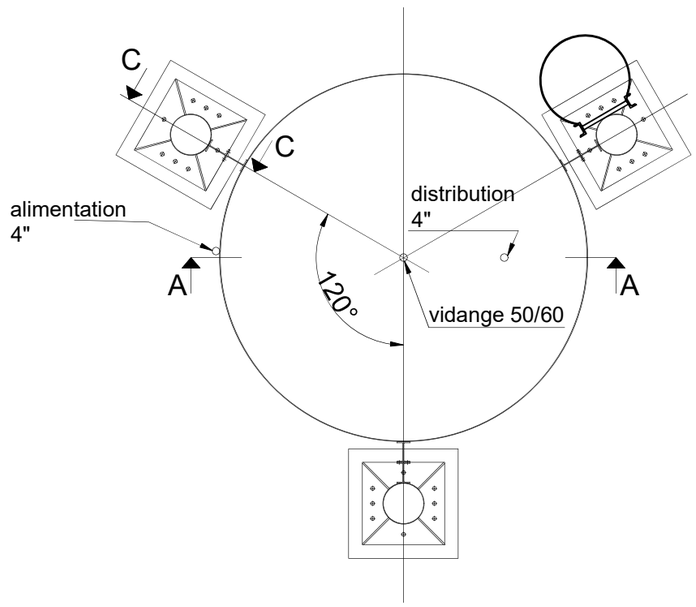
Ind.	Date	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	NATURE MODIFICATIONS	PROV. STATUT
A	01/19	O. SANGOM	B.KOUDOUGOU	A. OUEDR.		

