



**ETUDES D'AVANT PROJET DETAILLE
POUR LA REALISATION D'UNE AEPS A BOSSORA DANS LA
COMMUNE DE SATIRI (PROVINCE DU HOUET AU BURKINA FASO)**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
SPECIALITE : INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES**

Présenté et soutenu publiquement le 30 juin 2018 par :

Souleymane OUEDRAOGO

Travaux dirigés par :

M. YONABA Roland

Assistant de l'Enseignement et de la Recherche en hydraulique, 2iE

Et

M. TRAORE Lassana

Ingénieur hydrogéologue, AC3E Ingénieurs Conseils

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr. Angelbert Chabi BIAOU**

Président : **M. Roland YONABA**

Membres et correcteurs :

Dr. Mounirou LAWANI

M. Moussa Diagne FAYE

Promotion 2017-2018



DEDICACES

*Je dédie ce mémoire à toute ma famille,
et particulièrement à ma très chère mère.*

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

REMERCIEMENTS

Ce travail qui constitue notre mémoire, s'est effectué au bureau d'études AC3E. Il est a été possible grâce à un accompagnement et une bonne collaboration de toute l'équipe du cabinet, malgré les occupations pressantes des uns et des autres. Ainsi, nous voudrions leur témoigner toute notre reconnaissance et nos remerciements.

Nous tenons à remercier en particulier :

M. OUEDRAOGO Adama, Ingénieur du Génie Rural, Directeur de l'Agence Conseils pour L'Equipement, l'Eau et l'Environnement (AC3E), qui a bien voulu nous a accepté, en qualité de stagiaire au sein de sa structure ;

M. BELEM Zakariaya, Ingénieur du Génie Rural, Directeur Technique de AC3E pour ses conseils précieux ;

M. TRAORE Lassana, Ingénieur Hydrogéologue, Consultant à AC3E dans le cadre du Projet BID-EUMOA et notre Encadreur, pour l'assistance et les conseils tout le long de l'élaboration de notre mémoire.

M. KOUDOUGOU. Barnabé, Ingénieur du Génie rural, pour son apport inestimable à notre travail et tous conseils reçus.

Nous remercions Dr NACOULMA Ousmane, Directeur Général de CAEM-Ingénierie qui a bien voulu nous recommander à AC3E ;

Par ailleurs, 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. YONABA Roland, Assistant d'enseignement et de recherche, notre Directeur de mémoire qui nous a encadrés tout au long de cette étude ; pour sa disponibilité malgré ses responsabilités et ses occupations d'alors, et surtout pour l'enseignement reçu ;

Dr MOUNIROU Adjadi, Enseignant chercheur au 2iE, pour son soutien inestimable ;

tout le corps professoral, l'administration du 2iE et tous les condisciples de la promotion Master2 IRH 2017-2018 (Promotion Pr. KOANDA Mady) ;

tous nos camarades stagiaires qui, à travers des échanges et la fraternelle collaboration, nous ont permis de passer un stage fait d'expériences inoubliables.

RESUME

Bossora est un village de Satiri dans le Houet (région des Hauts-Bassins au Burkina Faso). Il bénéficie dans le cadre du « **Projet BID UEMOA d'Hydraulique et d'Assainissement en milieu rural dans les régions de la Boucle du Mouhoun et des Hauts Bassins** », 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 les « **études d'APD pour la réalisation d'une AEPS à Bossora dans la commune de Satiri (Province du Houet au Burkina Faso)** ». La ressource est un forage de 39 m³/h, le débit de dimensionnement est 20 m³/h pour satisfaire 150,94 m³/jour. Le total des linéaires de conduites est de 11,885 Km. Un château d'eau de 80 m³ est alimenté par pompage solaire avec le thermique en appoint. Les points de desserte sont exclusivement des BF (08), équipés chacune de deux (02) robinets de 0,5 l/s. Le coût total de cette nouvelle option est estimé à **363 091 745 F CFA TTC** dont **198 091 745 F CFA** pour la seule AEPS. L'eau sera vendue à **362,96 CFA/m³** par la gestion déléguée au regard du manque de compétences locales des bénéficiaires dans la gestion et de l'opportunité de la présence d'un fermier dans la commune. 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 : AEPS, Affermage, Bornes fontaines, Bossora, Pompage solaire.

ABSTRACT

Bossora is a village of Satiri in the Houet (Hauts-Bassins region in Burkina Faso). As part of the "UEMOA BID Project for Hydraulics and Sanitation in Rural Areas in the Boucle du Mouhoun and the Hauts-Bassins", 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 Bossora in the commune of Satiri (Province of Houet in Burkina Faso)". The resource is a borehole of 39 m³ / h, the sizing flow is 20 m³ / h to satisfy 150.94 m³ / day. The total of the pipelines is 11,885 Km. Solar pumping with the thermal supplement provides water to a 80 m³ water tower. The service points are exclusively BF (08), each equipped with two (02) valves of 0.5 l / s. The total cost of this new option is estimated at **363 091 745 F CFA** including TTC **198 091 745 F CFA** for the AEPS only. The water will be sold at 362.96 CFA / m³ by the delegated management in view of the lack of local skills of the beneficiaries in the management and the opportunity of the presence of a farmer in the municipality. 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:

Bossora, Drinking water supply system, Leasing, Solar pumping, Water tower.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

