



De l'EIER ETSHER à 2iE,
50 ans au service de l'Afrique



AVANT PROJET DETAILLE
DE L'ADDUCTION EN EAU POTABLE SIMPLIFIEE DU VILLAGE
DE LELLY, COMMUNE DE GORGADJI (SAHEL), BURKINA FASO.

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE
DE MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET L'ASSAINISSEMENT
SPECIALITE : INFRASTRUCTURE ET RESEAUX HYDRAULIQUES.

Présenté et soutenu publiquement le 05/07/2019 par :

Abdoul Kader GUIGMA N° : 2012 0489

Travaux dirigés par :

M. Roland YONABA

Assistant de l'enseignement et de la recherche en Hydraulique, 2iE - G.C.H

Maître de stage : M. Mohamed DABRE

Ingénieur Hydraulicien, HYDRASS-BURKINA

Jury d'évaluation du Stage :

Président : **Dr.Lawani MOUNIROU**

Membres et Correcteur :

M. Moussa OUEDRAOGO

M. Moussa FAYE

Promotion 2018-2019

DEDICACES

*Je dédie ce mémoire aux membres de ma famille pour
leurs Soutiens et Bénédiction,
et particulièrement à ma très chère mère.*

*Qu'ils y voient la leur de récompense à
leur soutien infallible à mon égard.*

REMERCIEMENTS

Ce document a pu être réalisé grâce au soutien de plusieurs personnes et institutions qui d'une manière ou d'une autre ont œuvré à notre formation et à l'aboutissement de ce travail.

Notre travail s'est déroulé sous l'encadrement de nos illustres enseignants de 2iE dont les enseignements nous ont été très précieux. Ainsi, notre considération et notre reconnaissance vont à :

- ◆ M. Roland YONABA, Assistant d'enseignement et de recherche, notre directeur de mémoire qui nous a encadré tout au long de cette étude ; pour sa disponibilité malgré ses responsabilités et ses occupations d'alors, et surtout pour l'enseignement reçu ;
- ◆ Tout le corps professoral, l'administration du 2iE et tous les condisciples de la promotion Master2 IRH 2017-2018;

Par ailleurs, nous voudrions témoigner toute notre reconnaissance et nos remerciements à toute l'équipe de l'entreprise HYDRASS-BURKINA. Nous tenons à remercier en particulier :

- ◆ M. Ahmed TRAORE, Ingénieur Hydraulicien, Directeur Général de HYDRASS-BURKINA, qui a bien voulu nous accepter, en qualité de stagiaire au sein de sa structure ;
- ◆ M. Mohamed DABRE, Ingénieur Topographe, Chef du Département Topographie à HYDRASS-BURKINA et notre Encadreur, pour l'assistance et les conseils tout le long de l'élaboration de notre mémoire ;
- ◆ M. Djibrina SAWADOGO, Ingénieur du Génie Civil et Hydraulique, Chef du Département AEP à HYDRASS-BURKINA pour son apport inestimable à notre travail et tous conseils reçus ;

Nous remercions M. Souleymane OUEDRAOGO, agent à la Direction Provinciale de l'Eau du Sahel qui a bien voulu nous recommander à HYDRASS-BURKINA ;

Nos remerciements vont également à l'endroit de tous nos camarades stagiaires qui, à travers des échanges et la fraternelle collaboration, nous ont permis de passer un stage fait de partage professionnel et d'expérience inoubliable.

RESUME

Lelly est un village de la commune de Gorgadji (région du Sahel au Burkina Faso). Il bénéficie dans le cadre du « Programme d'Urgence pour le Sahel PUS d'Hydraulique et d'Assainissement en milieu rural dans la région du Sahel », de la réalisation d'infrastructures d'AEP. Initialement prévu en AEPS/MV, une nouvelle vision a été adoptée qui est celle de réaliser différents types d'ouvrages en fonction de la taille de ses localités. Le présent mémoire comporte le « Avant-projet détaillé de l'adduction en eau potable simplifiée du village de Lelly commune de Gorgadji (Sahel), Burkina Faso ». La ressource est un forage de 16m³/h, le débit de dimensionnement est **14.5m³/h** pour satisfaire **113.28 m³/jour**. Le total des linéaires de conduites est de **11.29 Km**. Un château d'eau de **60 m³** est alimenté par pompage solaire avec le thermique en appoint. Les points de desserte sont exclusivement des **BF (06)**, équipés chacune de deux (02) robinets de **0,5 l/s** et le réseau sera de type ramifié. Le coût total de cette nouvelle option est estimé à **156 109 091 F CFA** pour la seule AEPS. L'eau sera vendue à 400 CFA/m³ par la gestion déléguée au regard du manque de compétences locales des bénéficiaires dans la gestion. À travers ce contrat, l'exploitant assurera la continuité du service, préservera le patrimoine et participe au renouvellement d'une partie des équipements selon des conditions bien préétablies.

Mots clés :

- 1-AEPS,
- 2-Bornes fontaines,
- 3-Eau potable,
- 4-Lelly,
- 5-Pompage Solaire.

ABSTRACT

Lelly is a village in commune of Gorgadji (area of Sahel in Burkina Faso). As part of the "Program Urgency of Sahel PUS for Hydraulics and Sanitation in Rural Areas in the Sahel", it benefits the construction of AEP infrastructures. Initially planned to be a multi-village system, a new vision has been adopted that is to realize different types of facilities according to the size of its localities. This thesis includes the «Detailed Pre-Project Studies for the realization of an AEPS in Lelly in the commune of Gorgadji (Sahel), Burkina Faso)". The resource is a borehole of 16 m³ / h, the sizing flow is **14.5 m³ / h** to satisfy **113.28 m³ / day**. The total of the pipelines is **11.29 Km**. Solar pumping with the thermal supplement provides water to a **60 m³** water tower. The service points are exclusively BF (06), each equipped with two (02) valves of **0.5 l / s**. The total cost of this new option is estimated at **156 109 091 F CFA** for the AEPS only. The water will be sold at 400 CFA / m³ by the delegated management in view of the lack of local skills of the beneficiaries in the management . Through this contract, the operator will ensure the continuity of the service, preserve the heritage and participate in the renewal of part of the equipment according to well-pre-established conditions.

Keywords :

- 1-Borehole
- 2-Lelly,
- 3-Simplified drinking water supply
- 4-Solar pumping,
- 5-Water drinking

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

2iE :	Institut International de l'Eau et l'Environnement
AEP :	Approvisionnement en Eau Potable
AEPS	Approvisionnement en Eau Potable Simplifié
BD-INO :	Inventaire National des Ouvrages
BF :	Bornes Fontaines
BP :	Branchements Privés
CACI-C :	Centrale d'Assistance et de Contrôle Ingénieur Conseils
DN :	Diamètre Nominal
GPS :	Global Positioning System
HMT :	Hauteur Manométrique Totale
ISO :	International Standard Organisation
MEA :	MEA Ministère de l'Eau et de l'Assainissement
ND :	Niveau Dynamique
NS :	Niveau Statique
ODD :	Objectifs du Développement Durable
OMD :	Objectifs du Millénaire pour le Développement
ONEA :	ONEA Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PMH :	Pompe à Motricité Humaine
PN :	Pression Nominale
PN-AEP :	Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable
PV :	Photovoltaïque
PVC :	PolyVinylChloride
TN :	Terrain Naturel

Table des matières

I. INTRODUCTION	1
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE	2
II.1. Présentation de la structure d'accueil	2
II.1.1. Généralités	2
II.1.2. Domaines d'intervention	2
II.1.3. Compétences	2
II.2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	2
II.2. 1. Localisation de la zone d'étude	2
II.2. 2. Présentation du cadre physique	5
II.2. 3. Présentation du cadre humain	6
II.2.4. Présentation des caractéristiques socio-économique.....	6
III. PRESENTATION DU PROJET	7
III.1.Problématique.....	7
III.2. Objectif d'étude.....	7
III.3. Etats des lieux.....	8
III.4. Données de base.....	9
III.4.1. Données démographiques.....	9
III.4.2. Données topographique	9
III.4.3 Potentialités et ressources en eaux	10
IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION	10
IV.1. Horizon du projet.....	11
IV.2. Estimation de l'effectif de la population	11
IV.3. Taux de desserte.....	12
IV.4. Estimation des besoins de la population	12
IV.5. Conception des ouvrages et dimensionnement.....	16
IV.5.1. Choix techniques pour le dimensionnement	17

IV.5.2. Condition de vitesse et de pression.....	20
IV.5.3. Choix de matériau des canalisations du réseau	20
IV.5.4. Pertes de charges	21
IV.5.5. Réseau d'adduction.....	21
IV.5.6. Réseau de distribution.....	23
V. RESULTATS D'ETUDE TECHNIQUE.....	25
V.1. Estimation de la demande à l'horizon 2038	25
V.2. Evolution du nombre de consommateurs.....	25
V.3. Estimation des besoins en eau	25
V.4. Capacité de la ressource	27
V.5. Calcul des ouvrages constitutifs du système.....	27
V.5.1 Dimensionnement du réseau de distribution.....	27
V.5.2. Dimensionnement du château d'eau	30
V.5.3. Dimensionnement du réseau de refoulement	31
V.5.4. Station de pompage	34
V.5.5. Dimensionnement des ouvrages et équipements annexes.....	38
V.5.6. Traitement de l'eau	40
VI. ETUDE DE COUT	40
VI.1. Coût du projet.....	40
VI.2. Prix du mètre cube d'eau	41
VI.3. Analyse de la solvabilité des ménages	43
VI.4. Gestion de l'AEPS	44
VII. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL/SECURITE	45
VIII. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	49
ANNEXES	I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Répartition de la population du centre de Lelly	3
Tableau II: Etats des lieux des ouvrages existants	9
Tableau III: Evolution des consommations spécifiques en milieu rural au Burkina Faso	13
Tableau IV: Valeurs recommandées et adoptées de C _{pj}	14
Tableau V: Valeurs indicatives de C _{ph}	14
Tableau VI: Rendement du réseau	15
Tableau VII: Valeur forfaitaire pour le choix des réservoirs	19
Tableau VIII: Evolution de la population et de la desserte jusqu'à l'horizon du projet	25
Tableau IX: Estimation des besoins du centre de Lelly	26
Tableau X: Evolution du nombre de forage et temps réel de pompage	27
Tableau XI: Capacité utile du château d'eau	30
Tableau XII: Caractéristiques géométriques du château d'eau	31
Tableau XIII: Conduite d'exhaure	32
Tableau XIV: Dimensionnement des conduites de refoulement	32
Tableau XV: Vérification de l'onde de surpression et de dépression	33
Tableau XVI: Caractéristiques techniques de la pompe solaire	34
Tableau XVII: Determination du point de fonctionnement	35
Tableau XVIII: Détails des débits distribués	Erreur ! Signet non défini.
Tableau XIX: Détails des diamètres de distribution théoriques et commerciaux	Erreur ! Signet non défini.
Tableau XX: Résultats de calcul des vitesses et des pressions	29
Tableau XXI: Récapitulatif des diamètres de distribution	30
Tableau XXII: Récapitulatif du dévis estimatif des installations	41
Tableau XXIII: Amortissement des équipements	42

LISTE DES FIGURES

Figure I: Carte de localisation du site de Lelly	4
Figure II: Schéma du réseau généré par EPANET	Erreur ! Signet non défini.
Figure III: Courbe de pointe de fonctionnement	35
Figure IV: Images des modules PV 250Wc-24V	37
Figure V: Propositions du prix de l'eau par récipients	44

FICHE TECHNIQUE DU PROJET

LOCALISATION	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Région/province/commune/village ▪ Distance de Dori (Km) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sahel/Séno/Gorgadji/Lelly ▪ 56
DONNEES SOCIO ECONOMIQUES	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Population en 2006 ▪ Taux d'accroissement (%) ▪ Population en 2038 ▪ Population de l'AEPS (2038) ▪ Type d'habitat ▪ Demande de pointe en eau 2038 (m³/j) ▪ Consommation spécifique (l/j/pers.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3052 ▪ 3.2 ▪ 8362 ▪ 3979 ▪ Semi groupé ▪ 113.28 ▪ 20
SITE DU FORAGE	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Côte TN, non rattachée à une référence (m) ▪ Coordonnées (UTM) ▪ Profondeur équipée/Diamètre d'équipement (m) ▪ Niveau Dynamique (m) ▪ Débit d'exploitation (m³/h) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 300 ▪ 0778345 / 1536548 ▪ 57 / DN63 ▪ 60 ▪ 14.5
ELECTROPOMPE	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nom ▪ Type ▪ Débit d'exploitation (m³/h) ▪ HMT (m) ▪ Puissance (kW) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GRUNDFOS SP 14-A ▪ Solaire ▪ 14.5 ▪ 80 ▪ 11
SOURCE D'ENERGIE	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energie ▪ Champ photovoltaïque de : 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Photovoltaïque ▪ 90 modules de 250 Wc
CHATEAU D'EAU	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volume (m³) ▪ Nature/géométrie ▪ Côte TN (m) ▪ Hauteur du radier (m) ▪ Hauteur intérieure de la cuve (m) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 60 ▪ Réservoir métallique ▪ 300 ▪ 8 ▪ 4.8

CONDUITE D'ADDUCTION	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nature ▪ Longueur (m) ▪ Diamètre nominal (mm) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PVC PN10 ▪ 8867.8 ▪ DN110
CONDUITE DE DISTRIBUTION	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nature ▪ Longueur (m) ▪ Diamètre nominal (mm) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PVC PN10 ▪ 10407.65 ▪ DN63 à DN110
BORNES FONTAINES	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nombre de BF ▪ Nombre de robinet par BF 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 6 ▪ 2
ASPECTS FINANCIERS/GESTION	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût de l'AEPS ▪ Prix du mètre cube d'eau (F CFA) ▪ Mode de gestion proposé ▪ Amortissement annuel (F CFA/an) ▪ Prix de vente du m³ (FCFA) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 156 109 091 ▪ 251 ▪ Contrat d'affermage ▪ 6 629 350 ▪ 400

I. INTRODUCTION

Le BURKINA FASO à l'instar de la plupart des pays de l'Afrique sub-sahariens est confronté à des problèmes d'approvisionnement en eau potable de ses populations plus particulièrement celles vivant en milieu rural. Le sommet du millénaire pour le développement, tenu du 06 au 08 septembre 2000 à New-York, a permis aux dirigeants des pays du monde de convenir d'une réduction de moitié la proportion des populations n'ayant pas accès à l'eau à l'horizon 2015. Cette composante des OMD ayant fourni des résultats forts appréciables s'est vue succéder, à son terme, par les Objectifs du Développement Durable à l'horizon 2030 (ODD) à travers l'objectif N°6 « Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau ».

Le gouvernement burkinabè met en œuvre ces ODD à travers son Programme National de Développement Economique et Social (PNDES) dont l'une des cibles est « zéro corvée d'eau à l'horizon 2020 ». Pour ce faire, un référentiel a été élaboré, dénommé le PN-AEP 2016-2030.

Dans la mise en œuvre de ce Programme National de l'Approvisionnement en Eau potable, le pays, avec l'appui de ses partenaires techniques et financiers œuvrent non seulement à mettre à la disposition des populations des infrastructures d'AEP, mais également à renforcer leurs capacités pour une gouvernance vertueuse des services publics d'eau potable. C'est ainsi que le Burkina, accompagné par la PUS, BID et l'UEMOA exécute le « Projet PUS d'hydraulique et d'assainissement dans la région du Sahel », dont Lelly est l'une des localités bénéficiaires.

Le village de Lelly dans la commune de Gorgadji, à un taux d'accès à l'eau potable de 20,00% en 2006. Il bénéficie de ce projet d'une AEPS qui devra compléter ce taux à 100%.

La réalisation d'une AEPS passe par des études techniques de faisabilité et pour le présent projet, c'est l'entreprise HYDRASS-BURKINA qui en a la charge. C'est dans ce cadre que nous avons travaillé au sein de cette entreprise et en qualité de stagiaire, en vue d'élaborer notre mémoire de fin de cycle de Master 2iE en Infrastructures et Réseaux Hydrauliques (IRH) ; sous le thème « **Avant-projet Détaillé de l'adduction en eau potable simplifiée (AEPS) du village de Lelly, commune de Gorgadji (Sahel), BURKINA FASO** ».

Notre démarche consistera, après la présentation du site, à faire : un état des lieux de l'approvisionnement en eau potable de Lelly, une évaluation des besoins et demandes en eau à l'horizon du projet (2038), la conception d'un système d'AEP adapté que nous dimensionnerons, une proposition de gestion des services et une estimation des coûts d'investissements du projet.

II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Présentation de la structure d'accueil

II.1.1. Généralités

HYDRASS-BURKINA est une société par action simplifiée, de droit burkinabè opérant en qualité d'entreprise. Elle a pour missions :

- de réaliser des adductions d'eaux potables
- d'assurer l'assistance technique dans la réhabilitation des AEPS

II.1.2. Domaines d'intervention

Le cadre global des activités menées par HYDRASS-BURKINA s'articule sur trois (03) axes d'interventions suivants :

- la réalisation des AEP
- la fourniture et installations des pompes
- la réalisation des forages

II.1.3. Compétences

HYDRASS-BURKINA est une entreprise aguerrie de par la composition de ces cadres qui totalisent en moyenne plus de dix ans d'expériences professionnelles chacun dans le domaine du développement.

Depuis sa création HYDRASS-BURKINA s'est positionnée comme entreprise Burkinabè de premier plan, par l'envergure et la qualité des missions réalisées, son option d'accompagner le processus de décentralisation en cours au Burkina Faso et son ouverture aux secteurs vitaux de l'économie nationale par la mobilisation en son sein de compétences permanentes expérimentées.