PLAN N° 05 | Echelle: Voir plan | FORMAT: A3 | INDICE B | Janvier 2019

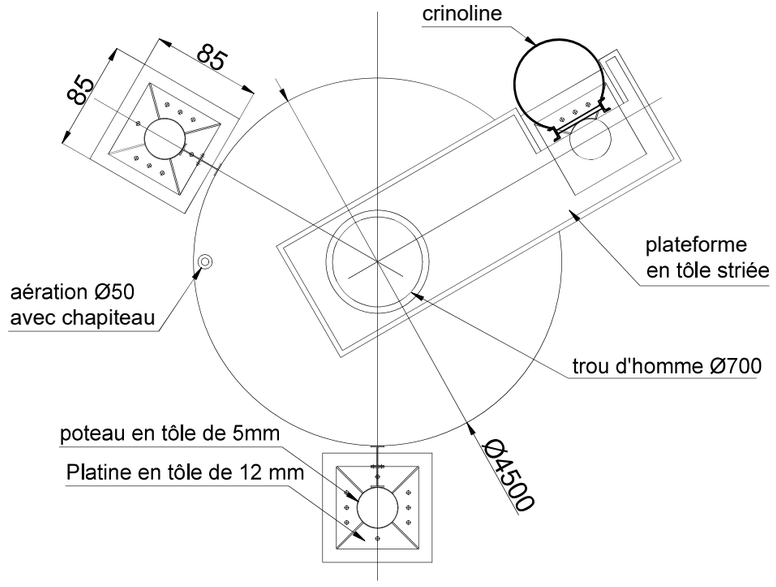
COUPE TRANSVERSALE DES CHATEAUX D'EAU



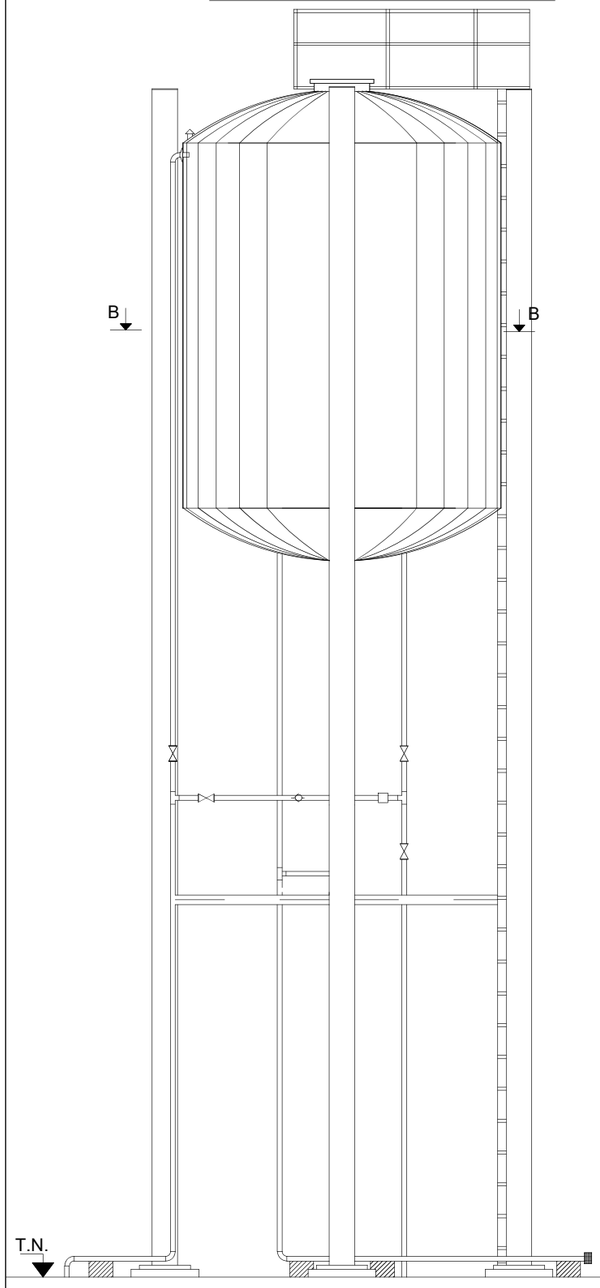
COUPE B-B DES CHATEAUX D'EAU



VUE DE DESSUS DES CHATEAUX D'EAU



PLAN D'ELEVATION DES CHATEAUX D'EAU



GROUPEMENT DE BUREAUX

AC3E Ingénieurs Conseils — GERTEC Bureau d'Ingenieurs Conseils — 2iE

GENIE D'ETUDES DE REALISATIONS ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE

MINISTERE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GENERAL DE L'EAU POTABLE (DGEP)

ETUDES APD DU SYSTEME D'AEPS DU SITE DE LAGO

Etude d'avant-projet détaillé (APD) pour la réalisation de dix (10) systèmes d'adduction d'eau potable (AEP) dans les régions du Centre-Est, du Centre-Nord, du Sahel et du Nord (lot4).

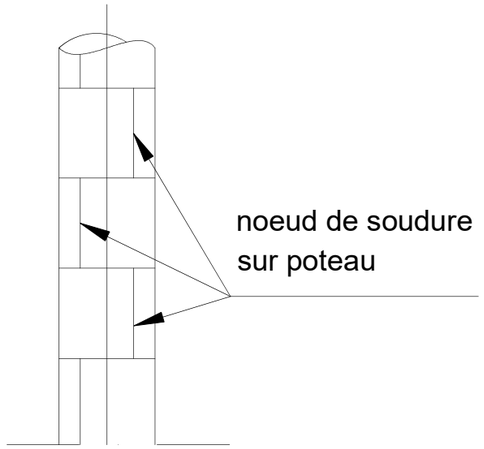
CHATEAUX D'EAU (1 et 2)

PLAN D'ELEVATION,VUE DE DESSUS ET COUPES B-B ET TRANSVERALE

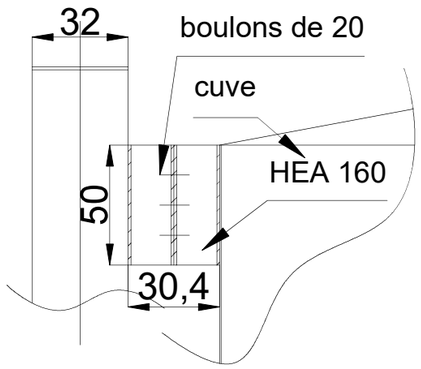
Ind.	Date	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	NATURE MODIFICATIONS	STATUT
A	01/19	O. SANGOM	B.KOUDOUGOU	A. OUEDR.		PROV.