2iE	Institut International de l'Eau et l'Environnement
AC3E	Agence de Conseils Eau, Equipement et Environnement
ADAE	Association pour le Développement des Adductions d'Eau potable
AEPS/MV	Approvisionnement en Eau Potable Simplifié multi village
AGETEER	Agence d'Exécution Eau et Equipement Rural
BD-INO	Base de Données de l'Inventaire National des Ouvrages
BF	Borne Fontaine
CASEM	Conseil d'Admiration du Secteur Ministériel
CSPS	Centre de Santé et de Promotion Sociale
DN	Diamètre Nominal
GPS	Global Positioning System
HMT	Hauteur Manométrique Totale
ISO	International Standard Organisation
MEA	Ministère de l'Eau et de l'Assainissement
MEA	Ministère de l'Eau et de l'Assainissement
ODD	Objectifs du Développement Durable
OMD	Objectifs du Millénaire pour le Développement
ONEA	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PEA	Poste d'Eau Autonome
PEA	Poste d'Eau Autonome
PEHD	Polyéthylène Haute Densité
PN	Pression Nominale
PN 6-10-16	Pression Nominale 6 bars, 10 bars, 16 bars
PN-AEP	Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable
PV	Photovoltaïque
PVC	PolyVinylChloride
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SONABEL	Société Nationale Burkinabé d'Electricité

SOMMAIRE

Dédicaces	I
Remerciements	II
Résumé	III
Abstract	IV
Liste des sigles et abréviations	V
Sommaire	VI
Liste des tableaux	VIII
Liste des figures	IX
Avant-propos	X
I. Introduction.....	1
II. Problématique et objectifs d'étude	2
III. Présentation de la zone d'étude	4
III.1. Localisation de la zone d'étude	4
III.2. Présentation du cadre physique	6
III.3. Présentation du cadre humain.....	6
III.4. Présentation des caractéristiques socio-économiques	7
III.5. Situation de l'approvisionnement en eau potable.....	7
IV. Analyse critique de l'option aeps/mv.....	9
IV.1. Hypothèses de calcul	9
IV.2. Résultats	10
IV.3. Note de synthèse sur la pertinence de l'AEPS/MV.....	12
V. Matériel et méthodes	13
V.1. Méthodologie de travail.....	13
V.2. Hypothèses de calcul	15
V.3. Matériel utilisé	21
VI. Estimation de la demande à l'horizon 2040.....	22
VI.1. Evolution du nombre de consommateurs	22
VI.2. Estimation des besoins en eau	23
VI.3. Capacité de la ressource	24
VII. Calcul des ouvrages constitutifs du système	26
VII.1. Dimensionnement du château d'eau	26
VII.2. Dimensionnement du réseau de refoulement	28
VII.3. Station de pompage.....	31

VII.4. Dimensionnement du réseau de distribution.....	37
VII.5. Dimensionnement des ouvrages annexes.....	42
VII.6. Traitement de l'eau	43
VIII. Analyse financière.....	44
VIII.1. Coût des infrastructures et équipements du projet.....	44
VIII.2. Etude comparative des coûts AEPS/MV et Ouvrages autonomes.....	45
VIII.3. Prix du mètre cube d'eau	46
VIII.4. Mode de gestion des ouvrages	48
Conclusion et recommandations	49
Références bibliographiques	i
Annexes	ii

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Répartition des populations dans les localités de Bossora en 2006	4
Tableau 2: Etat des lieux des ouvrages existants	8
Tableau 3 : Hypothèses de calcul l'option AEPS/MV.....	9
Tableau 4 : Résultats de dimensionnement de l'AEPS/MV	10
Tableau 5 : DN, PN et linéaires des conduites de l'option AEPS/MV.....	11
Tableau 6 : Récapitulatif du devis estimatif des travaux de l'AEPS/MV.....	11
Tableau 7 : Valeurs recommandées et adoptées de Cps et Cpj	16
Tableau 8 : Valeurs indicatives de Cph.....	16
Tableau 9 : Evolution des consommations spécifiques en milieu rural au Burkina	19
Tableau 10 : coupe technique du forage de Bossora.....	20
Tableau 11 : Récapitulatif du matériel et logiciels utilisés	21
Tableau 12 : Evolution des consommateurs (domestiques) de Bossora	22
Tableau 13 : Evaluation des besoins/demandes à l'horizon 2040	24
Tableau 14 : Evolution du nombre de forage et temps réel de pompage	25
Tableau 15 : valeurs usuelles forfaitaires de capacités de réservoir	26
Tableau 16 : Caractéristiques géométriques du château d'eau	27
Tableau 17 : Paramètres de calcul de la conduite de refoulement	28
Tableau 18 : Résultats de calcul de la conduite de refoulement	29
Tableau 19 : Résultats de vérification du coup de bélier	30
Tableau 20 : Caractéristiques techniques de la pompe solaire	31
Tableau 21 : Détermination du point de fonctionnement.....	34
Tableau 22 : Détails des débits distribués	38
Tableau 23 : Détails des diamètres de distribution théoriques et commerciaux	39
Tableau 24 : Résultats de calcul des vitesses et des pressions	40
Tableau 25 : Récapitulatif des diamètres de distribution	40
Tableau 26 : Récapitulatif du devis estimatif des installations	44
Tableau 27 : Bilan et comparaison des coûts	45
Tableau 28 : Amortissements des équipements	47