II.2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.2. 1. Localisation de la zone d'étude

La commune rurale de GORGADJI est l'une des communes de la province du SENO située dans la région du Sahel. Elle est située à 56 Km de DORI sur la route Nationale RN° 23 et est limitée :

- au Nord par la commune de *GOROM-GOROM*;
- au Sud par la commune de *BANI*;

- à l'Ouest par la commune d'ARBINDA
- au Sud-ouest par la commune de *BOROUM*

LELLY est l'un des seize (16) villages qui constitue la commune intégrale de GORGADJI, ensuite une piste rurale difficilement praticable y mène sur environ 20km.

Tableau I: Répartition de la population du centre de Lelly

Centre de Lelly	Population suivant le RGPH 2006	Coordonnées	
		X	Y
Lelly	3052	778366.38	1537038.35
Centre de Lelly	2518		

La figure suivant est une carte de localisation du centre ainsi que les pistes d'accès au site.

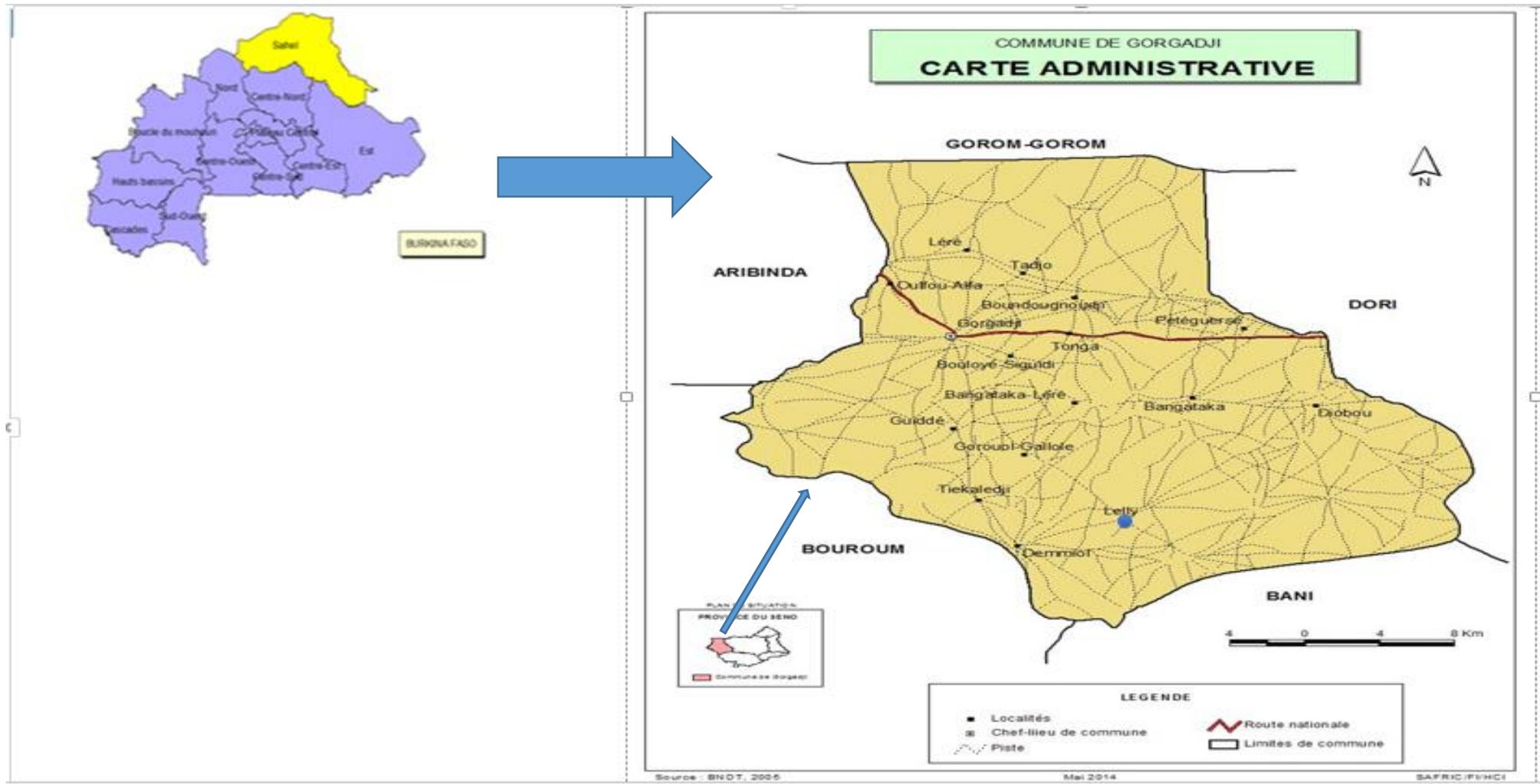


Figure I: Carte de localisation du site de Lelly

II.2. 2. Présentation du cadre physique

Le contexte physique du Sahel Burkinabè est difficile et son milieu naturel contraignant. Son climat est de type soudano sahélien caractérisé par une pluviométrie qui est mal répartie dans l'espace et dans le temps. La pluviométrie varie entre 340 et 650 mm par an. La moyenne des hauteurs d'eau tombée au cours des trente 30 dernières années est de 478,4 mm, sa partie la plus septentrionale reçoit une quantité de pluie inférieure à 400 mm ;

- une courte saison de pluie qui dure de deux (2) à trois (3) mois;
- une grande variabilité dans la répartition des précipitations avec des maximums dans les mois de Juillet et d'Août;
- les températures moyennes annuelles sont supérieures à 28°C. Les extrêmes s'observent en saison sèche avec 13,6°C en Janvier et 41,2°C en Mai. La forte insolation induit une évaporation dont le total a voisine 3 022 mm ;
- pendant la saison sèche la région est traversée par l'harmatan qui souffle du Nord-est vers le Sud-ouest.

Du point de vue géomorphologique, le paysage du village de Lelly a l'instar de l'ensemble du territoire communal est caractérisé en majeure partie par la platitude dont l'altitude moyenne est inférieure à 300 m. ce relief est constitué d'une vaste pénéplaine formée de grandes étendues de dune de sable ,perturbée par endroit par des inselbergs plus ou moins développés sous forme de collines et de buttes . Quant aux sols, les principaux types sont : Les sols argilo-sableux, les sols sodiques et les sols sableux (BUNASOLS, 2013).

Au plan hydrographique, la région du Sahel est drainée par des cours d'eau, affluents ou sous affluents du fleuve Niger pour l'ensemble. Ce réseau hydrographique est assez dense, avec un grand nombre de mares naturelles et de nombreux bas-fonds. Le village de LELLY est drainé par les affluents ou sous affluents du Fedlegasse (principale rivière de la zone), les écoulements qui y sont constatés étant pour la plupart temporaire, contribuent un tant soit peu par l'effet des percolations à alimenter les nappes d'eau de la zone.

Les types de végétation rencontrés dans la zone d'étude sont: la steppe arborée et arbustive.

Les espèces végétales les plus dominantes rencontrées sont les arbres épineux dont les principales essences sont : *Acacia senegalensis* (Gommier), *Acacia nilotica* (Pommier rouge), *Balanitesaegyptiaca* (dattier) et *Ziziphusmauritana* (jujubier).

II.2. 3. Présentation du cadre humain

La population de Lelly, d'après le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH 2006), comptait 3 052 habitants dont 1 468 hommes et 1 584 femmes (51,90 %) avec un taux d'accroissement de 3,2%. Elle est majoritairement constituée de Peulh qui est des autochtones. Ensuite viennent-les autres ethnies issues de l'immigration et regroupées en campements: les Bella, les Haoussas les Rimaibés les Sonrais et les Mossés. De ce fait, toutes les langues de ces ethnies sont parlées dans le village, bien que les plus communes soient le fulfulde et le mooré. Toutes les principales religions rencontrées au Burkina sont pratiquées à Lelly. Ces groupes ethniques vivent en symbiose dans le respect des traditions et des coutumes des uns et des autres. La principale religion est l'islam.

II.2.4. Présentation des caractéristiques socio-économique

❖ L'élevage

C'est la principale activité économique à l'image de la commune de Gorgadji. Le système de production animale est l'agro-pastoralisme caractérisé par le parcours du terroir à la recherche de pâturage. La Capacité de charge dans l'espace pour le bétail est largement dépassée, ce qui oblige les pasteurs à se déplacer ou à commettre des infractions vis-à-vis des champs. L'élevage bénéficie d'existence dans le village d'un parc de vaccination. Lelly n'ayant pas assez de ressource d'eau de surface, l'abreuvement des bétails est difficile par endroits.

❖ L'agriculture

C'est la seconde activité importante de la localité. La production agricole dominée par les cultures des céréales: le mil sur les terres sableuses et le sorgho sur les terres plus lourdes. Les productions végétales consacrées aux céréales occupent 99% des surfaces cultivées (Ouédraogo, 1991). La gamme de cultures pratiquées en pluvial dans le Sahel est très peu diversifiée. Cette restriction variétale hormis les habitudes alimentaires est à rapprocher aux conditions pédoclimatiques défavorables de la zone.

❖ Le commerce

L'activité commerciale est animée par la commercialisation des bovins et des céréales sur le marché de Gorgadji. Le commerce à Gorgadji est organisé autour des marchés hebdomadaires dans les gros villages et le tour de Lelly est chaque trois jour. Cela fait que ces deux (02) localités distantes de 20 Km de beaucoup échanger au cours dudit jour de marché. Malheureusement, la piste qui les relie est en mauvais état et donc impacte sur le commerce.

III. PRESENTATION DU PROJET

III.1. Problématique

Lelly est la quatrième localité la plus importante de la commune de Gorgadji. Le village comporte Lelly (centre) et une dizaine de hameaux de culture. Le parc hydrique est constitué exclusivement de forages équipés de pompe à motricité humaine (PMH), au nombre de seize (16) selon l'Inventaire National des Ouvrages hydrauliques (INO2017), publié en mars 2018. Ces points d'eau assurent l'accès à 40,30% de la population.

Des études de faisabilité avaient été menées portant d'une AEPS multi-village pour desservir Lelly et tous ses hameaux de culture. Après restitution de cette étude, il a été jugé plus judicieux de réaliser seulement une AEPS à Lelly et prévoir des ouvrages dans ses hameaux en fonction de la taille de leur population.

Bien que l'esprit du projet tel que voulu par les investisseurs était d'assurer aux populations, le moindre effort possible dans la collecte de l'eau (tourner les utilisateurs des PMH vers les BF), la plupart des hameaux n'atteindrait pas les normes d'octroi de BF (500 personnes). Ce serait un investissement non durable car les ressources collectées grâce à la vente de l'eau ne pourraient supporter les charges d'exploitation et les éventuels entretiens et réparations. En plus, au regard du manque de compétences locales pour la gestion, de l'échec dans la gestion des autres AEPS de la commune (Gorgadji, Gorm-Gorm et Arbinda), et surtout de la taille des investissements à mobiliser, la cellule du projet a opté pour une nouvelle variante, une AEPS à Lelly, dont l'étude technique fait l'objet de notre travail. Par conséquent, seules les populations de Lelly centre, et cinq (05) autres hameaux (important hameau situé à environ 5km) seront concernées par l'AEPS soit **une population de 4879 en 2038** avec un taux d'accroissement de 3.2% et une population de 3052 habitants en 2006 (RGPH2006).

Tout cela permettra de proposer un plan d'action pour l'amélioration du taux d'accès à l'eau de manière considérable d'ici l'horizon du projet.

III.2. Objectif d'étude

L'objectif global de cette étude est la mise en place d'un système d'AEP qui puisse assurer l'accès à l'eau potable à toute la population de Lelly, déjà à l'horizon 2030, à travers un service de qualité.

Spécifiquement, il s'agira :

- Diagnostiquer et faire un état des lieux de la desserte des PMH ;
- Proposer des solutions ;

- Evaluer le cout de réalisation de l'AEPS.
- Donner une estimation du taux de desserte actuelle
- Concevoir un système d'adduction approprié au centre de Lelly ;
- Mettre en place un dispositif de gestion de l'AEPS ;
- Fournir aux bailleurs de fonds une estimation du cout pour le financement du projet.

III.3. Etats des lieux

❖ Type d'ouvrage d'AEP existants

Selon la base de données de l'inventaire national des ouvrages hydrauliques (BD-INO) de l'année 2017 (publié en mars 2018), Lelly compte au total seize (16) forages équipés de PMH dont le taux de fonctionnalité de ces ouvrages est de 100%. Cependant la mauvaise répartition spatial pousse les populations à se rabattre excessivement sur certains forages équipés de PMH fonctionnels causant puisage sans arrêt avec de longue file d'attente et cela peu importe le statut du forage (institutionnel ou non).

Le taux d'accès à l'eau potable en 2017 est de 40.3% (BD-INO2017).

❖ Taux des dessertes des ouvrages existants

Le parc hydrique de Lelly comprend aussi bien les ouvrages communautaires, dans les quartiers, que les institutionnels localisés dans les écoles, au CSPS et à la mosquée. Le taux d'accès à l'eau potable en 2017 est de 40.3% (BD-INO2017).

En toute rigueur, dans le calcul de l'accès des populations à l'eau potable, les ouvrages institutionnels ne sont pas pris en compte. Par conséquent, à l'état actuel (au 31 décembre 2017), le taux d'accès est assuré par quatre (04) PMH communautaires dont un (01) est en panne et un (01) autre dont la qualité gustative est mauvaise. Ce qui donne un total des deux(02) PMH fonctionnels. Le tableau suivant fait un état des lieux exhaustif du parc hydrique de la localité.

Tableau II: Etats des lieux des ouvrages existants

N°	Localité	Année	Propriété	Type pompe	Fonctionnalité	Longitude W	Latitude N	Qualité gustative
1	ANWEL	1995	Commune	India	Fonctionnel	00°24'30,3"	13°58'15,0"	Bonne
2	ANWEL-BANPORE	2014	Commune	Vergnet	Panne	00°30'23,0"	13°59'51,7"	Bonne
3	BENGNOURE	2010	Commune	India	Fonctionnel	00°30'34,2"	14°00'01,5"	mauvaise
4	BILACOCAHE	2014	Commune	India	Fonctionnel	00°24'48,8"	14°02'23,8"	Bonne
5	BOGA-DOUDAL	2000	Commune	India	Fonctionnel	00°27'26,0"	14°03'59,6"	Bonne
6	DABERE	2010	Commune	Vergnet	Panne	00°22'06,5"	13°55'44,6"	Bonne
7	KAHEL	1998	Commune	India	Fonctionnel	00°28'52,5"	13°56'09,8"	Bonne

Source : MEA/BD-INO, 2017

Ainsi, le taux d'accès réel en fin 2017 de Lelly centre est assuré par trois (03) forages à PMH soit l'accès à 600 personnes. La population à l'échéance du projet sera estimée et prise en compte dans le calcul du taux d'accès réel de Lelly.

III.4. Données de base

III.4.1. Données démographiques

Avec une population totale de 3052 Habitants selon le RGPH 2006, le centre est classé dans la catégorie des grands centres ruraux. Avec un taux d'accroissement de 3.2% sa population croît rapidement.

Ce pendant en se basant sur le nombre d'habitant la typologie du réseau d'adduction d'eau potable standard qui sera caractérisée par un réseau étendu, un réservoir surélevé, des distributions aux borne fontaine et par endroit des branchements privés.

III.4.2. Données topographique

Selon les enquêtes sociales économiques les points essentiels sont les implantations des ouvrages de desserte (BF) et les levés pour les études techniques du réseau. En effet, les implantations se sont faites dans un premier temps de façon sociotechnique c'est à dire avec l'implication des bénéficiaires qui montrent des emplacements préférentiels des BF. Ces points ont été levés avec un GPS pour le calage du réseau. Ensuite, les points singuliers du

réseau sont prévus et levés au GPS afin d'en connaître les côtes. Il s'agit des points aux côtes extrêmes pour l'implantation du château et des pièces spéciales (ventouses, les vidanges). En plus, la station totale (ou théodolite) a été déployée pour des levées du TN, siège de conduites du réseau et les différents nœuds.

À l'issue de ces levés de terrain, le plan topographique a été dressé à l'échelle 1/2000 au moins et permet de distinguer :

- L'État des lieux du village comprenant les ouvrages et aménagements importants existants ;
- Les ouvrages projetés à savoir :
 - Le(s) forage(s) à équiper,
 - La position du château d'eau,
 - Le tracé du refoulement et du réseau de distribution d'eau,
 - Les positions des Bornes Fontaine (BF)
 - Les positions des Branchements Particuliers (BP)

Il convient de rappeler que ces levés n'ont pas été rattachés à une borne IGB, c'est-à-dire les côtes n'ont pas de rapport avec le niveau zéro (0) de la mer. La suite des traitements a été opérée grâce à AutoCAD/Covadis v.2007 où les profils en long et différents dénivelés ont été dégagés. Par ailleurs, Google Earth Pro nous a aidés au tracé du réseau (passage des conduites) en ce sens qu'il a permis une visualisation de la dispersion spatiale des habitats dans la localité. De l'analyse de ces données, il vient que les côtes du TN varient entre 293m et 300m.

III.4.3 Potentialités et ressources en eaux

L'alimentation en eau potable du village se fera au moyen des eaux souterraines selon les études économiques et sociales. Il a été demandé de récupérer un des forages communautaires présentant de bonnes caractéristiques physico-chimiques afin de satisfaire à la demande des populations. Le forage récupéré a un débit de 16 m³/h. Il est situé à moins d'un kilomètre du château d'eau.

IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

Il s'agit ici de décrire la démarche adoptée, de la collecte de données à leurs analyse et traitement, jusqu'à la rédaction du mémoire.