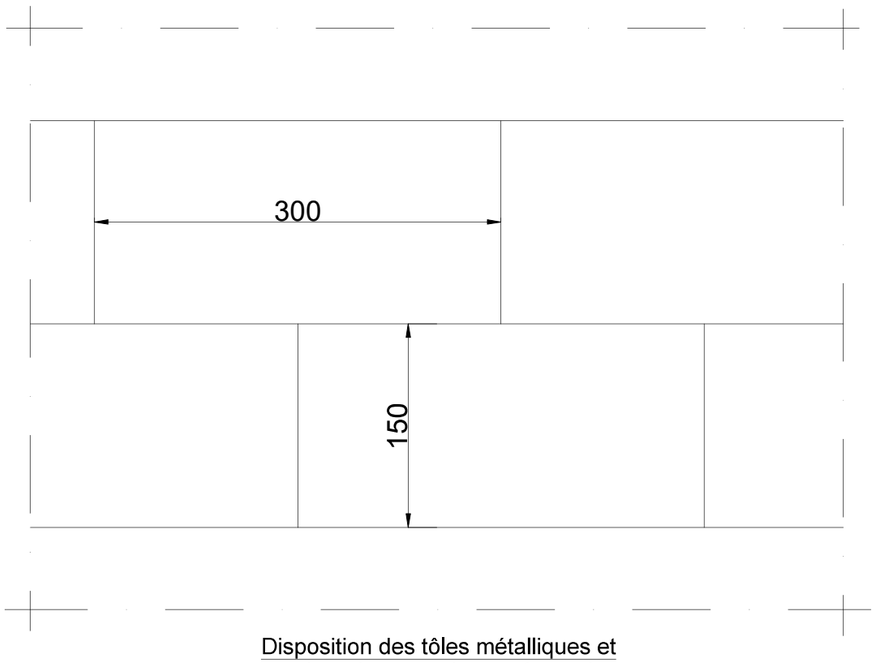
PLAN N° 01 | Echelle: VOIRPLAN | FORMAT: A3 | INDICE B | Janv 2019

DETAILS POTEAU



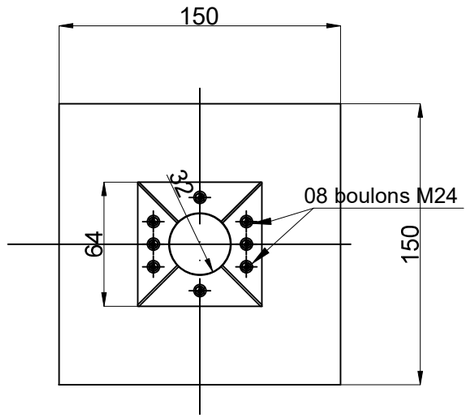
COUPE C-C

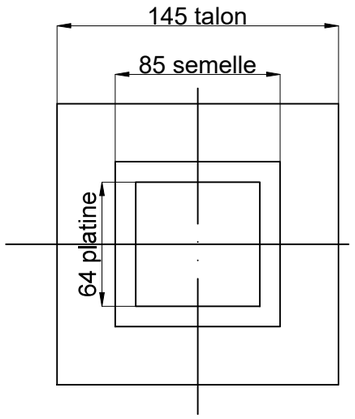




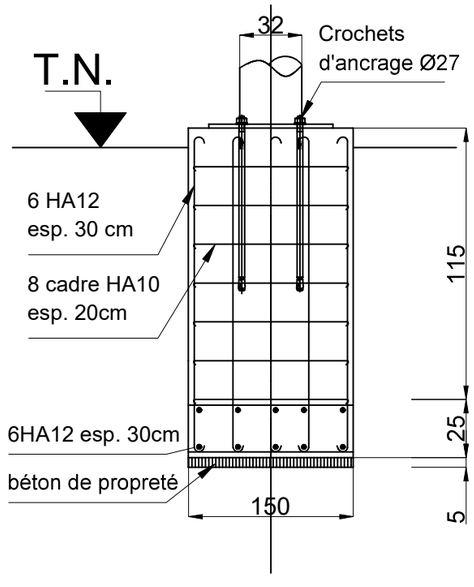
Disposition des tôles métalliques et soudure des noeuds sur réservoirs

VUE DE DESSUS D'UNE SEMELLE





COUPE ET PLAN DE FERRAILLAGE D'UNE SEMELLE



GROUPEMENT DE BUREAUX

AC3E Ingénieurs Conseils — GERTEC BUREAU D'INGENIEURS CONSEILS — GENIE D'ETUDES DE REALISATIONS ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE — 2iE

MINISTERE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
SECRETARIAT GENERAL
DIRECTION GENERAL DE L'EAU POTABLE (DGEP)

ETUDES APD DU SYSTEME D'AEPS DU SITE DE LAGO

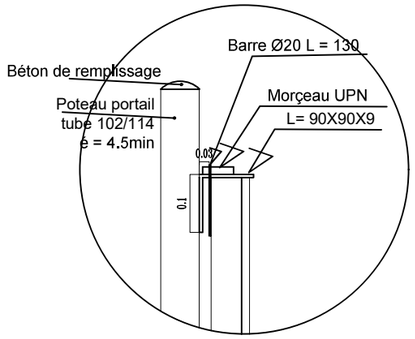
Etude d'avant-projet détaillé (APD) pour la réalisation de dix (10) systèmes d'adduction d'eau potable (AEP) dans les régions du Centre-Est, du Centre-Nord, du Sahel et du Nord (lot4).