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation du village de Bossora	5
Figure 2 : Image et dimensions de la pompe solaire SP30-12	32
Figure 3 : Point de fonctionnement de la Pompe GRUNDFOS SP30-12.....	34
Figure 4: Images des modules PV 250Wc 24V	36
Figure 5: Vue aérienne du réseau de Bossora	41
Figure 6 : schéma de pose des conduites.....	43

AVANT-PROPOS

La présente étude a été effectuée au sein de l'Agence Conseils pour l'Equipement, l'Eau et l'Environnement (AC3E). Il s'agit d'un cabinet d'études en ingénierie créé en 1996 et domicilié à Ouagadougou au Burkina Faso. AC3E couvre les prestations de service telles que les études, la formation et l'assistance aux maîtres d'ouvrages. Le cabinet intervient dans plusieurs domaines dont : l'Approvisionnement en Eau Potable et l'Assainissement (AEPA), le génie civil et les aménagements hydro-agricoles.

En effet le Burkina Faso a obtenu de ses partenaires (BID et UEMOA), un don pour financer les activités du secteur de l'Eau potable et de l'Assainissement. Il est prévu qu'une partie des sommes accordées soit utilisée pour effectuer les paiements prévus au titre de travaux de réalisation de système de distribution d'eau potable. C'est dans ce cadre que l'AGETEER, en qualité de maître d'ouvrage délégué a recruté le groupement de bureaux d'études AC3E/BREESS en tant que Maitre d'œuvre technique des études techniques dudit projet.

Les études, objet du marché s'exécutent en un lot unique et concernent toutes les infrastructures du projet : AEP et Assainissement : 31 AEPS (dont celle de Bossora), 120 forages équipés de PMH, 60 latrines publiques et 2250 latrines familiales.

En plus des études techniques, le cabinet AC3E assure le suivi contrôle des travaux du présent projet, d'où une mission d'assistance technique.

L'ensemble des prestations du groupement s'élèvent à 323 507 480 F CFA TTC pour un délai d'exécution de 20 mois.

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 fort 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 BID et l'UEMOA exécute le « **Projet BID-UEMOA d'hydraulique et d'assainissement dans les Régions des Hauts-Bassins et de la Boucle du Mouhoun** », dont Bossora est l'une des localités bénéficiaires.

Le village de Bossora dans la commune de Satiri, a un taux d'accès à l'eau potable de 24,57%. 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 le Cabinet AC3E qui en a la charge. C'est dans ce cadre que nous avons travaillé au sein de ce bureau d'études 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 « **Etudes d'APD pour la réalisation d'une AEPS à Bossora dans la commune de Satiri** ».

Notre démarche consistera, après la présentation du site, à faire : un état des lieux de l'approvisionnement en eau potable de Bossora, une évaluation des besoins et demandes en eau à l'horizon du projet (2040), 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. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS D'ETUDE

Bossora est la quatrième localité la plus importante de la commune de Satiri. Le village comporte Bossora (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 neuf (09) selon l'Inventaire National des Ouvrages hydrauliques (INO2017), publié en mars 2018. Ces points d'eau assurent l'accès à 23,98% de la population.

Des études de faisabilité avaient été menées portant d'une AEPS multi-village pour desservir Bossora et tous ses hameaux de culture. Après restitution de cette étude, il a été jugé plus judicieux de réaliser seulement une AEPS à Bossora et prévoir des ouvrages dans ses hameaux en fonction de la taille de leur population. Pour le même horizon de 2040 et une population à cette date, de 11 000 habitants, on a abouti à un système qui comporterait théoriquement plus de 23 BF, 40km de conduites dont 12 km de refoulement et un coût global de **640 798 605 F CFA TTC**.

Bien que l'esprit du projet tel que voulu par les investisseurs était d'assurer aux populations, le moindre effort possible dans collecte de l'eau (tourner les utilisateurs des PMH vers les BF), la plupart des hameaux n'atteindraient 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 (Satiri, Balla et Dorossiamasso), et surtout de la taille des investissements à mobiliser, la cellule du projet a opté pour une nouvelle variante, une AEPS à Bossora, dont l'étude technique fait l'objet de notre travail. Par conséquent, seules les populations de Bossora centre, et de Mankouna (important hameau situé à environ 5km) seront concernées par l'AEPS soit **une population de 6525 en 2040**.

Ce site du projet ainsi redéfini, le taux de desserte des PMH est par conséquent 9,91%. En effet, seulement deux (02) forages communautaires sont "en toute rigueur" fonctionnels sur les trois (03) existants. Ce qui donne 600 sur 6525, en faisant l'hypothèse qu'il ne sera pas réalisé de nouvelles PMH jusqu'en 2040. La contribution au prélèvement de l'eau au niveau PMH se fait par cotisation des ménages et le taux de recouvrement est très bas, de l'ordre de 10%. Le taux

de fonctionnalité de 66.67% est seulement le rapport 2 sur 3 forages. Il ne serait donc pas profitable de réaliser vingt (02) forages supplémentaires pour atteindre 100% d'accès.

La nouvelle AEPS assurera une desserte de 91,81% soit 5925 personnes en 2040.

Telle est la problématique, l'objet de notre étude pour laquelle nous nous sommes assigné un certain nombre d'objectifs.