La collecte a consisté tout d'abord à s'enquérir des termes de références (TDR) afin d'en analyser la portée. Il s'agit de s'approprier des données de base du projet : contexte du projet, horizon, la population bénéficiaire. Ensuite, les autres données socio-économiques ont été recherchées afin de dresser un état des lieux de l'équipement de la localité en général, et d'AEP en particulier dans l'objectif d'estimer les consommateurs et d'évaluer les besoins/demandes. Elles ont aussi permis de mesurer la capacité des populations à payer l'eau. Ces données ont été acquises au sein du cabinet BTAT-IC.

De plus, nous avons mené une recherche documentaire en rapport avec les technologies d'AEP qui puissent être adaptées à notre contexte. Elle a porté notamment sur les cours et anciens mémoires et la recherche sur l'internet. La quasi-totalité de ces données ont été obtenues à 2iE.

En fin, des visites de terrain ont été effectuées pour fin de confrontation des données collectées avec la réalité. Toutefois, nous avons pris part à ces sorties, ce qui nous a permis de nous enrichir de la réalité du terrain.

L'analyse et le traitement de ces données ont conduit à une conception pour le projet d'AEP du village de Lelly.

IV.1. Horizon du projet

Conformément aux termes de référence du programme PUS, les ouvrages seront dimensionnés pour une durée de vie de **20 ans** pour la détermination de l'horizon du projet. Ainsi notre projet devra être capable de répondre à la demande jusqu'à l'horizon 2038 en considérant 2018 comme étant l'année de référence de la réalisation du système.

IV.2. Estimation de l'effectif de la population

Nous avons estimé le nombre de consommateurs par la méthode de la croissance géométrique

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

P_n : Population à l'année n (2038)

P₀: Population à l'année de référence (2018)

n : nombre d'années entre P₀ et P_n

α est le taux de croissance du milieu rural de la commune de Gorgadji et $\alpha = 3,2\%$, [RGPH2006].

Le tableau 11 montre, à différentes échéances jusqu'en 2038, les consommateurs à Lelly. Il renseigne en plus sur le taux de desserte des PMH et annonce le taux de desserte de l'AEPS de Lelly ainsi que la population réelle à desservir par l'AEPS.

IV.3. Taux de desserte

Le système d'AEP qui sera conçu desservira uniquement le centre de Lelly et quatre (05) autres quartiers supplémentaires qui concentrent la grande partie des habitats du village. Il sera considéré qu'en cas d'arrêt anormal du fonctionnement du réseau les habitants auront recours aux différents forages existents qui sont très loin des habitations. En se basant sur les trois (03) forages communautaires fonctionnels un calcul donnera le taux de desserte des ouvrages existants qui est le rapport de la population ayant accès à l'eau sur la population totale.

$$t_{d_PMH}(\%) = \frac{\text{Population desservie}}{\text{population totale}} * 100$$

Suivant la viabilité des systèmes d'adduction d'eau potable en milieu rural il a été constaté qu'après réalisation d'un réseau, les populations ont tendance à abandonner les PMH au profit des bornes fontaines après cinq ans d'exploitation.

Ainsi pour un fonctionnement efficient de notre réseau nous ne considérons pas ce taux qui viendra diminuer la population de manière à ne pas faire face à une pénurie d'eau à l'horizon du projet.

Nous considérons que le système doit assurer un taux de desserte de 80% d'ici l'horizon du projet ce qui concorde au PN-AEP 2016-2030 qui vise l'accès à l'eau potable pour tous.

Suivant l'étude socio-économique il a été montré qu'environ une vingtaine de ménages (25) ont demandé disposé d'un branchement privé au sein de leur domicile. Ainsi le nombre d'habitat qui seront touchés par les branchements sont de 250 habitants a raison de 10 personnes /ménage selon le PN-AEP 2016-2030.

IV.4. Estimation des besoins de la population

Le besoin en eau correspond à l'offre que l'exploitant devra rendre disponible pour répondre à la demande des usagers. Les besoins en eau sont déterminés à chaque stade du système en prenant en compte la demande en eau des usagers, leur comportement et les rendements des installations concernées. Ils sont calculés annuellement, mensuellement ou journalièrement en fonction des contraintes et du schéma de régulation des ressources en eau. [ZOUNGRANA, 2003].

La ressource en eau du système étant le forage, les besoins ont été évalués journalièrement.

❖ Consommation spécifique

Elle est déterminée sur la base des données statistiques de la localité faisant l'objet du projet. En l'absence de données statistiques sur la localité du projet, on peut procéder par une comparaison avec des localités similaires en termes de niveau de vie, du climat et pour lesquelles, les données statistiques sont disponibles.

Les enquêtes socio-économiques de site de Lelly ont permis d'estimer la consommation moyenne journalière des ménages et donc, celle d'un habitant, qui tourne autour de **22,22** l/hbt/jr. Ce pendant pour des raisons financier il sera demandé de se conformer suivant le PN-AEP2016-2030, référentiel du Burkina pour les questions d'AEP, qui donne l'évolution de la consommation spécifique en fonction des paliers pour les années 2015, 2020, 2025 et 2030, comme dans le tableau suivant.

Tableau III: Evolution des consommations spécifiques en milieu rural au Burkina Faso

Horizon (année)	Consommation spécifique PEM [l/jour/pers.]	Consommation spécifique BF [l/jour/pers.]	Consommation spécifique BP [l/jour/pers.]
2015	8	8	10
2020	10	10	15
2025	12	12	20
2030	15	15	20

Source : MEA, PN-AEP2016-2030

L'eau étant disponible jusqu'à l'horizon du projet nous garderons les normes fixer par l'OMS (20l/j/hbts).

Nous retiendrons une consommation spécifique de **20 l/j/hab** dans l'évaluation des besoins à l'horizon du projet 2038.

❖ Variation de la demande

La demande des utilisateurs varie au gré des saisons, suivant les jours de la semaine et les heures de la journée. Ces variations influencent la quantité d'eau à mobiliser et donc le dimensionnement des installations. A l'exception du coefficient de pointe journalier (C_{pj}), ces variations se calculent en faisant le rapport des consommations en situation de pointe sur les

moyennes sur une période donnée. Dans le tableau suivant sont consignées les valeurs recommandées que prennent ces différents paramètres suivants les contextes.

Tableau IV: Valeurs recommandées et adoptées de C_{pj}

Variations	formules	Valeurs recommandées selon les contextes	Valeur retenue
Coefficient de pointe journalier (C_{pj})	$C_{pj} = \frac{D_{jp}}{D_{jmp}}$	▪ Evolue entre 1,05 et 1,15	1,10

Des précédentes valeurs adoptées, nous avons choisi d'utiliser la pointe journalière seulement d'autant plus que l'utilisation des deux (02), résulterait d'une surestimation dans l'évaluation des besoins.

Quant au Coefficient de pointe horaire, il traduit les habitudes du consommateur au cours de la journée. Son estimation se fait de manière statistique ou par le biais de relations empiriques comme celle dite du « Génie civil » (France) :

$$C_{ph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mh} \left(\frac{m^3}{h} \right)}}$$

Ce coefficient permet de définir les débits de pointe à transporter (débit de dimensionnement du réseau) et est compris entre 1,5 et 3 en fonction de la taille de la population. Le tableau suivant donne les valeurs indicatives de ce coefficient C_{ph} .

Tableau V: Valeurs indicatives de C_{ph}

Population (hbts)	C_{ph}
< 10 000	2,5 à 3
10 000 à 50 000	2 à 2,5
50 000 à 200 000	1,5 à 2
> 200 000	1,5

Source : cours d'AEP 2iE (YONABA ,2015)

Nous retiendrons comme coefficient de pointe horaire **2,5** vue la taille de notre population

❖ Rendement du système d'adduction-distribution

Il traduit les pertes en eau dans le processus de mobilisation des eaux de la source aux usagers. Ainsi on distingue les pertes :

- de traitement, généralement pour les eaux de surface ;
- d'adduction, généralement faible, la valeur utilisée par l'ONEA pour les projets de taille similaire à notre réseau est de 1% ; soit un rendement d'adduction de **99%** ;
- et de distribution, les valeurs admissibles vont de 10 à 20%. Cependant, nous prendrons 15% au regard de la taille de notre réseau soit un rendement de distribution de **85%**.

Tableau VI: Rendement du réseau

Réseau	Rendement
Adduction	99%
Distribution	85%

❖ Le besoin moyen journalier

Le besoin moyen journalier permet d'évaluer l'évolution de la demande et de prévoir les sources potentielles nécessaires à la mise en place du système. Les deux (02) paramètres essentiels à la détermination du besoin moyen journalier (B_{jm}) sont la consommation spécifique moyenne journalière et la population.

$$B_{jm} = \frac{C_s}{1000} * P_n$$

Avec

B_{jm} : consommation moyenne journalière exprimé en m^3/j

C_s : consommation spécifique en $l/hbt/j$

P_n : Population à l'année n

❖ La besoin de production du jour de pointe

C'est la quantité d'eau à pouvoir en situation de pointe (saisonnier et journalier) et en intégrant le rendement (pertes en eau du réseau).

$$B_{jp} = \frac{C_{pj} * B_{jm}}{\eta_d}$$

Avec :

B_{jp} : Besoin de production du jour de pointe (m³/h)

C_{pj} : Coefficient de pointe journalier.

η_d : Rendement du réseau de distribution

❖ Le débit moyen horaire

C'est le rapport entre la demande de production du jour de pointe et le temps de distribution T (en heures). La distribution dure 12 heures à partir de l'heure d'ouverture des BF (6h du matin) et au niveau des BP elle sera continue c'est-à-dire 24h/24.

$$Q_{mh} = \frac{B_{jp}}{T_1}$$

Avec :

Q_{mh} : débit moyen horaire (m³/h)

T_1 : temps de distribution (h). Dans notre cas, $T_1=12$ heures (6h à 18h).

❖ Débit de pointe horaire

Le débit de pointe horaire noté **Qph** est le produit du débit moyen horaire et du coefficient de pointe horaire **Cph**. C'est le débit de dimensionnement du réseau de distribution. Il considère toutes les conditions les plus défavorables qui pourraient arriver lors de l'exploitation.

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

Avec :

Q_{ph} : débit de pointe horaire (m³/h)

C_{ph} est un nombre sans dimension, pris égal à 2,5 car la population de l'AEPS est inférieure à 10 000hbs.

IV.5. Conception des ouvrages et dimensionnement

Le village de Lelly n'a pas de statut foncier formel c'est-à-dire qu'il n'y a pas de lotissement. Les habitats sont érigés de façon spontanée, groupés au niveau de Lelly que nous désignerons

par « Lelly centre » dans la suite du mémoire. Les hameaux de culture sont distants de quelques 5 à 12km du centre.

Au regard de l'éloignement des concessions du centre et la population croissante, nous avons opté pour le système d'Adduction en Eau Potable par les bornes fontaines et le réseau sera de type ramifié.

IV.5.1. Choix techniques pour le dimensionnement

❖ Choix de la ressource

Le choix de la ressource en eau pour l'AEPS d'un centre comme celui-ci est porté généralement sur les eaux souterraines. En effet elles sont de très bonne qualité et ne nécessitent qu'un traitement d'appoint très sommaire par simple chloration. Ce type de traitement est plus maîtrisé et moins coûteux que celui des eaux de surface.

Le forage est l'ouvrage de captage des eaux souterraines le mieux indiqué pour l'AEP des petits centres. C'est un ouvrage très répandu surtout en milieu rural et a l'avantage de préserver la qualité de l'eau. Son exécution est très bien maîtrisée et il nécessite très peu d'entretien. Ses coûts de réalisation et de maintenance sont moindres par rapport à ceux du captage des eaux de surface. En analysant les débits des seize (16) forages communautaires à l'aide des fiches de foration on observe des débits qui tournent autour de $[1.5m^3/h \text{ à } 16m^3/h]$. Ainsi pour notre système d'AEP l'on procédera à la récupération d'un forage dont le débit est supérieur à la demande de pointe.

❖ Choix du système de pompage et de la source d'énergie

Un groupe électropompe immergé sera utilisé pour assurer le refoulement de l'eau du forage au château d'eau. Son choix se fait essentiellement sur la base de deux (02) paramètres notamment : le débit d'exploitation du forage, et la hauteur manométrique totale (HMT).

A l'image de la majorité des villages au Burkina, Lelly n'est pas branché sur le réseau SONABEL. Les seules sources d'énergie envisageables pour l'AEPS sont le solaire (Photovoltaïque) et le thermique (groupe électrogène). Nous avons alors adopté les deux (02) sources avec priorité faite au solaire et le thermique viendra en appoint. Cette option réduira considérablement les coûts d'exploitation du système et donc du prix du m³ d'eau.

❖ Dimensionnement des installations

○ Dimensionnement du groupe électrogène

Le groupe électrogène doit supporter l'intensité du courant de démarrage de l'électropompe, $I_d/I_n \geq 4$. Mais pour éviter des surcoûts, nous allons réduire ce facteur à 3. Ce facteur peut être réduit à 2,2 si des dispositifs spéciaux de démarrage sont utilisés comme les Altivar ou Altistart ou autre démarreur électronique. La puissance du groupe thermique d'une façon simpliste se définit comme telle :

$$P_{\text{Groupe}} = \frac{U * I_d * \sqrt{3}}{1000}$$

Avec

I_d : Intensité de démarrage (A) $I_d = I_N * 2.2$
 U : Tension en V

○ Dimensionnement du système solaire

Le générateur solaire est dimensionné pour alimenter sans surcharge tous les équipements électromécaniques (électropompe, éclairage, prise de courant, composants du coffret électrique, etc.) sur le site du forage. Comme spécifié un peu plus haut, le temps de pompage avec la source d'énergie solaire est limité à huit (08) heures par jour. Il correspond au temps moyen d'ensoleillement dans la sous-région. L'énergie solaire nécessaire pour 8 heures de pompage, soit 116m³ se calcule ainsi :

$$E_{\text{solaire}} = \frac{C_h * Q * H}{\mu}. \text{ [Rapport technique]}$$

Avec

C_h : constante hydraulique = 2,725

Q : débit journalier (besoin en eau dans la journée) = 116 m³

μ : rendement général du groupe électropompe = 0,432

H : HMT (m)

○ Puissance en crête du générateur photovoltaïque

La puissance en crête du générateur photovoltaïque est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$P_c = \frac{E_{\text{Solaire}}}{\text{Ensoleillement} * (1 - \text{Pertes})}$$

Avec :

Pertes : 20%

Ensoleillement : 8H

○ **Nombre des panneaux solaires**

Le nombre de panneaux solaire à mobiliser est obtenu à l'aide de la formule suivante:

$$n = \frac{P_c}{\text{Puissance du Panneau choisie}}$$

❖ **Choix du réservoir**

Le réservoir est dimensionné pour équilibrer les fluctuations journalières de la consommation. Le réservoir est de type métallique étanche et de forme cylindrique. Ce type de réservoir est généralement utilisé dans les petits centres équipés de systèmes d'AEP. Il existe un savoir-faire en la matière et les coûts d'investissements sont relativement moins élevés par rapport aux réservoirs en béton armé pour les faibles volumes de stockage. En outre sa mise en œuvre prend moins de temps que le réservoir en béton.

❖ **Capacité du château d'eau**

Pour la détermination de la capacité du château d'eau nous admettons des valeurs forfaitaires de réservoir issu des statistiques de centre AEP, Burkina Faso.

Tableau VII: Valeur forfaitaire pour le choix des réservoirs

Condition d'exploitation	Capacité utile (% de Vj)
Adduction nocturne	90%
Adduction avec pompage solaire (8h)	50%
Distribution continue (24h/24)	30%
Adduction de jour, durant les périodes de consommation	10 à 30%

Source : Cours d'AEP 2iE (YONABA ,2015)

❖ Dimensionnement des BF

Les BF constituent les ouvrages de desserte. Les normes prescrivent qu'une BF alimente 500 habitants dans un rayon de 1 km. Théoriquement, il faut réaliser huit(08) BF à l'horizon 2038 pour répondre aux besoins de la population de Lelly.

$$Q_{BF}(l/s) = \frac{Q_{dist}(l/s)}{n_{BF}} \quad \text{Et} \quad n_{BF} = \frac{\text{Population concernée}}{500}$$

Avec :

Q_{dist} : Débit de pointe horaire de l'ensemble des bornes fontaines

n_{BF} : Nombre de bornes fontaines choisi

IV.5.2. Condition de vitesse et de pression

La vitesse d'écoulement doit être comprise entre des valeurs minimales (U_{min}) et maximales (U_{max}). En effet :

- U_{min} permet de garantir l'auto curage de la conduite, donc d'éviter des dépôts. Elle est de l'ordre de 0.3m/s.
- U_{max} est liée à l'érosion du matériau de revêtement de la conduite et est une des données dite constructeur. Pour les PVC, U_{max} (m/s) \approx 1,00 à 1,20

Quant à la pression de service, elle doit être déterminée pour assurer un prélèvement sans effort particulier et pendant une durée acceptable. Cela passe par l'adoption d'un minimum de pression de service à tous les nœuds et en situation de pointe. La valeur contractuelle en approvisionnement en eau potable en milieu rural est de :

$P_{ser} = 5\text{mCE}$. [YONABA, 2015].

Nous prendrons ainsi, 5 mCE pour les pressions de service, et les vitesses seront comprises entre 0,3 et 1 m/s dans nos calculs.

IV.5.3. Choix de matériau des canalisations du réseau

Le choix du matériau des conduites se fait en tenant compte de la nature du sol (agressivité) et de critères d'ordre économique (coût, disponibilité sur le marché des conduites ainsi que de leurs accessoires de réparation) et liés à la performance des matériaux. La couche superficielle de terre est constituée essentiellement des dépôts continentaux, sables, latérites, conglomérat ne présentent aucune agressivité pour les conduites en PVC.