CHATEAUX D'EAU (1 et 2)

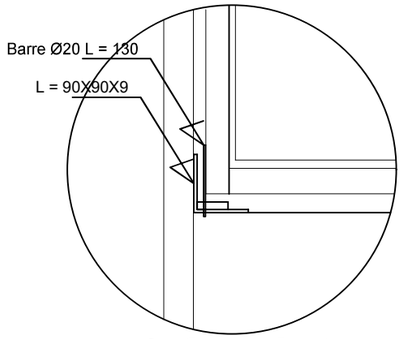
DETAILS POTEAU, DETAILS SEMELLE ET DETAILS DISPOSITION DES TOLES METALLIQUES POUR SOUDURE

Ind.	Date	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	NATURE MODIFICATIONS	
A	01/19	O. SANGOM	B.KOUDOUGOU	A. OUEDR.		PROV.
						STATUT

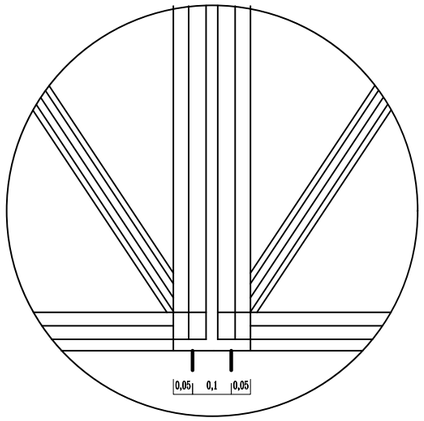
PLAN N° 02 | Echelle: VOIRPLAN | FORMAT: A3 | INDICE B | Janv 2019