Ainsi, bien que l'horizon du projet soit pris pour 2040, 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 Bossora, déjà à l'horizon 2030, à travers un service de qualité.

Spécifiquement, il s'agira :

- de ressortir la situation actuelle de l'approvisionnement en eau potable de la localité de Bossora et hameaux de culture ;
- de proposer des technologies d'AEP adaptées pour tous ses hameaux de cultures, en fonction de la taille des populations ;
- de concevoir un système simplifié d'AEP pour Bossora centre ;
- de prévoir un mode de gestion de ses infrastructures et services ;
- d'évaluer les différents coûts nécessaires à la réalisation du projet ;
- de comparer les coûts de chacune des deux (02) conceptions à savoir l'AEPS/MV et systèmes indépendants.

À l'issue de la présente étude, les attentes suivantes devront être satisfaites :

- un état des lieux exhaustif sur la situation de l'approvisionnement en eau potable à Bossora et ses hameaux de culture est dressé ;
- des technologies appropriées à chaque hameau sont proposées ;
- une étude technique de l'AEPS de Bossora centre est réalisée, en ressortant toutes ses composantes et tous les résultats des dimensionnements ;
- un mode de gestion des infrastructures et services est proposé ;
- l'ensemble des coûts de réalisation du projet est connu ;
- une analyse comparative des projets initial et actualisé est faite.

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

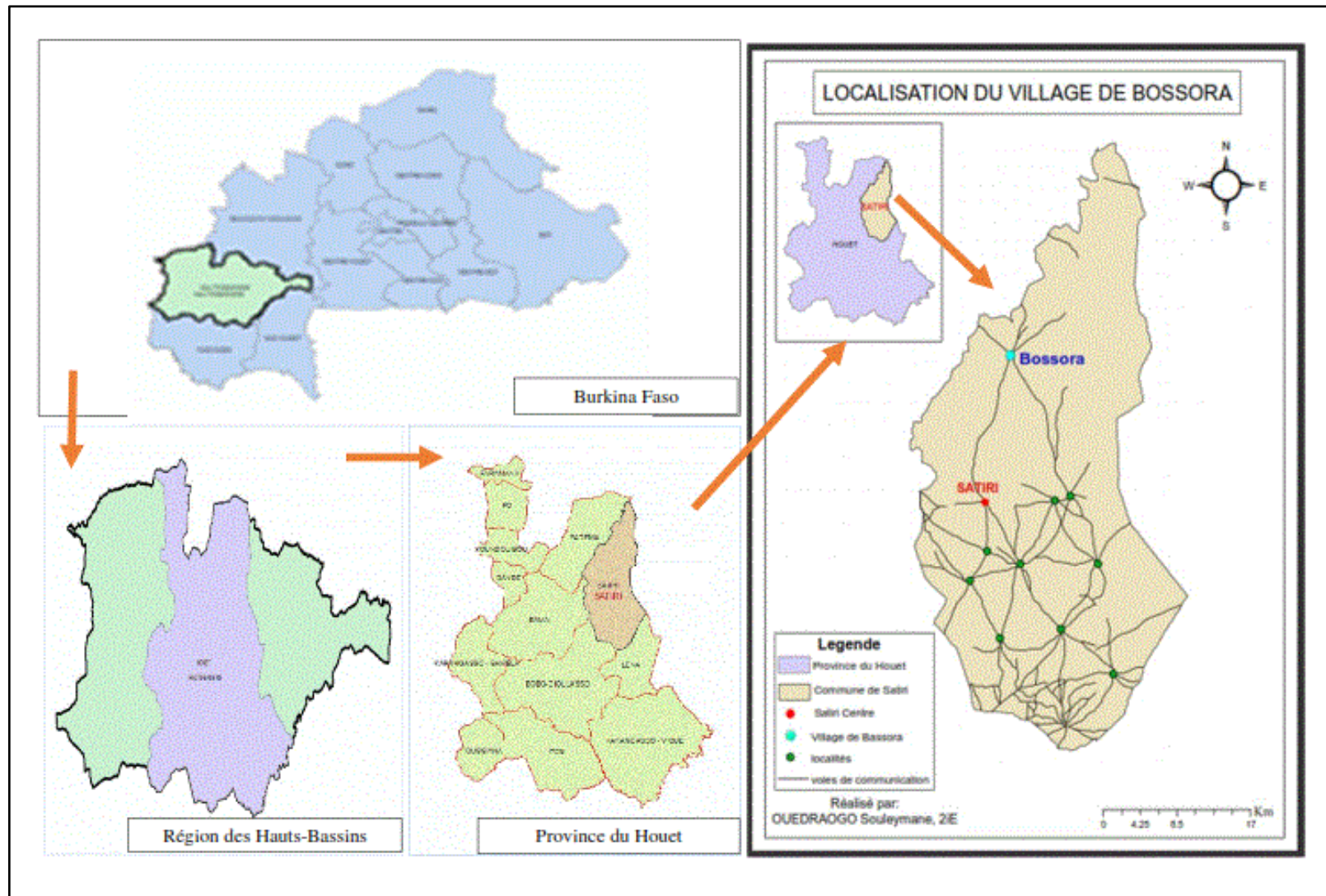
III.1. Localisation de la zone d'étude

Bossora est le troisième plus gros village de la commune rurale de Satiri après Balla et Dorossiamasso, dans la province du Houet, Région des Hauts-Bassins. Il est accessible de Bobo-Dioulasso par la RN10 sur 44 km jusqu'au Chef-lieu de la commune (Satiri); ensuite une piste rurale difficilement praticable y mène sur 35km. Le tableau 1 comporte les populations et la localisation de Bossora ainsi que ses hameaux de culture.