Dans notre cas, on choisit le PVC rigide avec la pression nominale PN 10 pour les conduites de refoulement et PN 10 pour les conduites de distribution.

IV.5.4. Pertes de charges

L'eau à l'instar de tout fluide perd de l'énergie lorsqu'elle s'écoule, d'abord le long d'une conduite de diamètre constant par frottement sur ses parois (Pertes de charges linéaires ou régulières), ensuite au travers des singularités telles que les élargissements, changements de direction, robinetterie... (Pertes de charges locales ou singulières) Plusieurs formules empiriques existent pour leur détermination. Nous calculerons les pertes linéaires avec celle de Manning-Strickler, valable pour l'eau et pour les conduites industrielles.

$$J = pdc_{lin} = 10.29 \times \frac{Q^2 \times L}{K_s^2 \times D^{16/3}}$$

Avec :

pdc_{lin} : Pertes de charge linéaire [m],

Q : Débit transité [m³/s]

L : Longueur de la conduite considérée [m]

K_s : Coefficient de Manning, [sans dimension], **$K_s = 120$ pour le PVC**

D : Diamètre standard intérieur [m]

Pour ce qui concerne les pertes de charge singulières, elles seront prises égales à 10% des pertes de charge linéaires.

$$pdc_{sin} = 10\% pdc_{lin}$$

Les pertes de charge totales correspondront ainsi à :

$$pdc_{total} = J = 1,1 \times \left[10.29 \times \frac{Q^2 \times L}{K_s^2 \times D^{16/3}} \right]$$

IV.5.5. Réseau d'adduction

Le refoulement (adduction) concerne la partie du réseau repérée entre la station de pompage et le réservoir de stockage (château d'eau). Son rôle est d'assurer le transport de l'eau mobilisée par la station de pompage, à travers la conduite de refoulement, qui fait objet d'un dimensionnement en observant tous les critères aussi bien technique (étude du coup de bélier) qu'économique (diamètre économique).

❖ Détermination du diamètre de refoulement

Son dimensionnement se fait avec le débit d'exploitation du forage. Ce volume pompé par unité de temps doit être acheminé au château, au travers de la conduite dont le calcul est possible grâce aux formules empiriques. Ce sont les **formules de Bresse, de Bresse modifiée, de Munier**, et celle de **Bedjaoui** qui est la plus récente (2006). En plus, la condition de vitesse et une condition dite de Flamant seront être vérifiées.

Nous retiendrons pour les conduites d'adduction des PVC de pression nominal 10 bars.

Pour le choix des diamètres nous retiendrons celles pour la laquelle le cout d'investissement sera faible et qui n'engendrera pas d'énormes pertes de charge.

Les conduites au refoulement se calculent à l'aide de ces formules suivantes :

- Formule de Bresse : $D(m) = 1,5 * \sqrt{Q}$;
- Formule de Bresse modifié : $D(m) = 0,8 * \sqrt[3]{Q}$;
- Formule de Munier : $D(m) = (1 + 0,02n) * \sqrt{Q}$ et n : nombre d'heures de pompage ;
- Formule de Bedjaoui : $D(m) = 1,27 * \sqrt{Q_{add}(m^3/h)}$;

❖ Etude du phénomène de coup de bélier

C'est un phénomène de variation de pression qui consiste en une alternance de dépressions et de surpressions se propageant dans la conduite. Elles sont générées par une modification brusque du régime d'écoulement soit à l'arrêt brusque d'une pompe, soit à l'ouverture et fermeture brusque d'une vanne. Au regard de ses conséquences, préjudiciables à la viabilité des installations, il est capital de s'assurer de son absence ; et s'il s'avérait qu'il existe, prévoir des mesures pour le contenir au moyen d'installations appropriées comme un dispositif anti-bélier. La chronologie des différentes étapes ainsi que les résultats de calcul du phénomène de coup de bélier sont évoqué ci-dessous.

◆ Surpression

Calcul de la charge de surpression

$$\Delta H = \frac{C \times V}{g}$$

G : est la pesanteur égale à 9,81m/s et $c = \frac{9900}{\sqrt{48.3+k*\frac{D}{e}}}$

➤ Calcul de la hauteur manométrique totale

$$HMT = H_g + \sum Pdc$$

- H_g est la hauteur géométrique entre le niveau dynamique du forage et de niveau d'entrée de l'eau dans le réservoir ;

- Pdc la perte de charge linéaire est calculée avec la formule de Manning-Strickler, nous supposons que la perte de charge singulière équivaut à 10% de la perte de charge linéaire.

$$\Sigma P_{dc} = 10,29 \times \frac{Q^2}{K_s \times D^{\frac{16}{3}}} \times L \times 1,1$$

- Calcul de la charge maximale

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

S'il y a surpression alors $\frac{H_{max}}{PN} \geq 1,2$

◆ Dépression

- Calcul de la pression relative

$$Pr = HMT - \Delta H$$

La valeur absolue de la pression relative est supérieure à la pression de 10,33 m, alors la conduite peut être soumise à une dépression.

IV.5.6. Réseau de distribution

Le réseau de distribution d'eau potable est l'ensemble des canalisations et accessoires interconnectés permettant l'acheminement de l'eau du château d'eau aux consommateurs ou à un point collectif de distribution.

En tenant compte de notre zone d'étude et des termes de références, le réseau de distribution du centre de Lelly sera de type ramifié.

Le réseau est alimenté de façon gravitaire à partir du château d'eau réservoir.

Le réservoir est placé à une altitude élevée afin de réduire le cout de réalisation et d'assurer une bonne pression minimale de service.

❖ Calcul du débit des tronçons

Le réseau de distribution est dimensionné avec le débit horaire de pointe. Connaissant les différents prélèvements aux différents nœuds le débit circulant dans un tronçon est déterminé par la formule suivante : $Q_{\text{tronçon}} = Q_{\text{aval}} + 0.55Q_{\text{route}}$ pour le réseau ramifié.

❖ Détermination des diamètres théoriques

Première approche pour dimensionner les canalisations d'un réseau à créer on recherchera le diamètre qui transitera le débit demandé avec une vitesse $V = 1.00\text{m/s}$.

$$D_{\text{th}} (\text{m}) = \sqrt{4 \times \frac{Q(\text{m}^3/\text{s})}{\pi}}$$

Les diamètres standards sont choisis après trois (3) itérations, lorsque les débits commencent à converger vers la bonne valeur.

❖ Détermination de la hauteur sous cuve

La cote la plus élevée du terrain naturel pour l'emplacement du château est de 300 m, On calcule la hauteur sous cuve par la formule suivante :

$$H_{\text{cuve}} = \text{Max} (P_{\text{Service}} + Z_i + \Sigma\Delta h) - Z_{\text{TN}}(\text{Réservoir})$$

❖ Pression aux nœuds

La pression minimale souhaitée dans le réseau est de 5 mCE à tout point.

La vérification des pressions est faite par la formule suivante :

$$P_{\text{aval}} = H_{\text{aval}} - z_{\text{aval}} - \Delta H$$

❖ Vérification de la vitesse

Pour assurer la durabilité et le bon fonctionnement du réseau la vitesse du fluide dans la conduite doit être comprise entre : 0,3 et 1,2m/s

V. RESULTATS D'ETUDE TECHNIQUE

Le tracé de notre réseau (refoulement ainsi que distribution) est présente dans la figure suivante. En Annexe N°2 une vue en plan du réseau tout en faisant une matérialisation des concessions du centre.

V.1. Estimation de la demande à l'horizon 2038

En considérant l'an 2018 comme année de mise en place de notre système d'approvisionnement en eau potable, l'horizon du projet est donnée par :

Horizon projet =2018 +20 ans= 2038.

Ainsi notre système devra répondre aux besoins de la population jusqu'à l'horizon 2038.

V.2. Evolution du nombre de consommateurs

En faisant accroître la population on obtient d'après le tableau suivant les différents résultats jusqu'à l'horizon du projet

Tableau VIII: Evolution de la population et de la desserte jusqu'à l'horizon du projet

Années	2006	2018	2023	2028	2033	2038
Evolution de la population	3052	4454	5214	6103	7144	8362
Population Lelly centre	1469	2599	3042	3561	4168	4879
Evolution desserte / AEPS(%)	-	65	70	74	78	80
Population desservie / AEPS	-	1689	2129	2671	3251	3903
Nombre BF	-	3	4	5	7	8

Dans ces calculs, l'on a supposé qu'il ne sera pas réalisé à Lelly, de nouveaux forages communautaires jusqu'en 2038. Les trois (03) forages actuels alimentent chacun 900 habitants. Cela représente un taux de desserte **Td_PMH=20%** à l'horizon 2038. Ainsi, l'AEPS complètera le taux d'accès à 100% soit un de desserte **Td_AEPS=80%**.

Ce qui se traduit par la **population de l'AEPS égale à 3 903** personnes à l'horizon **2038**.

V.3. Estimation des besoins en eau

Les résultats de calcul des besoins, de débits de pointe et de la production journalière de pointe sont consignés dans le tableau suivant. Ces données permettront de déterminer à la suite du travail le débit de dimensionnement du réseau distribution.

Tableau IX: Estimation des besoins du centre de Lelly

	Années	2017	2018	2023	2028	2033	2038
Population desservie / AEPS			1689	2129	2671	3251	3903
Calcul des besoins de la population							
Consommation spécifique (l/j/hbt)		8	10	12	15	18	20
Bmj (m³/j) _ domestiques		0,00	17	26	40	59	78
Bmj (m³/j) _ activités économiques		0,00	1,70	2,6	4	5,9	7,8
Consommation moyenne journalière (m³/j)		0,00	18,6	28,1	44,1	64,4	85,9
Coefficient de pointe journalier Cpj		1,1					
Rendement du réseau de distribution		85%					
Besoins de distribution du jour de pointe (m³/j)			24,0	36,4	57	83,3	111,1
Calcul des débits							
Temps de distribution (h)		12					
Débit moyen horaire (m³/h)		0,00	2,01	3,05	4,73	6,98	9,44
Coefficient de pointe horaire		0,00	3,26	2,93	2,65	2,50	2,50
Débit de pointe horaire Qph (m³/h)		0,00	6,57	8,94	12,54	17,45	23.2
Débit de pointe horaire Qph (l/s)		0,00	1,8	2,5	3,5	4,8	6,4

Le débit de dimensionnement est alors $Q_{dim} = 6.4 \text{ l/s}$

V.4. Capacité de la ressource

Pour la mise en place du système d'AEP de Lelly, pour la ressource en eau deux options étaient envisageable : réaliser un forage ou de récupérer un ou deux forages afin de satisfaire la demande. L'option de récupérer l'un des forages équipés de PMH pour répondre aux besoins du centre a été prioritaire. Les informations récupérées de la fiche du forage ont donné $16\text{m}^3/\text{h}$, pour mesure de sécurité et d'économie le débit d'exploitation Q_{exp} choisi sera de $14.5\text{m}^3/\text{h}$ pour le dimensionnement du système. L'énergie envisagée pour assurer le pompage dans le système étant le solaire, le temps de pompage (T_p) conseillé est de 8h [YONABA, 2005]. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau X: Evolution du nombre de forage et temps réel de pompage

Années	2018	2023	2028	2033	2038
Volume total distribué (m^3/h)	24,04	36,37	57,02	83,30	111,13
Rendement réseau adduction	99%				
Volume à refouler (m^3/j)	24,29	36,74	57,60	84,15	112,25
Temps de refoulement théorique (h)	8				
Q _ refoulement (m^3/h)	3,04	4,59	7,20	10,52	14,03
Q _ pompage (m^3/h)	14,5				
Nombre de forage	1				
Temps réel de pompage (h)	1,66	2,51	3,93	5,75	7,66

A partir de ces calculs on obtient une production totale de pointe (tenant compte du rendement de 99%) qui est de 114.43m^3 . Un seul forage de $14.5\text{m}^3/\text{h}$ suffit à satisfaire aux besoins avec un temps réel de pompage de 8h.

V.5. Calcul des ouvrages constitutifs du système

V.5.1 Dimensionnement du réseau de distribution

❖ Dimensionnement des BF

Les BF constituent les seuls ouvrages de desserte. Les normes prescrivent qu'une BF alimente 500 hab dans un rayon de 1 km. Théoriquement, il faut réaliser 08 BF à l'horizon 2038 pour répondre aux besoins de la population de Lelly. Cependant, lors des études des entretiens avec les populations et les autorités locales, il a été demandé 06 BF.

Le débit de pointe horaire de 6,56 l/s est le débit de dimensionnement à répartir entre les points de desserte (BF). Ainsi, le débit au niveau d'une BF se calcule comme suit :

$$Q_{BF} \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{Q_{dist} \left(\frac{l}{s} \right)}{n_{BF}}$$

$$Q_{dist} (l/s) = Q_{ph} (l/s) = 6,56 l/s.$$

$$Q_{BF} \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{6,4}{8} = 0,80 (l/s)$$

Chaque BF aura un débit de 0.80 l/s

❖ Détermination du débit des robinets

Ainsi, chaque BF débitera 1,00 l/s. ce qui permet de les équiper de deux (02) robinets.

$$\text{Débit d'un robinet : } Q_{robinet} \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{Q_{BF} \left(\frac{l}{s} \right)}{n_{robinet}} \approx \frac{1}{2} = 0,5 l/s$$

Chaque robinet aura un débit de 0,5 l/s.

Le tableau ci-dessous comporte les différents débits dans chaque tronçon de la distribution et point de desserte du réseau.

❖ Dimensionnement de conduites de distribution

Ce dimensionnement passe par l'utilisation des données du tableau 10, en déterminant les diamètres théoriques pour chaque tronçon, par la formule suivante :

$$D_{th} (m) = \sqrt{4 \times \frac{Q(m^3/s)}{\pi * v \left(\frac{m}{s} \right)}}$$

Dans cette relation, Dth est le diamètre théorique en m (ou converti en mm). Il est calculé avec une vitesse hypothèse $v = 1m/s$. La détermination de **Dth** est suivie du choix judicieux des diamètres standards à partir d'un catalogue constructeur. Ce sont ces diamètres qui seront considérés pour la suite du dimensionnement. Dans notre cas, c'est le catalogue Interplast qui a été utilisé.

Le tableau ci-dessous récapitule les diamètres commerciaux choisis sur la base des théoriques calculés avec la formule précédente.

Nous avons opté pour des PVC de classe PN10 et considérer un diamètre minimal de **DN 57/63** dans le choix des sections commerciales, couramment utilisés en projet d'AEPS. En plus, ce choix a été gouverné par les considérations liées à la vitesse d'écoulement dans les conduites.

❖ Vérification des conditions de vitesses et de pressions

La suite du dimensionnement concerne la vérification des conditions de vitesse et de pression ; en imposant une pression de service minimale de 5 mCE.

Le tableau ci-après présente les résultats de l'ensemble des calculs de vitesse et de pression dans le réseau de distribution. :

Tableau XI: Résultats du dimensionnement du réseau et la cote du réservoir

V=1m/s ; ks=120 ; P min (m) =5 ;coeff js=1,1 ;TN CE(m) = 300

Tronçon	Long (m)	Q (l/s)	Dth (mm)	Dst (mm)	DN (mm)	Pdc (m)	∑Pdc (m)	Z TN (m)	Z mine (m)	PX (m)	PX effective	V (m/s)
CE--1	10,67	8	130,3	99,4	110	0,12	0,12	300	305,12	7,24	8,40	1,0
1--2	1681,8	3	79,81	99,4	110	2,65	2,77	299,1	306,87	5,49	6,65	0,4
2--BF5	453	1	46,08	67,8	75	0,61	3,38	293,5	301,88	10,5	11,64	0,3
2--BF2	2532	2	65,16	81,4	90	5,14	7,91	294,04	306,95	5,41	6,57	0,4
1--3	500,5	5	103,0	99,4	110	2,19	2,31	296,1	303,41	8,95	10,11	0,6
3--BF6	900,13	1	46,08	67,8	75	1,21	3,52	296	304,52	7,84	9,00	0,3
3--4	127,15	4	92,16	99,4	110	0,36	2,66	296,13	303,79	8,56	9,72	0,5
4--BF4	127,9	1	46,08	57	63	0,43	3,10	297,94	306,04	6,32	7,48	0,4
4--AB	646	1	46,08	57	63	2,19	4,86	297,5	307,36	5,00	6,16	0,4
4--5	793,06	2	65,16	81,4	90	1,61	4,27	294,85	304,12	8,23	9,39	0,4
5--BF1	1837,4	1	46,08	67,8	75	2,47	6,75	293	304,75	7,61	8,77	0,3
5--BF3	798,04	1	46,08	57	63	2,71	6,98	294,69	306,67	5,68	6,84	0,4

Les vitesses et les pressions issues des calculs sont dans les plages de valeurs recommandées.

Les valeurs contractuelles de pressions de service en AEPS étant comprises entre **5 et 20 mCE**, le nœud le plus défavorisé a une pression de 6.16 mCE, calculée suivant Max (Z min).

Il s'agit de la pression à la **AB, à l'altitude 307.36m**.

Les vitesses dans les conduites sont comprises entre 1 et 0,3m/s, elles correspondent à celles requises en AEP dans le souci d'assurer l'auto curage et d'éviter l'érosion du matériau de revêtement. Le tableau 20 donne le récapitulatif des linéaires et des différents diamètres nominaux de conduite à mobiliser pour le réseau de distribution.

Tableau XII: Récapitulatif des diamètres de distribution

<u>Récapitulatifs des diamètres des tronçons</u>	DN110	2320,17
	DN90	3325,06
	DN 75	3190,48
	DN 63	1571,94
	Total(m)	10407,65

V.5.2. Dimensionnement du château d'eau

❖ Détermination de la capacité du réservoir

La capacité du réservoir a été calculée en référence aux valeurs forfaitaires de capacités issues des statistiques des centres d'AEP au Burkina.