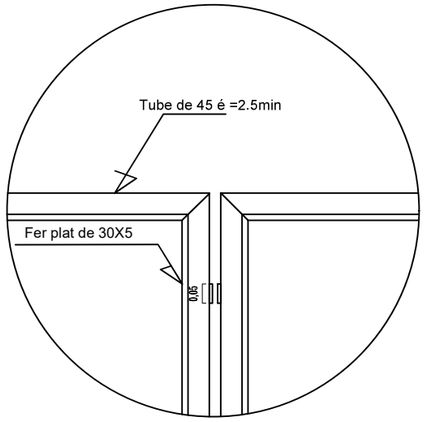
Détail 1



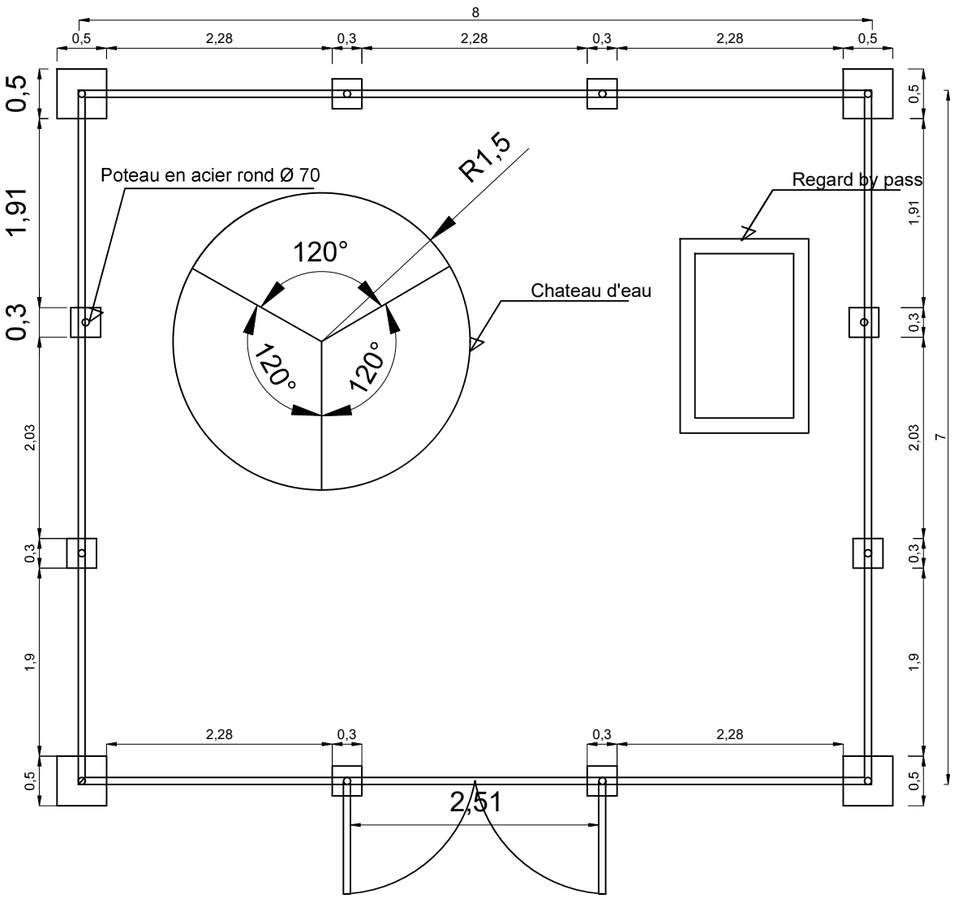
Détail 4

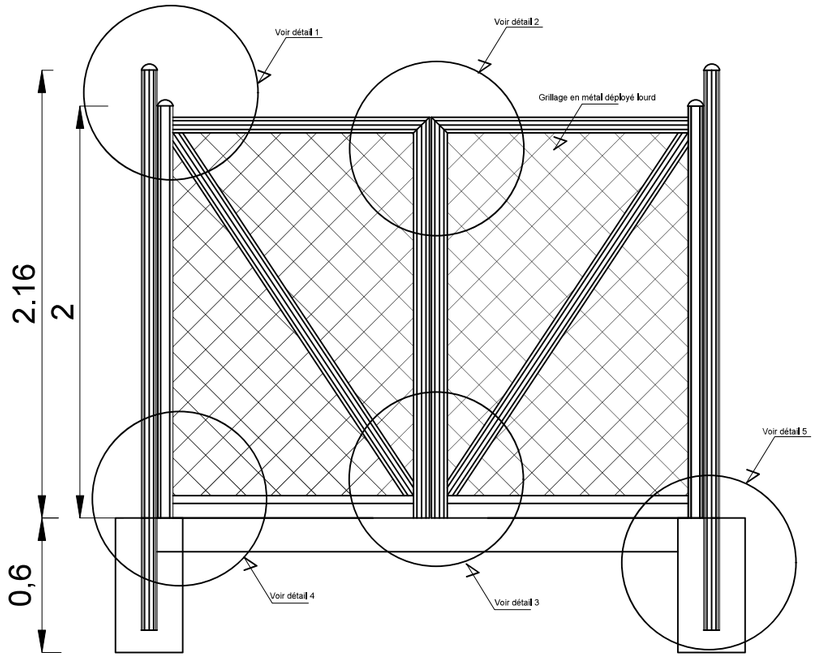


Détail 3

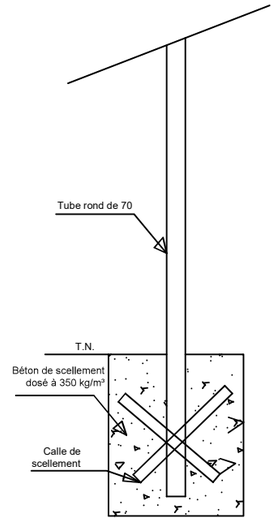


Détail 2





VUE DE FACE



Détail 5

GROUPEMENT DE BUREAUX

AC3E Ingénieurs Conseils

GERTEC BUREAU D'INGENIEURS CONSEILS
GENIE D'ETUDES DE REALISATIONS ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE

2iE

MINISTERE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
SECRETARIAT GENERAL
DIRECTION GENERAL DE L'EAU POTABLE (DGEP)