Tableau 1: Répartition des populations dans les localités de Bossora en 2006

Localités de Bossora	Population en 2006	Distance de Bossora (km)	Coordonnées	
			X	Y
Bossora	2135	0	381367.951	1294733.730
Mankouna	650	5	382381.970	1289803.837
Pékrou	503	11	390991.911	1292785.561
Sansing	399	5	385961.972	1291205.862
Sagninasso	399	8	390809.766	1300028.020
Botogo	160	10	11°38'16.944"	4°06'19.980"
Batiesso	144	10	384971.084	1288675.711
Camp Bozo	80	9	377270.675	1297637.606
Ouaryagma	80	10	11°39'30.30"	4°0'47.18"
Camp Peulh	76	11	11°45'35.42"	4°3'01.764"
Manhouna	71	8	11°39'30.564"	4°3'13.50"
Population totale	4696 habitants			

(INSD2006 ; enquêtes-terrain 2015)



III.2. Présentation du cadre physique

Le climat est du type soudanien caractérisé par une pluviométrie qui peut atteindre 1 000 mm/an et une saison pluvieuse qui dure de juin à octobre. Cependant la pluviométrie reste irrégulière d'une année à l'autre et le nombre de jours de pluies varient entre 60 et 80 jours/an de l'année 2003 à 2012 (ZAT Satiri, mai 2013). Les températures minimales vont de 15 à 20° C de décembre à janvier tandis que les maximales vont de 30 à 37°C.

Le relief du village de Bossora à l'instar de l'ensemble du territoire communal est un vaste plateau dont l'altitude moyenne est de 320 m. Ce plateau est surplombé par de petites collines d'une altitude moyenne de 400m. On rencontre une vaste plaine qui fait partie de la vallée du Mouhoun. Une telle topographie a pour conséquence la soumission des terres agricoles à une activité intense de l'érosion hydrique et l'existence des bas-fonds aménageables. Quant aux sols, les principaux types sont : Les sols gravillonnaires, les sols argilo-sableux, les sols limono-argileux à argilo-limoneux, les sols sableux (PCD-AEPA de la commune de Satiri, 2013).

Le réseau hydrographique est assez dense ; le plus important cours d'eau du pays (le Mouhoun), traverse Bossora. Un lac naturel important dans la réserve de la mare aux hippopotames, alimente le Mouhoun.

Les types de végétation rencontrés dans la zone d'étude sont: la savane arborée (*Butyrospermum parkii*, *Vitellaria paradoxa*, *Sclerocaria birrea*, *Anogeissus leicarpus* et *Terminalia sp.*), la savane boisée (*Mitragyna inermis*, *Terminalia macroptera* et *Piliostigma reticulatum*) et la savane arbustive. La végétation des habitations se compose généralement de *Mangifera indica* (manguier), *Azadiracta indica* (Nimier) et *Eucalyptus camaldulensis* (Eucalyptus).

III.3. Présentation du cadre humain

La population de Bossora, d'après le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH 2006), comptait 4694 habitants dont 51,75% de femmes. Elle est majoritairement constituée de bobos qui sont des autochtones et résident à Bossora centre. Ensuite viennent les autres ethnies issues de l'immigration et regroupées en campements : Bozos (pêcheurs), les Dioulas les Peulhs et les Mossé. De ce fait, toutes les langues de ces ethnies sont parlées dans le village, bien que les plus communes soient le dioula et le bobo. Toutes les principales religions rencontrées au Burkina sont pratiquées à Bossora. Par ordre d'importance du point de

vue effectif, on a : l'animisme (surtout l'ethnie Bobo, les autochtones), le christianisme (catholiques surtout) et l'Islam.

III.4. Présentation des caractéristiques socio-économiques

♦ L'agriculture

C'est la principale activité économique à l'image de la commune de Satiri : production agricole dominée par les cultures des céréales avec 59% des superficies emblavées en 2012. Le coton vient au deuxième rang avec 25%. La part restante est occupée par le riz pluvial dont le rendement en 2012 était de 300 Kg/ha.

♦ L'élevage

C'est la seconde activité importante de la localité. Le système de production animale est l'agropastoralisme 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 de la forêt classée. L'élevage bénéficie d'existence dans le village d'un parc de vaccination. Bossora ayant une abondante ressource d'eau de surface, l'abreuvement des bétails est possible à bien d'endroits.

♦ Le commerce

L'activité commerciale est animée par la commercialisation des bovins et des céréales sur le marché de Bobo-Dioulasso. Le commerce à Satiri est organisé autour des marchés hebdomadaires dans les gros villages et le tour de Bossora est le Vendredi, qui est aussi celui de Satiri centre. Cela fait que ces deux (02) localités distantes de 35 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.5. Situation de l'approvisionnement en eau potable

♦ Types d'ouvrages d'AEP existants

D'après la base de données de l'inventaire national des ouvrages hydrauliques (BD-INO) de l'année 2017 (publié en mars 2018), Bossora compte au total neuf (09) forages équipés de PMH. Des neuf (09) forages équipés de PMH, six (06) sont fonctionnels et le reste, en panne. Ce qui donne un taux de fonctionnalité de 66,70%.