Le volume journalier pour notre cas étant de $V_j = 111.13 \text{ m}^3$, et l'adduction étant assurée par l'énergie solaire, la durée du pompage est alors de **8 heures/jour**. La capacité utile du réservoir C_u se calcule alors par :

$$C_u = 50\% * V_j$$

$$C_u = 50\% * 111.13 \text{ m}^3 = 55.57 \text{ m}^3$$

Tableau XIII: Capacité utile du château d'eau

Années	2018	2023	2028	2033	2038
Besoins journalier total de pointe (m³)	24,18	36,59	56,81	83,74	111.13
Château d'eau 50%*B_{jp} (m³)	12,09	18,29	28,41	41,87	55.57

Nous adopterons une capacité de réservoir $C_u = 60 \text{ m}^3$.

Les plans d'exécutions du château et des autres ouvrages et équipement sont présentés dans l'annexe N°3.

❖ Calcul de la côte minimale exploitable

L'emplacement du château d'eau est gouverné par des critères topographiques et d'ordre social. En effet, il doit être calé à un point topographique (côte) qui domine l'ensemble des points de desserte du réseau. Ce qui permet de réduire non seulement la HMT (donc les coûts d'exploitation sont liés à l'énergie de pompage), mais aussi la classe de conduite d'adduction.

Pour ce qui concerne la distribution, l'implantation du château d'eau devra assurer une desserte gravitaire en même temps, une pression minimale de service de **5 mCE** au point le plus défavorisé (le plus haut ou le plus éloigné).

Au regard de toutes ces impositions portant sur le calage du château d'eau, la côte TN la plus judicieuse est **300.00 m**. Ce point localisé à la périphérie du village, hors de champs et lieux de culte, critères pour une bonne adhésion des populations au projet.

Ainsi, la hauteur du radier correspond à la pression de service, augmentée de la différence des côtes et la somme des pertes de charges. La hauteur sous radier est alors **7.36 m environ 8m**

❖ Caractéristiques du château d'eau

Le tableau suivant présente les caractéristiques dimensionnelles de notre Château d'eau.

Tableau XIV: Caractéristiques géométriques du château d'eau

Dimensions	
Capacité utile (m ³) = Volume d'eau	56,64
Volume réel (m) = Volume construit	60
D (m)	4
H (m)	4,8
ΔVolume (m)	3,36
Revanche (m)	0,2
Niveaux	
Cote TN (m)	300
Cote du radier (m)	309,66
Cote PHE (m)	314,46
Cote arrivée d'eau (m)	314,56

V.5.3. Dimensionnement du réseau de refoulement

❖ Dimensionnement des conduites d'exhaure (conduite d'aspiration)

Selon le Memotec N°36 GLS les conduites d'exhaure sont données par le tableau suivant :

Tableau XV: Conduite d'exhaure

Q [m ³ /s] ≤	0,0022	0,0039	0,0056	0,0097	0,0139	0,0250	0,0569	0,0889	0,1250
Q [m ³ /h] ≤	8	14	20	35	50	90	205	320	450
DN [mm]	50	65	80	100	125	150	200	250	300

Source : Memotec N°36 GLS [Dr Lawani A. MOUNIROU, ESSENTIEL de Pompes et Stations de Pompage, Édition Janvier 2018]

❖ **Conduite d'adduction**

Le réseau de refoulement est long de 886.78 ml, son dimensionnement a fait appel à plusieurs formules empiriques telles que celle de Bresse, de Bresse modifiée, de Munier, celle de Bedjaoui qui est la plus récente(2006) ainsi que la formule de Flamant pour les conditions de vitesse. Le tableau suivant présente les résultats de calcul des canalisations en appliquant les différentes formules.

Tableau XVI: Dimensionnement des conduites de refoulement

DONNEES DE BASE					
Débit d'adduction (m ³ /s)	0,004	H sous radier	8	Niveau Dynamique	60
Coefficient de Manning (Ks)	120	Hauteur cuve eau	4,8	Côte TN Château	300
Longueur de refoulement(m)	887	Hauteur entrée d'eau	0,1	Côte TN du forage	297,5
Masse volumique de l'eau (kg/m ³)	1000	Hauteur Géométrique totale (m)			75,4
Accélération de la pesanteur (m/s ²)	9,81	Pertes de Charges Singulières: 10% ΔH			

Tableau XVII: Dimensionnement des conduites de refoulement

Formules	Dth(m)	PVC PN10		V(m/s)	pdc(m)	HMT
		Dist(m)	DN			
Bedjaoui	0,0801	0,0814	90	0,763	6.84	82.14
Bresse	0,0946	0,0994	110	0,512	2,4	77.66
Bresse modifiée	0,1267	0,1266	140	0,316	0,64	75.95
Munier	0,0630	0,0678	75	1,101	18,12	93.43

Commentaire :

Le diamètre calculé avec **la formule de Bresse** s'avère être le plus judicieux. En effet ce diamètre nominal **DN 99.4/110** offre une **vitesse de 0,512 m/s** qui est de la plage des vitesses admissibles et donc ne permet ni de dépôts ni érosion du matériau. Elle est calculée par la formule de la continuité dans une conduite circulaire et s'écrit

$$v = 4 * Q(m^3/s) / (\pi * D^2(m))$$

Ainsi, la conduite de refoulement adoptée est **DN 99.4/110** de pression nominale **PN10** sous réserve qu'il n'apparaîtra pas de phénomène de coup de bélier.

❖ Etude du coup de bélier

Tableau XVIII: Vérification de l'onde de surpression et de dépression

Données	K pour PVC	33
	Diamètre standard Dst _ int(m)	0,0994
	DN (m)	0,110
	épaisseur conduite e(m)	0,0053
	V0 (m/s)	0,512
	g (m/s ²)	9,81
	Longueur refoulement (m):Forage-Château d'eau	886,78
	T(s) durée de la variation vitesse	30
	Pression en régime permanent(m) +HMT	75.30
Cas N°1 : variation brutale de la vitesse d'écoulement f(T), fermeture rapide d'une vanne		
Célérité c (m/s)= 9900/ (48,30+k*Dst/e)^1/2		366
Variation instantanée de la pression Δh(m)=c*V0/g		19,08
H+Δh(m)		94.02
PMA(m)=1,2*PN(m)=1,2*100		120
Conclusion sur le choix de la Pression Nominale PN		
dépression		
HMT-Δh(m)		56.58
Pat (mCE))		10,33
Pat (mCE) < (HMT-Δh) : Pas de dépression		

Conclusion :

HMT + Δ h = 94.02 m < PMA = 120 m.

Il vient qu'il n'y a pas de risque de coup de bélier dans la conduite de refoulement. Cela confirme le bon choix de la classe de PCV utilisé (PN10).

Aussi, du fait de l'absence de coup de bélier, il est inutile de s'intéresser au phénomène de dépression où on compare $HMT - \Delta h$ à la pression atmosphérique, $Pat (mCE) = 10,33$.

V.5.4. Station de pompage

Connaissant le débit d'exploitation du forage et de la HMT, on a dimensionné la pompe immergée et ressorti ses caractéristiques à partir des catalogues constructeurs, des recherches sur le site web de GRUNDFOS (www.grundfos.com).

Avec une hauteur manométrique totale de 77.82 m et un débit d'exploitation égal à 14.5m³/h, la pompe qui satisfait au mieux est Grundfos SP14-A.

Le tableau suivant présente les caractéristiques techniques de la pompe solaire choisie

Tableau XIX: Caractéristiques techniques de la pompe solaire

Vitesse :	2900 mn-1
Version moteur :	T40
Pompe :	Acier inoxydable
Roue mobile :	
Moteur :	
Diamètre moteur :	6''
Tension nominale :	3 x 400 V
Courant nominal :	25.0 A
Intensité démarrage :	520 %
Cos phi (facteur de puissance)	0.82
Type moteur	MS6000
Puissance nominale	11 kW

Il s'agit d'une pompe immergée solaire, tous les composants sont en acier inoxydable, EN 1.4301 (AISI 304), pour une grande résistance à la corrosion. Cette pompe est homologuée pour la délivrance d'eau potable. Elle est équipée d'un moteur de type MS6000 avec une puissance nominale de 11 kW et une étanchéité par protection anti-sable, garnitures mécaniques, lubrification à l'eau des paliers et une membrane de compensation du volume. Le moteur est à rotor noyé et offre une bonne stabilité mécanique et un haut rendement. Température maximale de 40 °C. Le moteur est équipé d'un capteur GrundfosTempcon qui, associé à des communications par voie électrique et un panneau de commande MP204, permet de contrôler la température. Le moteur permet un démarrage direct.

❖ **Détermination du point de fonctionnement du système de pompage**

La courbe caractéristique de la pompe fournie par le constructeur est utilisée conjointement avec la courbe caractéristique du réseau $H = H_{géo} + J$ en fonction du débit où J représente les pertes de charges totales (pertes de charge linéaire et singulière dans le réseau). L'intersection de la courbe du réseau avec la courbe caractéristique de la pompe donne le point de fonctionnement.

Ainsi :

$$J(m) = \frac{1.1 * 10.29 * L_{ref} * Q_{pompage}^2 \left(\frac{m^3}{s}\right)}{K_S^2 * D_{int}^{16/3}} * \left(\frac{Q_2}{Q_{pompage}}\right)^2$$

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus.

Tableau XX: Détermination du point de fonctionnement

Données : longueur conduite (m) : 887 m ; hauteur géométrique (m) : 76.96 m

Q (m ³ /h)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
HMT_ Pompe (m)	135,00	137,125	136	132	127	122	117	112	106
HMT_ conduite (m)	76,96	77,58	79,44	82,54	86,88	92,47	99,29	107,35	116,66
η pompe (%)	0	20	35	47.5	55	60	64	65	60

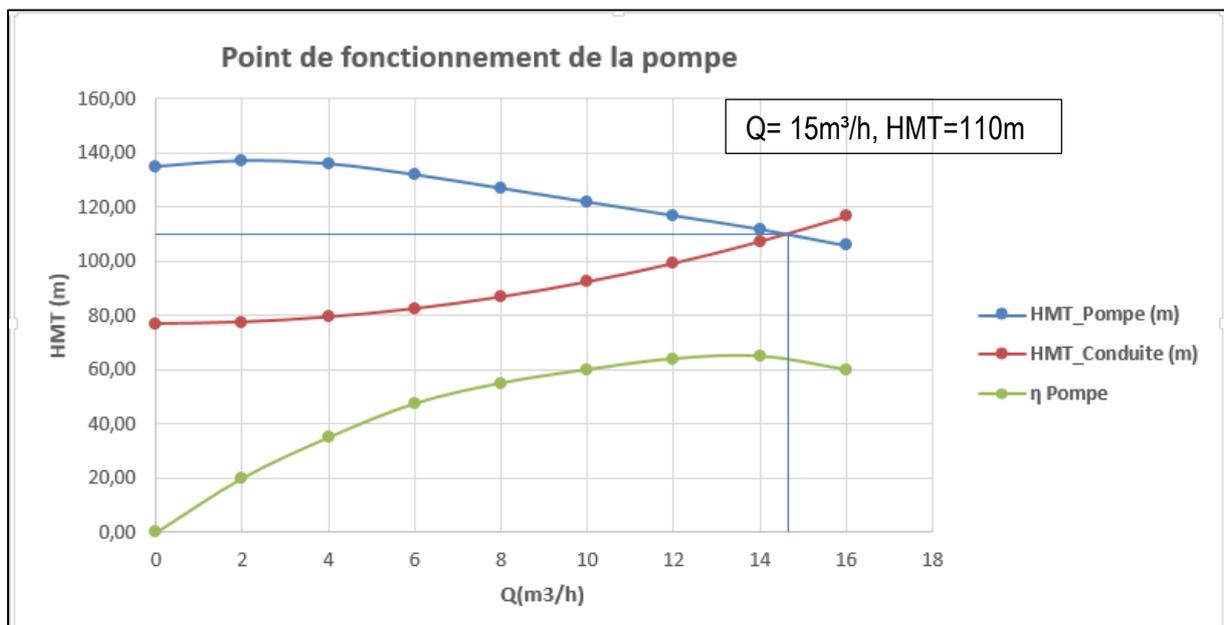


Figure II: Courbe de point de fonctionnement

❖ Puissance du Groupe électrogène

Sa formule générale est la suivante :

$$P_r = \frac{2 * P}{\cos \rho} = \frac{2 * 7.5}{0.82} = 15$$

L'application de cette formule, nous a permis d'obtenir une valeur théorique égale à **15 KVA**. La puissance normalisée qui suit est **18 KVA**. Afin de permettre l'alimentation en énergie de la pompe, il sera nécessaire d'avoir un groupe de **18 KVA**.

❖ Choix des modules photovoltaïques

Pour dimensionner les panneaux solaires nécessaires au fonctionnement des différentes pompes, il faudra déterminer le besoin quotidien en énergie (E_j) de la pompe et la puissance crête (P_c) du système photovoltaïque capable de fournir l'énergie électrique journalière (E_j) nécessaire.

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

❖ Energie du générateur photovoltaïque

$$E_j = R_g * P_c * E_i$$

Ainsi, la puissance crête du générateur PV, est donnée par $P_c = \frac{E_j}{R_g * E_i}$

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

E_i : rayonnement total journalier moyen en $\text{kW/m}^2/\text{j}$ ($5.5 \text{ kW/m}^2/\text{j}$ au Burkina en moyenne)

Résultats :

Elément	Débit (m^3/j)	HMT	R_p	R_m	R_{mp}	Rond	E_{pj} (kW/j)	R_g	E_i (kWh/m^2)	P_c (kWc)
Forage	116	79,48	70%	90%	63%	90%	44,31	55%	5,5	14,65

Ainsi, il faut mobiliser des panneaux de sorte à satisfaire une puissance de 14.65 KWc

❖ Nombre des panneaux solaires

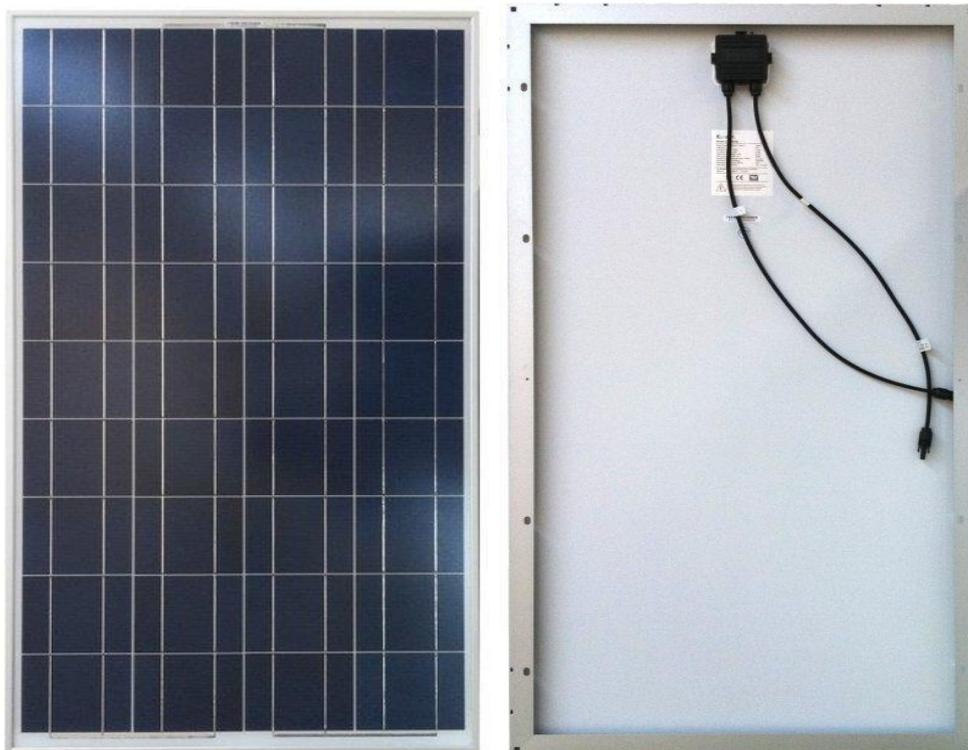
La puissance photovoltaïque requise étant de 11 KW, nous avons opté pour l'emploi des panneaux de 250 W 24 V de dimensions 1675mm x1028mm x 45mm. Ce qui imposerait de mobiliser le nombre de panneaux suivant :

$$n = \frac{P_c}{\text{Panneau PV 250}} = \frac{14650}{250} = 58.6$$

Pour des raisons pratiques, on a opté pour 60 panneaux de 250 Wc, de marque Solar-kit. Il s'agit de module photo voltaïque poly cristallin. Ainsi, la surface couverte par l'ensemble des modules sera de **125,971 m²**.

Type	Polycristallin
Dimensions (mm)	1675×1028×45mm
Poids (Kg)	19
Boîtier de jonction étanche	Oui
Diodes anti-retour (By-pass)	Oui
Garantie pièces et main d'oeuvre (Année de garantie)	1
Garantie à 90% de la puissance annoncée (Année de garantie)	25
Certification	 IEC 61215, EN-IEC 61730 & CE EUROTEST

Figure III: Images des modules PV 250Wc-24V



V.5.5. Dimensionnement des ouvrages et équipements annexes

❖ Aménagement de la tête de forage

Une enceinte est construite autour du forage pour en assurer la protection. C'est un mur en agglos pleins de 20, d'environ 1 à 1,20 m de haut, monté sur un radier en béton armé et muni d'une fermeture en tôle pleine. Cette enceinte permet la protection des appareils constitutifs de la tête de forage, de quantifier la pression et de vérifier la qualité de l'eau du forage. Les appareils sont : Ventouse, Piège à sable, Tube pour suivi de niveau, Compteur, Pressostat, Clapet de retenu, Robinet-vanne isolement et Manomètre.