ETUDES APD DU SYSTEME D'AEPS DU SITE DE LAGO

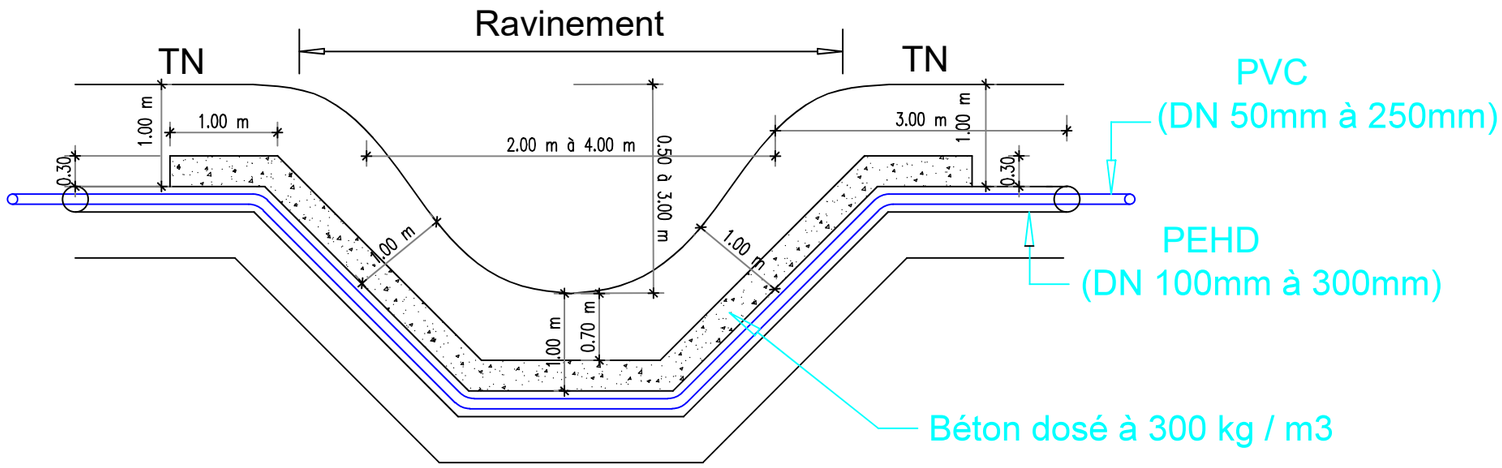
Etude d'avant-projet détaillé (APD) pour la réalisation de dix (10) systèmes d'adduction d'eau potable (AEP) dans les régions du Centre-Est, du Centre-Nord, du Sahel et du Nord (lot4).

CLOTURES GRILLAGEES DES CHATEAUX D'EAU
VUE EN PLAN ET DETAILS

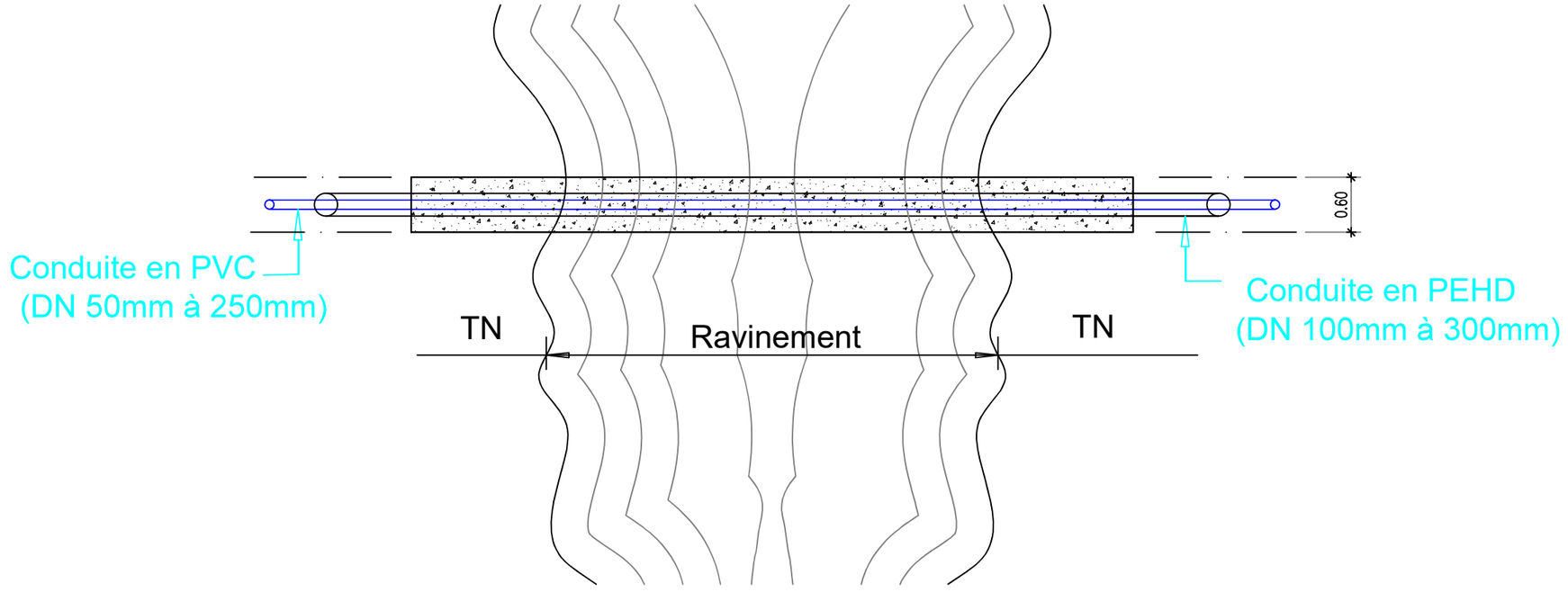
Ind.	Date	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	NATURE MODIFICATIONS	PROV. / STATUT
A	01/19	O. SANGOM	B.KOUDOUGOU	A. OUEDR.		