◆ Taux de desserte des ouvrages existants

Le parc hydrique de Bossora comprend aussi bien les ouvrages communautaires, dans les quartiers, que les institutionnels localisés dans les écoles, au CSPA et à la mosquée. Le taux d'accès à l'eau potable en 2017 est de 23.98% (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 2: Etat des lieux des ouvrages existants

N°	Localité	Année	Propriété	Type pompe	Fonctionnalité	Situation	Longitude W	Latitude N	Qualité gustative
1	Bossoracentre	1982	Communautaire	India	Fonctionnel	Q_ Wissa	04°05'25,2"	11°42'48,5"	mauvaise
2		2014		India	Panne	Q_ Bazedidi	04°05'23,7 "	11°42'40,2"	Bonne
3		1988	Institutionnel	India	Fonctionnel	Dispensaire	04°05'28,2"	11°42'34,3"	Bonne
4		2017		India	Fonctionnel	E.primaire	04°05'19,5"	11°42'32,5"	Bonne
5		2012		Vergnet	Panne	Mosquée	04°05'26,2"	11°41'31,5"	Bonne
6	Mankouna	2016	Institutionnel	India	Fonctionnel	E.primaire	04°04'44,5"	11°39'49"	Bonne
7		1988	Communautaire	India	Fonctionnel	Mankouna	04°04'40,4"	11°39'52,3"	Bonne
8	Pekrou	1988	Communautaire	India	Fonctionnel	Pekrou	04°05'48,2"	11°42'58,2"	Bonne
9		2014	institutionnel	India	Panne	E.Primaire	04°05'24,4"	11°42'23,0"	Bonne

Source : MEA/BD-INO, 2017

Ainsi, le taux d'accès réel en fin 2017 de Bossora centre est assuré par deux (02) forages 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 Bossora.

IV. ANALYSE CRITIQUE DE L'OPTION AEPS/MV

Le bureau d'étude AC3E a réalisé les études APD suivant les termes de référence (Tdr) mis à leur disposition par la Cellule du projet BID-UEMOA. L'esprit était de réaliser un seul système (AEPS/MV) qui desservirait Bossora et tous ses hameaux de culture. L'objectif recherché étant de mettre à la disposition des populations bénéficiaires, un service qui dont l'utilisation nécessiterait le moindre effort possible par rapport aux PMH, c'est-à-dire à travers les BF conformément aux objectifs du PN-AEP 2016-2030.

Les hypothèses de calcul adoptées par le bureau d'études à cet effet, les résultats correspondants et une analyse critique de cette option sont mentionnées dans ce qui suit.

IV.1. Hypothèses de calcul

Le tableau 3 donne les hypothèses utilisées par le Bureau d'études. Elles ont servi au dimensionnement du système AEPS/MV.

Tableau 3 : Hypothèses de calcul l'option AEPS/MV

HYPOTHESES DU CALCUL AEPS/MV	
Année de référence	2020
Horizon	2040
Population en 2015	5 946 pers.
Taux d'accroissement	3,50%
Consommation spécifique en 2040	10 l/j/pers.
Taux de desserte du système	60%
Coefficient de pointe saisonnier	1,40
Coefficient de pointe journalière	1,05
Coefficient de pointe horaire	2,50
Nombre de forages	7
Nombre de forages fonctionnels	4
Capacité du château	25%
Source d'énergie	Thermique

IV.2. Résultats

Le tableau 4 donne les grandes lignes des résultats obtenus pour l'option AEPS/MV.

Tableau 4 : Résultats de dimensionnement de l'AEPS/MV

Années	2015	2017	2020	2025	2030	2035	2040
Population	5946	6370	7062	8387	9962	11831	14052
Taux de desserte ou taux d'accès à l'eau potable (%)	61.2	65.3	72.1	84.9	100	100	100
Demande globale du centre en eau potable (m ³ /j)	29	33	41	57	80	118	141
Taux d'utilisation des ressources en eau potable disponibles (forages) (%)	100	81	59	35	21	12	7
Volume d'eau potable disponible (forages existants) (m ³ /j)	28.0	22.7	16.5	9.8	5.8	3.4	2.0
Volume à satisfaire par le réseau (AEPS) (m ³ /j)	1.1	10.6	24.2	47.2	73.9	114.9	138.5
Demande en eau du jour de pointe (m ³ /j)	1.6	15.6	35.6	69.4	108.7	168.9	203.6
Besoin de production du jour de pointe (m ³ /j)	2.0	18.9	43.0	84.0	131.5	204.4	246.4
Capacité de stockage (m³)	0.5	4.7	10.8	21.0	32.9	51.1	61.6
Débit moyen horaire (m ³ /h)	0.1	0.8	1.8	3.5	5.5	8.5	10.3
Débit horaire de pointe (m ³ /h)=Q _{dim}	0.2	2.0	4.5	8.8	13.7	21.3	25.7
Débit de dimensionnement - distribution Q _{dist} (l/s)	0.1	0.5	1.2	2.4	3.8	5.9	7.1
Débit de dimensionnement - refoulement Q _{ref} (l/s)	0.1	0.7	1.5	2.9	4.6	7.1	8.6
Débit de dimensionnement - refoulement Q _{ref} (m ³ /h)	0.2	2.4	5.4	10.5	16.4	25.5	30.8