❖ Ventouses

Les ventouses sont des pièces qui sont installées sur les conduites permettant de chasser l'air de celles-ci, ou à en faire entrer. Elles sont placées au niveau des points hauts du réseau. Elles sont généralement abritées dans un regard muni d'une dalle de couverture. Sur notre réseau la ventouse sera placée à la cote 300 m.

❖ Vidange

L'ouvrage de vidange est celui par lequel, le réseau de distribution peut se vider de son eau. On vide le réseau en cas de nettoyage à la suite d'un entretien ou d'une réparation. Il se compose d'un regard en agglos pleins en forme d'un bec, d'une vanne en fonte et d'une conduite de décharge en PVC 57/63 PN10.

Ce point est localisé sur le réseau au point le plus bas, de coordonnées à la côte 293 m.

❖ Vannes de sectionnement

Le sectionnement consiste à isoler des parties du réseau à des fins d'entretien ou de réparations. Cela se fait au moyen de vannes et on compte 8 vannes de sectionnement sur le réseau du centre de Lelly.

❖ Puisards

C'est l'ouvrage d'assainissement de la BF. C'est une fosse stabilisée dans sa partie supérieure par des agglos pleines, pour recevoir la dalle de couverture. Il est raccordé par une conduite PVC (enterrée) à la plateforme de la BF et en draine les eaux perdues collectées par les rigoles de bordures. Il est rempli de moellons qui assurent le prétraitement des eaux perdues.

❖ Les ouvrages du génie civil

C'est l'ensemble des ouvrages comportant :

- les bâtiments d'exploitation, (Bureau, local technique et latrines-douche)
- les abris des BF (tour de la BF y compris hangar)
- et les supports des modules PV

Les détails de ces ouvrages sont donnés en annexe N° : Détails des ouvrages du génie civil

❖ La pose des conduites

Des dispositions doivent être observées dans la mise en place des conduites. Elles sont fonctions des prescriptions techniques du projet mais également des règles de l'art. La relation permettant de déterminer la profondeur (ou hauteur) et la largeur des fouilles est la suivante :

- $H \geq 0,8m + DN (m)$: Profondeur exprimée en m ;
- $L \geq 0,4m + DN (m)$: Largeur de la fouille (m).

Le tableau suivant donne un récapitulatif du choix des profondeurs de fouille pour les différents types de diamètres.

Tableau récapitulatif du choix des profondeurs

DN (mm)		63	90	110
Calculées (m)	H	0.863	0.89	0.91
	L	0.463	0.49	0.51
Retenues (m)	H	0.9		1
	L	0.5		0.6

Ainsi, ces résultats nous permettent de catégoriser les dimensions des fouilles pour la pose des conduites :

- pour les DN 63, nous avons la largeur $l = 50\text{cm}$ et la profondeur $H = 90\text{ cm}$
- pour les DN 90-110, on aura $l = 60\text{cm}$ et la profondeur $H = 1\text{ m}$

V.5.6. Traitement de l'eau

Les traitements ont pour objet de donner aux eaux destinées à la boisson, à la préparation des aliments, à l'industrie alimentaire et voire destinées aux usages domestiques, des qualités répondant à des recommandations ou à des exigences des normes. Dans le cas de l'eau d'un système d'AEP il est bien entendu que ce sont généralement les forages qui servent de ressource. L'eau du forage est à priori potable on ne parlera pas d'un traitement en tant que tel mais d'une simple désinfection au chlore. Cela se fera par un apport d'une dose de chlore résiduel de 0,5 à 1,5 mg/l. Cette norme est adoptée par l'ONEA au niveau des centres ruraux d'AEPS utilisant les eaux de forages. Cette valeur respecte par ailleurs les normes de l'OMS qui prescrit la valeur de chlore de 0,5 à 5mg/l en tout point du réseau.

Ainsi, nous utiliserions de galets de chlore pour leur disponibilité sur le marché en 200 et 500g ; et pour la simplicité d'emploi. Aussi, il sera appliqué au niveau du château d'eau. Il s'infusera sous l'arrivée de l'eau refoulé. Ce sont des galets de 200 g qui seront utilisés au regard de la taille de notre réservoir (60m³)

$$\text{Concentration} = \frac{200}{60 * 1000} = 0.00333\text{g/l} = 3.33\text{mg/l}$$

Ce qui respecte les normes de concentration en chlore pour une efficacité sur 1 à 3 semaines. Le chlore en solution est aussi une option d'application. Cependant, cela nécessite l'utilisation d'une pompe doseuse adjoint par un réservoir de solution de chlore.

VI. ETUDE DE COUT

VI.1. Coût du projet

Une estimation des investissements a été effectuée sur la base d'un devis quantitatif des travaux de réalisation de l'AEPS et les coûts liés aux renforcements de capacités des populations pour la bonne gestion des installations qui sont prévus à travers un forfait de 5 000 000 F CFA.

Ainsi, il vient que le montant total des travaux s'élèveront à **156 109 091 FCFA TTC**, tel qu'indiqué dans le tableau suivant. Le devis détaillé sera présenté dans l'annexe N°1.

Tableau XXI: Récapitulatif du devis estimatif des installations

N°	DESIGNATIONS	MONTANT (F CFA)
I	INSTALLATION DE CHANTIER - FRAIS GENERAUX	3 000 000
II	FORUNITURE ET POSE DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION	13 710 340
III	CONSTRUCTION ET EQUIPEMENT DE CHÂTEAU D'EAU	20 650 000
IV	FOURNITURE ET POSE DES EQUIPEMENTS DE DISTRIBUTION	36 838 500
V	OUVRAGES ANNEXES ET PRESTATIONS DIVERSES	12 970 000
VI	EQUIPEMENT ELECTROMECHANIQUE ET SOURCE D'ENERGIE	40 127 000
VII	FORMATION & SUIVI	5 000 000
TOTAL HT		132 295 840
TVA (18%)		23813251,2
TOTAL TTC		156 109 091

VI.2. Prix du mètre cube d'eau

Après une analyse de la solvabilité de la ressource en eau il en ressort que l'ensemble des ménages sont favorable à l'idée de payer l'eau au volume prélevé. Mais néanmoins le prix du mètre cube doit être fixé en fonction de leur leurs possibilités financières tout en permettant à l'exploitant de supporter les fonctionnements et un retour sur investissement à l'horizon du projet. Ainsi le prix du mètre cube d'eau est calculé à travers cette formule : $P_r = \frac{A+C+I}{V}$.

Avec :

Pr : Prix de revient

A : Amortissement

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

C : Charge d'exploitation et d'entretien du système

I : Investissement

❖ Calcul de l'amortissement

Ce sont des dépenses de renouvellement et de réhabilitation des équipements. Pour notre projet ceux à considérer sont la pompe et les installations solaires. Les dotations sont fixées en fonction de la performance de l'équipement et sur la base d'une décroissance de sa valeur dans le temps. Ainsi, l'amortissement annuel d'un actif est le rapport de son prix d'achat sur sa durée de vie théorique. Le tableau suivant représente les amortissements des différents équipements de notre réseau.

Tableau XXII: Amortissement des équipements

AMORTISSEMENT				
Equipements	Durée théorique	Prix d'achat	Amortissement	
			1an	15
Pompe	10	4 650 000	465 000	99 440 250
Installations solaire	25	36 200 000	1 448 000	
Canalisations PVC	10	36 838 500	3 683 850	
Château d'eau	20	20 650 000	1 032 500	
Total			6 629 350	

❖ Les charges d'exploitations

Elles seront prises égales à 0.5% du cout total du projet. Elles englobent : le salaire du personnel ; l'achat des pastilles de chlore ainsi que les frais d'entretien. Pour notre projet elles s'élèvent à 78 056 546FCFA.

❖ Volume d'eau à l'horizon du projet

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

$$\text{Production (P)} = 114.42\text{m}^3/\text{jour} * 365 \text{ jours} * 20 = \mathbf{835\ 266\ m}^3$$

❖ Prix de revient

$$P_r = \frac{A + C + I}{V} = \frac{99440250 + 78056546 + 156109091}{835266} = \mathbf{400FCFA}$$

Pour la bonne gestion de notre réseau le prix minimum du m³ d'eau sera fixé à 400 FCFA d'où le prix minimum de la barrique de 200L à 70 FCFA.

VI.3. Analyse de la solvabilité des ménages

La capacité des ménages à supporter le coût du service de l'eau est lié à leur revenu et aux dépenses auxquelles ils font face. Il ressort des enquêtes réalisées que :

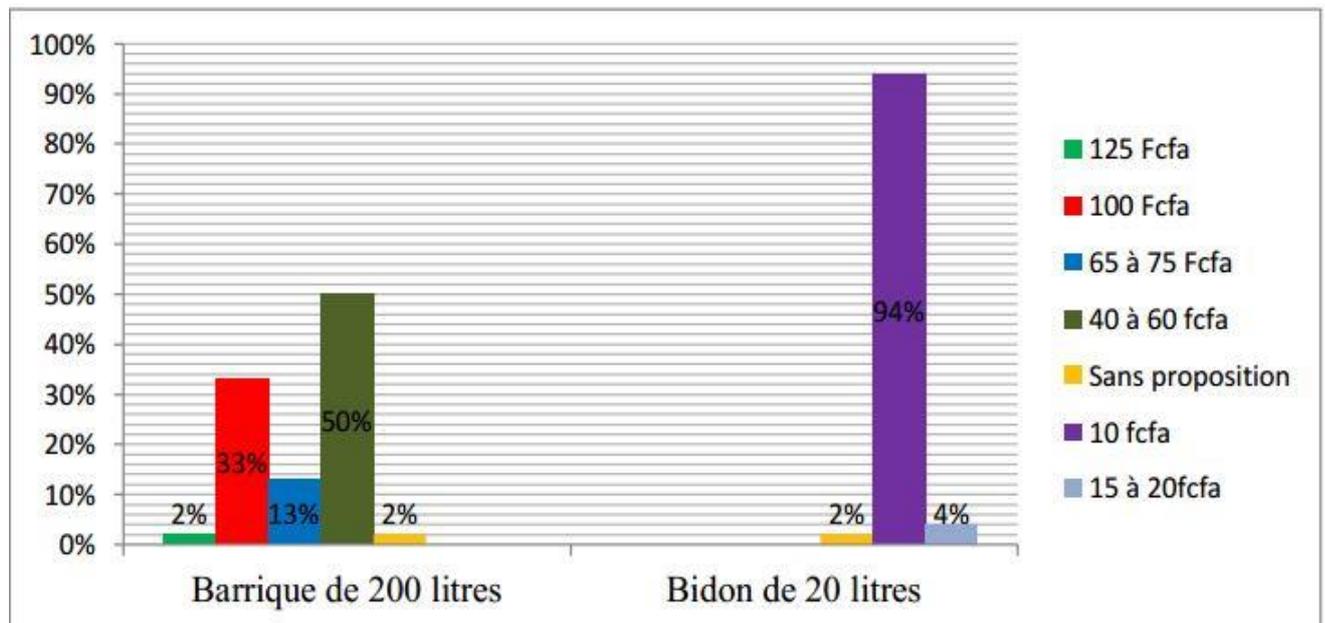
- 17% des ménages enquêtés ont un revenu annuel moyen comprise entre 150000FCFA et 250000FCFA, soit entre 12500 et 20833 FCFA par mois; ce montant est inférieur au montant du Salaire Minima Interprofessionnel Garanti (SMIG) qui est fixé à 32218 (décret n°2007/PRES/PM/ MTSS/ MFB) est dans l'intervalle de ce revenu.
- 38% des ménages déclarent avoir un revenu annuel moyen compris entre 300000FCFA et 500000FCFA, soit plus de à 25000FCFA et 41660FCFA par mois. Le montant du SMIG est compris dans cet intervalle de revenu ;
- 45% des ménages ont un revenu moyen annuel supérieur ou égal à 600000FCFA, soit 50000FCFA par mois. Ce montant est largement supérieur au SMIG. Par ailleurs, il ressort que les dépenses globales annuelles d'un ménage dans le centre sont d'environ 399525FCFA en moyenne par an contre un revenu moyen annuel de 556000FCFA.

Il résulte de ce ratio que les ménages devraient pouvoir couvrir toutes leurs dépenses sans avoir besoin de rechercher d'autres sources financières. Cependant, il faut noter que ce ratio voile quelques disparités qui existent entre les revenus annuels de certains ménages.

En effet, au moins 17% des ménages interrogés ont un revenu annuel inférieur aux dépenses moyennes annuelles. Pour couvrir toutes leurs dépenses familiales, ces ménages devraient chercher des sources de revenu complémentaires. Cependant, quand on se réfère au seuil global de pauvreté au Burkina Faso estimé à 108454FCFA (EICVM, 2009), on pourrait soutenir qu'aucun des ménages interrogés du centre n'est touché par la pauvreté et par conséquent ne devraient pas éprouver de difficultés pour supporter le coût du service de l'eau au niveau de l'AEP. En effet, l'ensemble des ménages enquêtés (100%) ont été favorable à l'idée de payer l'eau au volume au niveau des bornes fontaines.

Cette volonté exprimée de la population témoigne de leur réel engouement par rapport à la future AEP. Sur cette base, les enquêtés ont fait des propositions de prix auxquels ils souhaitent acquérir l'eau en fonction des récipients habituellement utilisés pour l'approvisionnement en eau au niveau du centre.

Le graphique suivant donne les détails sur les propositions effectuées.



Source : Enquête terrain, CACI-C, juin 2018

Figure IV: Propositions du prix de l'eau par récipients

En considérant une marge bénéficiaire du gestionnaire et de la capacité à payer l'eau, la barrique d'eau de 200L sera vendue à 60FCFA et le bidon de 20L au prix de 10FCFA.

VI.4.Gestion de l'AEPS

Dans la gestion des systèmes d'AEPS les principaux acteurs impliqués sont l'Etat, la commune, l'opérateur privé, les Associations des Usagers de l'eau (AUE), les Usagers Auxquels nous ajouterons les assistants aux maires et les fontainiers.

- **L'Etat**

Elle aura en charge la planification des investissements dans le cadre du Programme National d'AEPA, Agrée (certifie les capacités professionnelles et techniques) les opérateurs privés capables d'assurer l'exploitation et la maintenance des AEPS/PEA. Elle assurera le suivi et contrôle la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine.

- **La Commune**

Elle assure la maîtrise d'ouvrage. Propriétaire de tous les ouvrages et équipements hydrauliques du domaine public elle devra établir un plan de développement communal afin de gérer le système d'adduction de façon durable conformément aux principes de la Réforme en s'appuyant sur un opérateur privé avec lequel elle passera un contrat.

- **L'Exploitant**

C'est elle qui exploite les ouvrages (vend l'eau, perçoit les recettes, assure à sa charge le fonctionnement et la maintenance des infrastructures) selon les termes d'un contrat qui précise la durée, les conditions d'exploitation et de maintenance ainsi que du prix de l'eau.

- **L'AUE**

Elle aura pour rôle de contrôler le service de l'eau (équité, qualité, disponibilité et accessibilité) assuré par l'opérateur privé et de rendre compte à la commune tout en défendant les intérêts communs des usagers dans le domaine de l'eau.

- **L'Usager**

Son rôle est de payer le service de l'eau tout en utilisant de manière rationnelle.

VII. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL/SECURITE

Elle intervient dans un contexte de développement durable c'est-à-dire combiné le développement du centre tout veillant sur les vertus environnementales.

Il permettra d'élaborer un mettra en lumière les conséquences environnementales et (ou les dangers) de notre projet pour en limiter, ou atténuer et ou compenser les impacts négatifs. Toutefois, des impacts les derniers restent également réels. La réalisation de notre système d'adduction passe par des travaux aussi bien en infrastructures (conduites et pièces particulières enterrées), qu'en superstructures château d'eau, BF, regards semi-enterrés). Les impacts envisageables à la mise en service de l'ouvrage pourraient être entre autres la mauvaise gestion de la question de l'environnement (assainissement du cadre de vie). Partant de ces hypothèses, l'outil de prévision des impacts adapté est la Matrice dite de Léopold. La matrice de Léopold procède par la description et l'analyse des incidences potentielles des activités du projet sur les composantes biophysiques et socio-économiques (phases de construction et d'exploitation). Les phases concernées sont : la réalisation des ouvrages et la mise en service des installations. La phase étude présente quant à elle des impacts assez négligeables en ce sens qu'il ne s'y opère pas des actions invasives notables vis-à-vis du milieu récepteur. L'évaluation des impacts de notre projet est donnée dans ce qui suit :

Phase du projet	Activités Sources d'impacts	Impact	Description de l'impact	Milieu Récepteur									
				Biophysique					Socio-économique				
				Faune	Flore	Eau	Sol	Air	Santé et Sécurité	Economie	Culture	Emploi	
REALISATION	Installation de Chantier	Déboisement	coupe d'arbres pour déguerpissement de l'emprise de la base vie et des zones de stockage	X	X		X		X				
	Travaux d'infrastructure	Déboisement et nuisances sonores	Travaux de fouilles en masse (fondation) en rigole (pose de conduites)	X	X		X		X				
	Travaux de superstructure	Déboisement et nuisances sonores	Décapage des sols et coupe d'arbres pour les emprises des BF, Château et regards hors sols	X	X		X						
	Transport des matériels / matériaux	Nuisances sonores, accidents	Poussière, ouvertures des nouvelles pistes d'accès	X	X		X	X	X				
EXPLOITATION	Transport de l'eau	Nuisances sonores, perturbation de biotopes de certaines espèces	Bruit des équipements de collecte de l'eau (tricycle, motos), nouveaux sentiers d'accès au service	X	X				X				

VIII. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le projet PUS constitue une action source de développement pour nombre de localités des régions des Sahel à travers la réalisation d'infrastructures d'AEPA. L'horizon du projet (2038) témoigne de l'ambition du gouvernement et de ses PTF à travailler à l'amélioration des conditions de vie des bénéficiaires sur de longs termes. Aussi, la diminution de l'effort fourni par les usagers dans la collecte de l'eau a été un objectif clé dans l'élaboration de ce projet. Toutefois pour certaines localités, les configurations ne permettent pas d'arriver à cette fin comme le cas de Lelly.