PLAN N° 03 | Echelle: VOIRPLAN | FORMAT: A3 | INDICE B | Janv 2019

COUPE AA : Echelle 1/60



VUE EN PLAN : Echelle 1/60



GROUPEMENT DE BUREAUX

AC3E Ingénieurs Conseils — GERTEC BUREAU D'INGENIEURS CONSEILS GENIE D'ETUDES DE REALISATIONS ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE — 2iE

MINISTERE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
SECRETARIAT GENERAL
DIRECTION GENERAL DE L'EAU POTABLE (DGEP)

Etudes APD de 41 systèmes d'AEPS

SITE: LAGO

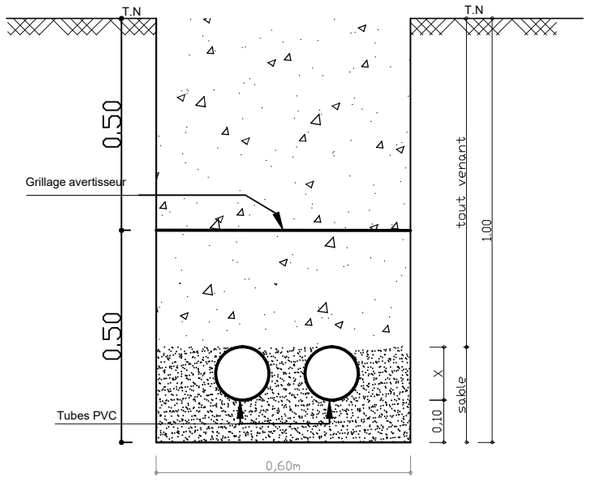
Etude d'avant-projet détaillé (APD) pour la réalisation de dix (10) systèmes d'adduction d'eau potable (AEP) dans les régions du Centre-Est, du Centre-Nord, du Sahel et du Nord (lot4).

PLAN TYPE :
TRAVERSEE DE RAVINS PEU PROFONDS, PAR DES CONDUITES

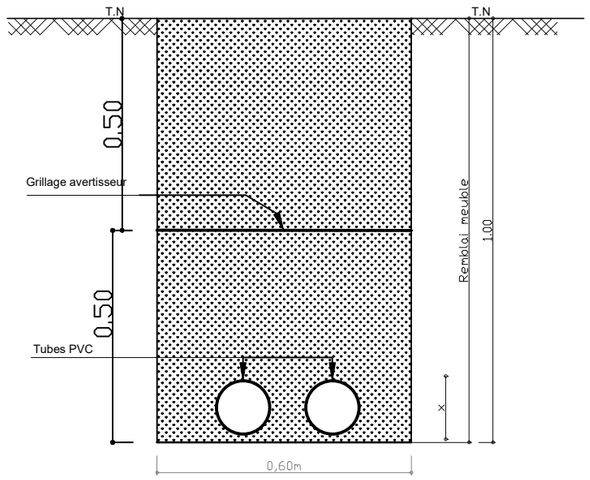
Ind.	Date	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	NATURE MODIFICATIONS	STATUT
A	01/19	O. SANGOM	B.KOUDOUGOU	A. OUEDR.		PROV.

PLAN N° 08-2 | Echelle: Voir plan | FORMAT: A3 | INDICE B | Janvier 2019

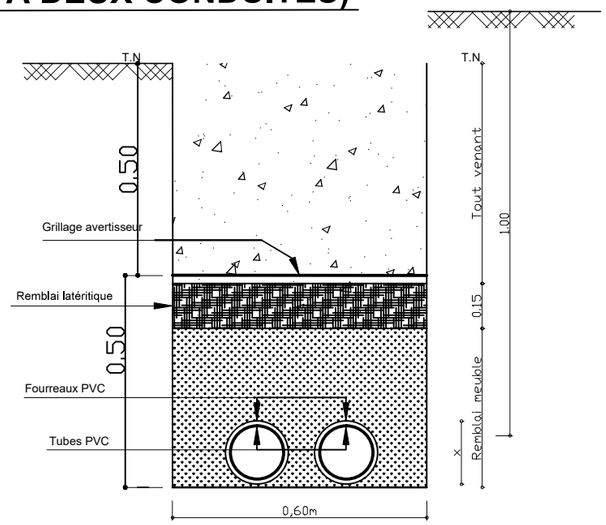
DETAIL POSE DES CONDUITES ENTERREES : (FOSSES A DEUX CONDUITES)