Nombre de bornes fontaines théoriques (unités)						28.1	
Nombre de bornes fontaines demandé par la pop (unités)						10.0	
Nombre de bornes fontaines adopté (unités)						10.0	
Débit par borne fontaine (l/s/BF)						0.713	
Consommation spécifique système (l/j/pers.)						9.9	
Volume du Château d'eau (m ³)			32.9			55.0	
Hauteur sous radier (m)						10.0	
Hauteur de la cuve (m)						5.0	
Diamètre de la cuve (m)						3.7	

Ainsi, on aurait avec l'option AEPS/MV un système qui assurerait l'accès de 100% à l'eau potable déjà à l'horizon 2030 pour Bossora centre et ses six (06) plus importants hameaux de culture. Cette installation serait composée de 10 BF, de plus de 12 Km de refoulement et plus de 38 Km de distribution ; d'un château de 55m³ en 2035.

Le tableau 5 renseigne sur les détails des pressions et diamètres nominaux des conduites du réseau, ainsi que les différents linéaires ; et le tableau 6 donne un récapitulatif du devis estimatif des travaux.

Tableau 5 : DN, PN et linéaires des conduites de l'option AEPS/MV

DN	Longueurs (m)
Refoulement	
Conduite PVC de 110 PN 16	12 109
Distribution	
Conduite PVC de 160 PN 10	1 230
Conduite PVC de 140 PN 10	4 803
Conduite PVC de 125 PN 10	5 574
Conduite PVC de 90 PN 10	2 411
Conduite PVC de 63 PN 10	16 580
Conduite PVC de 50 PN 10	1 510
Total des linéaires du réseau	44 207

Tableau 6 : Récapitulatif du devis estimatif des travaux de l'AEPS/MV

N°	DESIGNATION	MONTANT (F CFA)
I	INSTALLATION DE CHANTIER - FRAIS GENERAUX	6 000 000
II	FORUNITURE ET POSE DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION	96 267 500
III	CONSTRUCTION ET EQUIPEMENT DE CHÂTEAU D'EAU	40 650 000
IV	FOURNITURE ET POSE DES EQUIPEMENTS DE DISTRIBUTION	193 622 000
V	OUVRAGES ANNEXES ET PRESTATIONS DIVERSES	36 321 355
VI	ESSAIE ET AUTRES	97 419 810
VII	EQUIPEMENT ELECTROMECHANIQUE ET SOURCE D'ENERGIE	67 769 000
VIII	FORMATION & SUIVI	5 000 000
Total HT		543 049 665
TVA (18%)		97 748 940
Montant TTC		640 798 605

IV.3. Note de synthèse sur la pertinence de l'AEPS/MV

Au Burkina Faso, une AEPS/MV est une technologie qui doit répondre à des critères édictés par le PN-AEP. On note d'abord la taille de la population à desservir qui doit être d'au moins 30 000 habitants. Ensuite la capacité du centre de production d'eau (CPE) qui doit être plus de 600 m³/j tandis que Bossora et tous ses hameaux qui feraient 11000 habitants en 2040, ne représenterait qu'une production d'environ 150 m³/j, en considérant la consommation spécifique de 20l/j/pers. Par ailleurs, certaines composantes d'une AEPS/MV constituent des critères de qualification : il s'agit d'un champ de captage fait de plusieurs forages éventuellement ; d'une ou de plusieurs bâches ; des châteaux d'eau ; des dizaines des BF et des centaines de BP.

Ces critères ont été bien étudiés par les services techniques du MEA dans le souci d'éviter des investissements non viables. En effet, ces infrastructures de par leur complexité sont préconisées dans le cas de l'intercommunalité et/ou des gros villages d'une même commune. Au regard de ces critères, Bossora et ses hameaux de culture ne devront pas bénéficier d'un tel système d'autant plus les coûts d'investissement sont trop élevés, la gestion de service de ce type d'ouvrage est complexe, la localité manque de compétences locales pour les entretiens et réparations éventuels et la question de la sécurité pour une telle infrastructure est réelle.

Pour assurer les mêmes objectifs de départ du projet, une nouvelle approche a été adoptée. Elle consiste à réaliser des ouvrages autonomes distincts à savoir les PMH et les PEA dans les hameaux, en fonction de la taille de leurs populations, et une AEPS à Bossora centre.

Cette nouvelle option permettra :

- de réduire considérablement les coûts d'investissement du projet,
- d'assurer une gestion plus facile pour ouvrages respectifs ;
- de responsabiliser les usagers ;
- et de moins impacter négativement, à la phase de réalisation des ouvrages surtout, sur le milieu récepteur du projet.

V. MATERIEL ET METHODES

V.1. Méthodologie de travail

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.

♦ Collecte et analyse des données

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 AC3E.

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. Par ailleurs, nous avons reçus dans des structures traitant de la question de l'AEP telles que l'ONEA, la DREA-HB, la commune de Satiri, l'ADAE (délégataire des AEPS de la commune). 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 Bossora.

♦ Analyse des données topographiques et géophysiques

- Données topographiques

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.