En effet, il s'est avéré plus opportun de réaliser des ouvrages distincts en lieu et place d'un seul système. Ainsi, l'ensemble des populations aura un accès adéquat à l'eau potable dès la mise en service de ces ouvrages concernés.

Pour une demande en eau de 111,13 m³/j à l'horizon 2038, l'AEPS de Lelly centre comportera ainsi un réseau de 11,29 km linéaires de conduites, un château d'eau de 60m3, six(6) Bornes Fontaines (2 robinets de 0.5l/s par BF) pour satisfaire l'ensemble des besoins des consommateurs. L'eau sera vendue à 215 F CFA/m³ et le système serait mieux géré sous un contrat d'affermage. Cette infrastructure permettra de détourner les usagers des PMH progressivement vers le service de l'AEPS, comme voulu par les commanditaires du projet. Elle coûtera le montant total TTC de 156 109 091 F CFA et le délai d'exécution (prévisionnel) de l'AEPS de Lelly est de 4 mois.

A terme, le présent projet nous a permis non seulement de mettre en application l'ensemble de nos acquis et compétences en sciences et techniques de l'ingénieur, mais aussi et surtout de nous froter au milieu professionnel.

Pour la survie, il appartiendra aux bénéficiaires de s'impliquer dans sa gestion en accompagnant le gestionnaire dans le suivi, le contrôle et l'entretien du réseau afin d'assurer sa pérennité.

RECOMMANDATION

Pour la mise en place du système nous allons laisser des prescriptions afin d'assurer une bonne gestion du réseau :

- Il sera demandé à l'entreprise adjudicataire du marché de mener une étude d'actualisation afin de tenir compte de toutes les variations qui se seront produites sur le site.

- Il sera demandé au bureau de contrôle chargé du suivi de s'assurer que l'entreprise réalise tous les essais afin de s'assurer que le réseau ne présentera pas risques de fuites lors de l'utilisation
- Il sera demandé à la collectivité d'assurer le contrat d'affermage avant que les travaux ne soit achever afin que les populations ne s'oppose aux différents choix du gestionnaire ;
- Mener des campagnes de sensibilisation sur la nécessité d'économiser la ressource en eau.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Rapport Socio-économique - Centre de Lelly réalisé par le BETAT-IC et G-B.T.I Septembre 2017 ;
- Rapport technique du Centre de Lelly réalisé par le BETAT-IC et G-B.T.I Octobre 2017 ;
- Dr. ZOUNGRANA, 2003.Cours 2iE d'approvisionnement en eau potable ;
- ISND, 2006. Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Burkina Faso, 2006 ;
- YONABA, 2015.Adduction d'Eau Potable : Calcul des ouvrages constitutifs des réseaux d'AEP v1.0.0 ;
- Dr KOITA, 2007.Gestion des Ouvrages de Captage ;
- Bega OUEDRAOGO, OUVRAGES CONSTITUTIFS DE SYSTEMES D'AEPADDITION - RESERVOIRS - RESEAUX DE DISTRIBUTION, Edition Novembre 2014 ;
- Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, Direction Générale des Ressources en Eau, Inventaire National des Ouvrages (INO), 2016 ;
- Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable 2016-2030.

ANNEXES

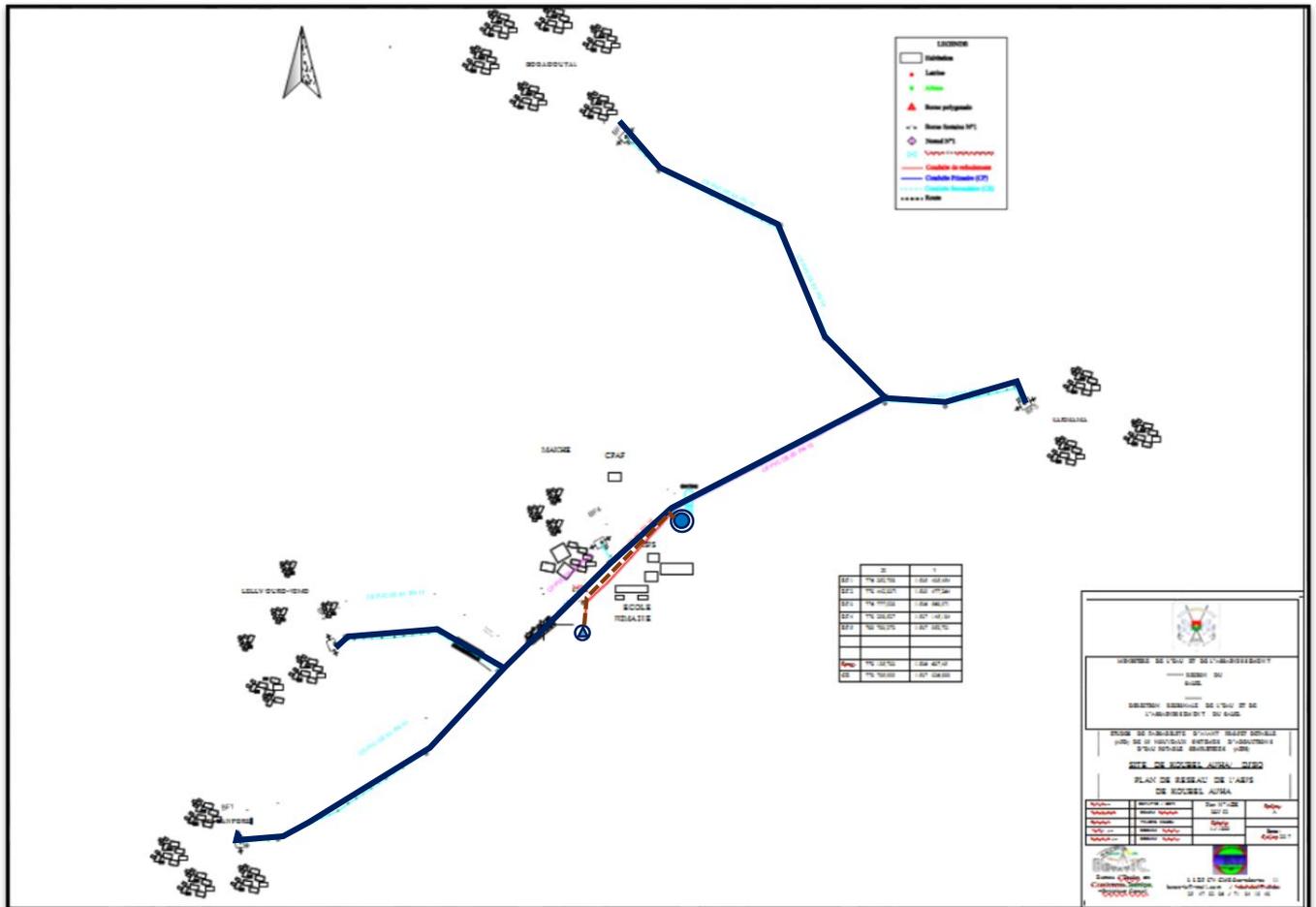
Annexe 1: Devis de l'AEP du centre de Lelly

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DES TRAVAUX DE REALISATION DE L'ADDUCTION D'EAU POTABLE SIMPLIFIEE (AEPS) DE LELLY					
N°	DESIGNATION	UNITE	QUAN-TITE	PRIX UNITAIRE (F CFA)	MONTANT TOTAL (F CFA)
I INSTALLATION DE CHANTIER - FRAIS GENERAUX					
I.1	Installation et repli de chantier	FF	1	2 000 000	2 000 000
I.2	Etudes techniques d'exécution (plans d'exécution des ouvrages)	FF	1	500 000	500 000
I.3	Etablissement de plans de recollement des ouvrages exécutés	FF	1	500 000	500 000
SOUS TOTAL I					3 000 000
II FORUNTURE ET POSE DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION					
II.1	Exécution du forage y compris développement, pompage longue durée, analyse, y compris toutes sujétions	FF	1	6 000 000	6 000 000
II.2	Construction de la tête de forage	FF	1	400 000	400 000
II.3 Conduite de refoulement					
II.3.1	Fourniture et pose de conduite de refoulement DN 110 PN 10, y compris fouille pour tout type de terrain, fourniture et pose de lit de sable, grillage avertisseur bleu, pièces spéciales en PVC, remblai et toutes sujétions	ML	886,78	3 000	2 660 340
II.4 Station de pompage					
II.4.1	Fourniture et pose d'une électropompe immergée triphasée Q = 14,5 m ³ /h, HMT= 79,48 m, y compris essais de marche et câble de sécurité en acier inoxydable et Fourniture, pose et raccordement d'équipements hydromécaniques (ventouse, coudes, raccords union M/F, bride ronde fileté, compteur, clapet AR, manomètre, pressostat, filtre, vanne, robinet de prise, ...) sur la tête de forage y compris butée et support.	U	1	4 650 000	4 650 000
SOUS TOTAL II					13 710 340
III CONSTRUCTION ET EQUIPEMENT DE CHÂTEAU D'EAU					
III.1	Aménagement de terrain, fourniture et pose de grillage de clôture, suivant plans.	FF	1	800 000	800 000
III.2	Etudes géotechniques pour fondation du château d'eau	FF	1	1 000 000	1 000 000
III.3	Fourniture et pose d'un château métallique de 00 m ³ , hauteur sous radier : 6 m, y compris différentes colonnes (alimentation,	U	1	18 000 000	18 000 000

	distribution, vidange et trop plein, ...), système de by-pass et échelle dont les deux mètres les plus bas amovibles, suivant plans.				
III.4	Construction d'un regard pour by-pass	FF	1	300 000	300 000
III.5	Raccordement aux réseaux de distribution et d'adduction en PVC par des pièces spéciales en fonte	FF	1	250 000	250 000
III.6	Fourniture et pose d'un système de chloration (diffuse pastilles aux dérivés chlorés)	FF	1	150 000	150 000
III.7	Fourniture et pose de matériel de comptage et divers	FF	1	150 000	150 000
SOUS TOTAL III					20 650 000
IV	FOURNITURE ET POSE DES EQUIPEMENTS DE DISTRIBUTION				
IV.1	Fourniture et pose de conduite y compris fouille pour tout type de terrain, fourniture et pose de lit de sable, grillage avertisseur bleu, pièces spéciales en PVC, remblai et toutes sujétions				
IV.1.2	- Conduite PVC DE 90 PN 6	ML	3 102,56	4 000	12 410 240
IV.1.4	- Conduite PVC DE 63 PN 6	ML	7 294,42	3 000	21 883 260
IV.1.5	Aménagements spéciaux sur 10 ml pour franchissement de ravines peu profondes par les conduites : Fourniture et pose de fourreau PEHD, Mise en œuvre d'une couche de béton de protection suivant plans d'exécution.	U	10	PM	
IV.2	Accessoires sur réseau : robinets vannes, ventouses et vidanges y compris pièces spéciales de raccordement au PVC				
IV.2.1	Robinet vanne DN 140, y compris accessoires	U	5	150 000	750 000
IV.2.2	Robinet vanne DN 90, y compris accessoires	U	1	100 000	100 000
IV.2.3	Robinet vanne DN 75, y compris accessoires	U	1	75 000	75 000
IV.2.4	Robinet vanne DN 63, y compris accessoires	U	6	70 000	420 000
IV.2.5	Fourniture et pose de ventouse sur PVC 140 y compris accessoires (raccord...) et exécution des regards	U	1	1 200 000	1 200 000
SOUS TOTAL IV					36 838 500
V	OUVRAGES ANNEXES ET PRESTATIONS DIVERSES				
V.1	Aménagement de terrain, construction d'un mur de clôture (35*35) des locaux d'exploitation, suivant plans	U	1	2 000 000	2 000 000
V.2	Construction du bâtiment bureau/Magasin + local gardien, suivant plans	U	1	2 500 000	2 500 000
V.3	Construction des locaux équipements solaires suivant plans	U	1	3 000 000	3 000 000

V.4	Construction d'un complexe latrine/douche conformément aux plans	U	1	1 750 000	1 750 000
V.5	Construction et branchement de bornes fontaines à 3 robinets, fourniture et pose de hangar y compris l'ensemble de la tuyauterie, pièces de raccords, compteur, vanne et robinetterie, massif en béton, puits perdu (cf. plan), prise en charge sur la conduite de distribution et toutes sujétions.	U	6	550 000	3 300 000
V.6	Exécution et pose de borne de repérage pour les canalisations du réseau (distribution et refoulement).	U	42	10 000	420 000
SOUS TOTAL V					12 970 000
VI	EQUIPEMENT ELECTROMECHANIQUE ET SOURCE D'ENERGIE				
VI.1	SOURCE D'ALIMENTATION				
VI.1.1	Générateur PV				
VI.1.1.1	Structure pour générateur solaire PV conforme au descriptif et toutes sujétions	Ens	1	1 000 000	1 000 000
VI.1.1.2	Module Solaire 260WC/24V	U	60	175 000	10 500 000
VI.1.1.3	Régulateur de tension 45A /48V	U	6	100 000	600 000
VI.1.1.4	Liaison Générateur PV-Boite de connexion (par câble U1000RO2V 2X6 mm2 minimum) conformément au descriptif et toutes sujétions	Ens	1	300 000	300 000
VI.1.1.5	Boite de connexion conforme au descriptif et toutes sujétions	Ens	1	500 000	500 000
VI.1.1.6	Liaisons Boites de connexions - Onduleur (par câble U1000RO2V 2X16 mm2 minimum) conformément au descriptif et toutes sujétions	Ens	1	900 000	900 000
VI.1.1.7	Batterie étanches 12V-200Ah -C10 + accessoires de pose et de raccordement	U	18	300 000	5 400 000
VI.1.1.8	Ensemble de Convertisseur Puissance de 20000VA-48V/400V Triphasé	Ens	1	15 000 000	15 000 000
VI.1.1.9	Mise à la terre des Structure métalliques R<2 ohms et équipotentialité des masses	Ens	1	500 000	500 000
VI.1.1.10	Toutes sujétions et oublis à spécifier	FF	1	1 000 000	1 000 000
VI.1.1.11	Accessoires de pose	FF	1	500 000	500 000
Sous total VI.1					36 200 000
VI.2	EQUIPEMENT ELECTROMECHANIQUE				
VI.2.1	Fourniture, pose et raccordement d'un Coffret de commande et de protection conforme au descriptif et toutes sujétions	Ens	1	2 500 000	2 500 000
VI.2.2	Fourniture, pose et raccordement d'un coffret étanche équipé de bornes de jonction pour le raccordement des câbles dans l'abri de la tête	U	1	350 000	350 000

	de forage, y compris toute sujétion				
VI.2.3	Liaison Coffret de commande - Boite de Raccordement posée dans l'abri tête de forage par câble électrique U1000 R02V de 4x6mm ² enterré sous PVC et signalé par grillage avertisseur y comprise toute sujétion	ml	35	4 000	140 000
VI.2.4	Liaison Coffret de Protection et boîte de raccordement dans l'abri tête de forage par câble U1000 R02V de 5x2, 5mm ² y compris toutes sujétions pour l'asservissement de l'électropompe	ml	35	3 000	105 000
VI.2.5	Liaison Pressostat-Boite de raccordement dans l'abri tête de forage par câble U1000 R02V de 3x1, 5mm ² pour l'asservissement suppression de l'électropompe y comprise toute sujétion	ml	5	1 500	7 500
VI.2.6	Câble électrique à immersion permanente de 4x6mm ² pour l'alimentation de l'électropompe à partir de la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toute sujétion	ml	45	4 500	202 500
VI.2.7	Câbles d'électrodes de niveau à immersion permanente de 1x1, 5mm ² pour raccordement des électrodes dans le forage à la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage y comprise toute sujétion	ml	150	2 500	375 000
VI.2.8	Fourniture, pose et raccordement de sonde de détection de niveau	U	3	30 000	90 000
VI.2.9	filerie, foureautage et toutes sujétions pour la réalisation de l'installation électrique des locaux techniques	Ens	1	75 000	75 000
VI.2.10	Réglette étanche 1x36W	U	2	15 000	30 000
VI.2.11	Réglette standard de 36 W	U	4	10 000	40 000
VI.2.12	Interrupteur SA étanche	U	2	2 500	5 000
VI.2.13	Interrupteur DA étanche	U	2	3 500	7 000
Sous total VI.2					3 927 000
SOUS TOTAL VI					40 127 000
VII FORMATION & SUIVI					
VII.1	Formation des responsables d'exploitation et leur suivi pendant la période de garantie (cf. CCTP)	FF	1	5 000 000	5 000 000
SOUS TOTAL VII					5 000 000
TOTAL HT - HD					132 295 840
TOTAL TAXES (18%)					23 813 251
TOTAL GENERAL TTC					156 109 091