Pose en terrain pierreux

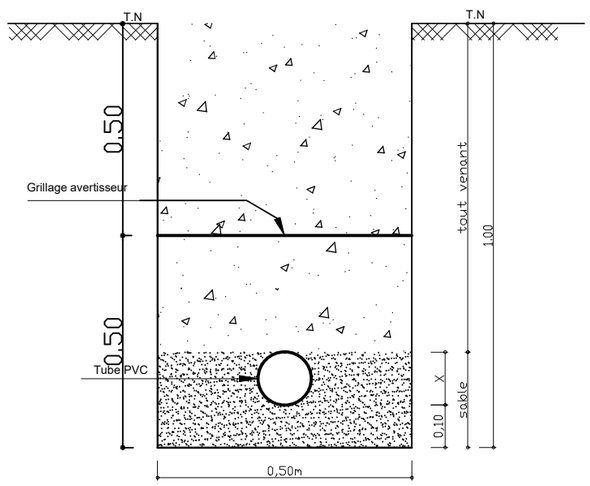


Pose en terrain normal

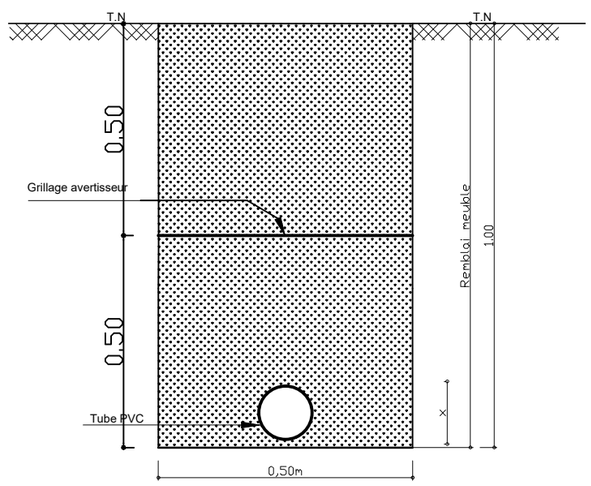


Pose en traversée de route

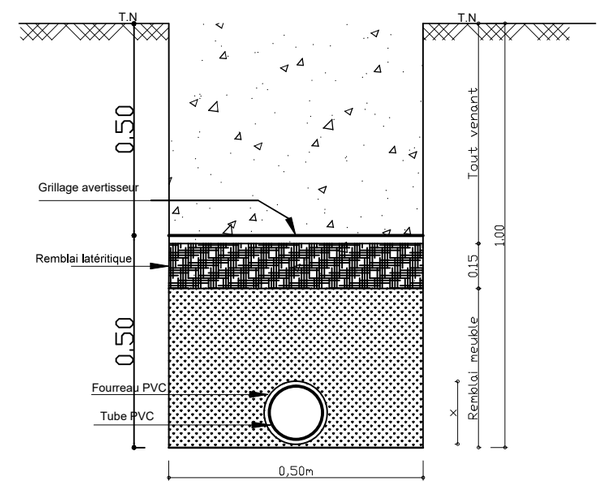
DETAIL POSE DES CONDUITES ENTERREES : (FOSSES A UNE CONDUITE)



Pose en terrain pierreux



Pose en terrain normal



Pose en traversée de route

GROUPEMENT DE BUREAUX

AC3E Ingénieurs Conseils

GERTEC BUREAU D'INGENIEURS CONSEILS GENIE D'ETUDES DE REALISATIONS ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE

2iE

MINISTERE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GENERAL DE L'EAU POTABLE (DGEP)

Etudes APD de 41 systèmes d'AEPS

SITE: LAGO

Etude d'avant-projet détaillé (APD) pour la réalisation de dix (10) systèmes d'adduction d'eau potable (AEP) dans les régions du Centre-Est, du Centre-Nord, du Sahel et du Nord (lot4).

PLANS TYPES : TRANCHEES POUR POSE DES CONDUITES

Ind.	Date	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	NATURE MODIFICATIONS	STATUT
A	01/19	O. SANGOM	B.KOUDOUGOU	A. OUEDR.		PROV.

PLAN N° 08–1

Echelle: Voir plan

FORMAT: A3

INDICE B

Janvier 2019