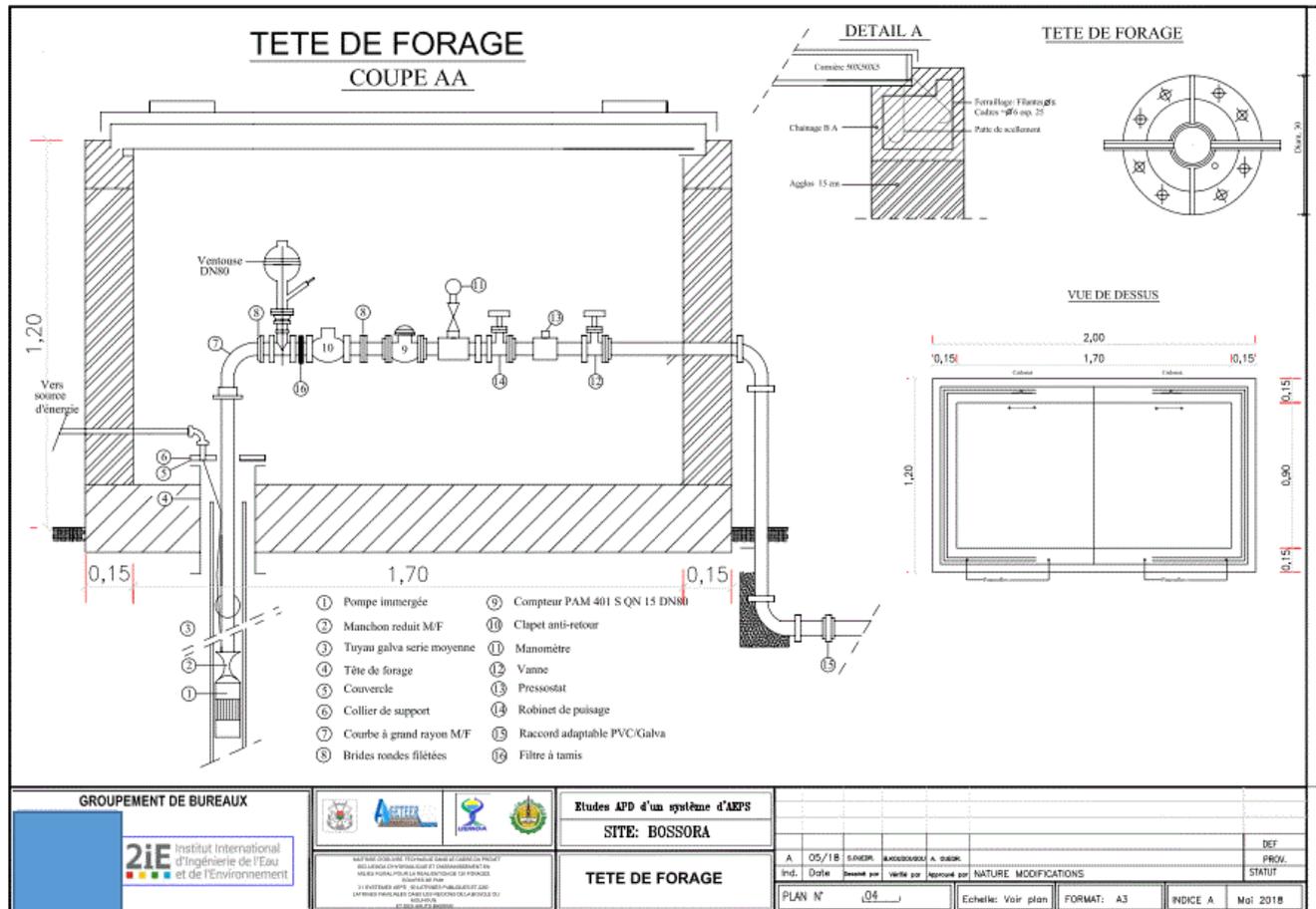


Annexe 2 : Vue en plan du réseau

Annexe 3: Pièces graphique et techniques

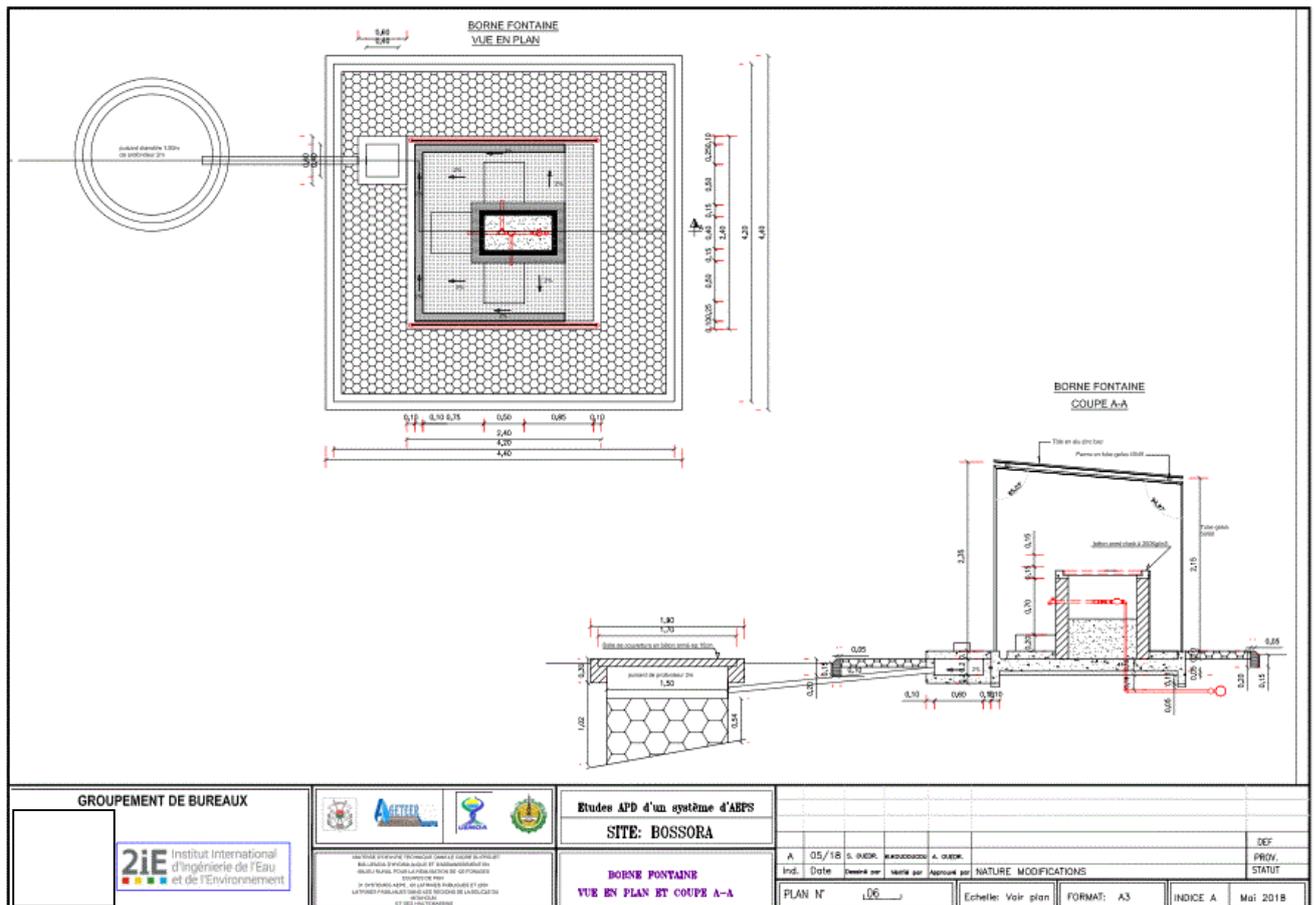
Elles comprennent :

- Tête de forage
- Clôture panneaux solaires
- Château d'eau métallique
- Regard au pied du château
- Regard vanne et vidange
- Regard ventouse
- Disposition de mise en œuvre
- Borne fontaine
- Local technique
- Local bureau + magasin
- Latrines VIP à une poste
- Branchement type
- Carnet de nœud.

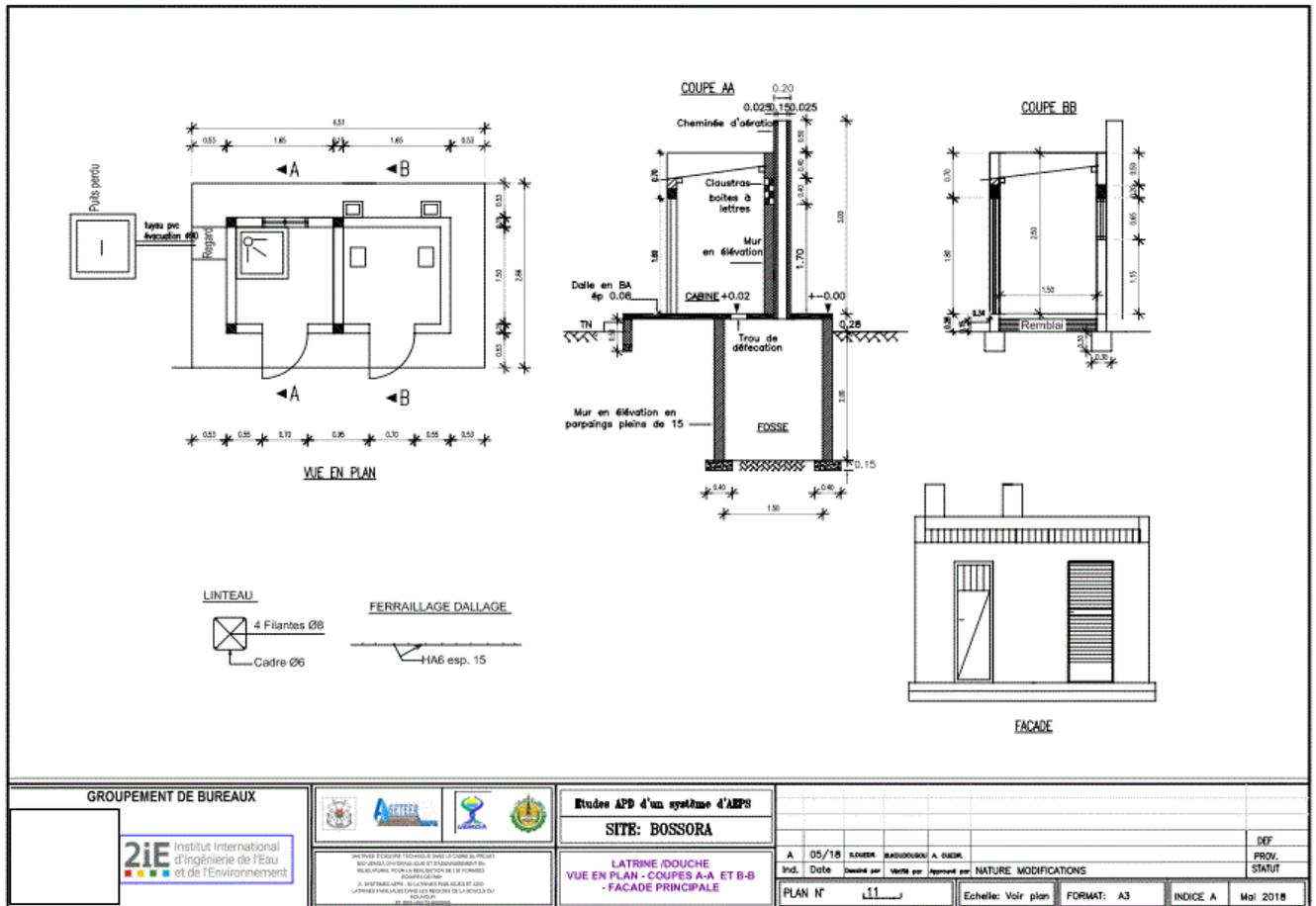


GROUPEMENT DE BUREAUX 2iE Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement		Etudes APD d'un système d'AEPS SITE: BOSSORA							
		TETE DE FORAGE							
<small> MAIRIE COMMUNE TECHNICAL DEPARTEMENTAL DE BOSSORA REGIONAL DE BOSSORA 31 BOUTRAT APPEL... </small>		<small> MAIRIE COMMUNE TECHNICAL DEPARTEMENTAL DE BOSSORA REGIONAL DE BOSSORA 31 BOUTRAT APPEL... </small>		<small> A 05/18 S/INEM </small>	<small> APPROUVE </small>	<small> A. OUBI </small>	<small> DEF </small>		
		<small> Ind. Date Dessiné par Vérifié par Approuvé par NATURE MODIFICATIONS </small>		<small> PLAN N° 04 </small>		<small> Echelle: Voir plan </small>	<small> FORMAT: A3 </small>	<small> INDICE A </small>	<small> Mai 2018 </small>

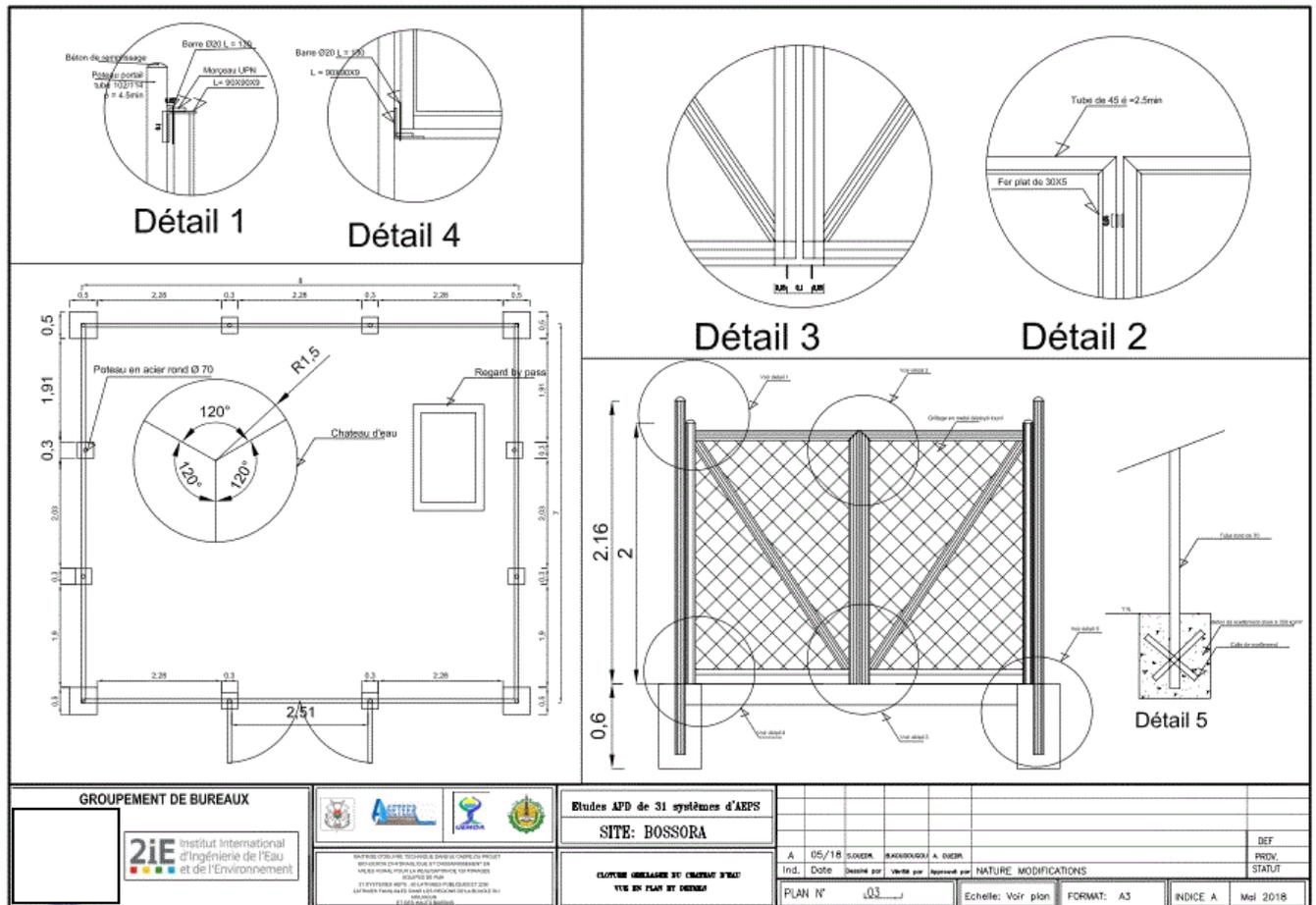
Plan type des bornes fontaine



Plans des latrines / douches



Plan de la clôture grillagée du château d'eau



Noeud 1		Quantités	Dénomination/Références
		1	① PVC DN110
		1	② TE DN110
		1	③ Robinet vanne à bride DN100
		1	④ Robinet vanne à bride DN100
		1	⑤ PVC DN110
		1	⑥ PVC DN110

Noeud 3		Quantités	Dénomination/Références
		1	① PVC DN75
		1	② Robinet vanne à bride DN70
		1	③ Réducteur DN75
		1	④ TE DN110
		1	⑤ Robinet vanne à bride DN100
		1	⑥ PVC DN110
		1	⑦ PVC DN110

Noeud 5		Quantités	Dénomination/Références
		1	① PVC DN63
		1	② Robinet vanne à bride DN60
		1	③ TE DN90
		1	④ PVC DN90
		1	⑤ Réducteur DN60
		1	⑥ Robinet vanne à bride DN60
		1	⑦ PVC DN63

Noeud 4		Quantités	Dénomination/Références
		1	① PVC DN110
		1	② TE DN90
		1	③ Robinet vanne à bride DN60
		1	④ PVC DN63
		1	⑤ PVC DN63
		1	⑥ PVC DN90
		1	⑦ TE DN90

Noeud 3		Quantités	Dénomination/Références
	1	① PVC DN110	
	1	② Robinet vanne à bride DN80	
	1	③ Réducteur DN80	
	1	④ TE DN110	
	1	⑤ Réducteur DN80	
	1	⑥ Robinet vanne à bride DN170	
	1	⑦ PVC DN75	
	1	⑧ PVC DN90	