De l'analyse de ces données, il vient que les côtes du TN varient entre 89 et 102m. 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, GoogleEarth Pro nous a aidé 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.

- Données géophysiques

Le système utilisera les eaux souterraines comme ressource. Ainsi, des études géophysiques ont été menées en vue de l'implantation des forages. La commune de Satiri est localisée sur une formation géologique sédimentaire. C'est ce qui explique les débits importants de forages de la localité. Les prospections ont permis d'avoir deux (02) implantations et c'est le point SE 2 (04°05'27,6'' 11°42'47,7'') qui a été un forage positif. La fiche de chantier forage est donnée en Annexe 1

♦ Conception des ouvrages et dimensionnement

Le village de Bossora 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 Bossora que nous désignerons par « Bossora 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 hameaux de culture de Bossora centre, il nous nous sommes proposés de prévoir, en lieu et place d'un seul système qui couvrirait toute la localité, différentes technologies d'ouvrages. Ce qui nous a conduit à adopter une AEPS pour Bossora centre et Mankouna (à 5km), et différentes technologies d'ouvrages telles que les PMH et les PEA pour les hameaux de culture en fonction de la taille de la population à l'horizon 2040.

Ainsi, seule l'AEPS sera dimensionnée intégralement assortie de tous les détails d'exécution dans ce mémoire. Toutefois, les coûts des PEA et PMH seront déterminés sur la base des prix tendanciels de ces ouvrages dans l'élaboration des aspects financiers de notre projet ; où une comparaison des coûts totaux de l'AEPS multi village et de l'option systèmes diversifiés sera faite.

◆ Rédaction du mémoire

A la suite de l'éclaircissement des Tdr et des analyses des différentes données collectées, nous avons procédé aux calculs en utilisant des techniques (formules) et outils (logiciels et applications informatiques) dont les résultats d'application sont reconnus.

En fin, nous avons rédigé le présent mémoire de fin de cycle de Master en IRH, que nous avons effectué au sein de 2iE, sous la direction de nos enseignants et un encadrement à AC3E.

V.2. Hypothèses de calcul

◆ Horizon du projet

Conformément aux termes de référence du projet BID-UEMOA, les ouvrages seront dimensionnés pour une durée de 20 ans à partir de l'année de référence 2020. Pour des raisons de planification, nous avons adopté un phasage suivant : 2030 et 2040. Cela se justifie par notre volonté de comparer les données avec les orientations stratégiques du PN-AEP 2016-2030 et d'assurer au projet, un investissement progressif en rapport avec l'évolution de la demande.

◆ Taux de desserte

L'AEPS desservira seulement Bossora centre et son plus gros hameau de culture (Mankouna, à 5km environ). On supposera en panne, le forage de Bossora dont la qualité gustative est mauvaise. Partant des deux (02) 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.

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

Ainsi, les deux (02) forages communautaires fonctionnels traduisent l'accès à 600 personnes selon les Normes en la matière. Ainsi, une estimation des populations de Bossora et de Mankouna s'impose pour déterminer le taux de desserte des ouvrages existants et par conséquent, celui de l'AEPS projetée qui est donné par la formule suivante :

$$t_{d_AEPS} = 100\% - t_{d_PMH}(\%)$$

◆ 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 influent la quantité d'eau à mobiliser et donc le dimensionnement des installations. A l'exception du coefficient de pointe journalier (C_{ph}), ces variations se

calculent en faisant le rapport des consommations en situation de pointe sur les moyennes sur une période donnée. Dans le tableau 7 sont consignées les valeurs recommandées que prennent ces différents paramètres suivants les contextes.

Tableau 7 : Valeurs recommandées et adoptées de C_{ps} et C_{pj}

Variations	Formules	Valeurs recommandées selon les contextes	Valeurs adoptées
Coefficient de pointe saisonnier (C_{ps})	$C_{ps} = \frac{D_{jp}}{D_{jm}}$	♦ 1,10 en zone tropicale humide (ressource en eau abondante, température stable) ♦ 1,20 en zone sahélienne (forte chaleur, tarissement cyclique de la ressource)	1,15
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) :

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

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 8 donne les valeurs indicatives de ce coefficient C_{ph} .

Tableau 8 : 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

♦ Rendement technique du réseau

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 (eau de process) ;
- 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 5% au regard de la taille de notre réseau soit un rendement de distribution de **95%**. Le choix de cette valeur s'explique par l'absence de branchements privés dans le réseau. En effet, les pertes sont dues aux fuites constatées sur le réseau de distribution lui-même et surtout les pertes d'eau avant compteur sur les branchements qui peuvent représenter plus de 50% des pertes totales.

Ainsi, on aura les rendements suivants : $\eta_d = 95\%$ pour le réseau de distribution et $\eta_a = 99\%$ pour le réseau de refoulement.

♦ Conditions de vitesse et de pression

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

- U_{min} permet de garantir l'autocurage 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 AEPS est de $P_{ser} = 5\text{mCE}$. [YONABA, 2015].

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

♦ 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.

$$J = pdc_{lin} = 4^{10/3} * \frac{Q^2 * L}{\pi^2 * K_s^2 * D^{16/3}}$$

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

Q : débit transité [m³/s]

L : longueur de la conduite considérée [m]

Ks : coefficient de Manning, [sans dimension], **Ks = 120 pour le PVC**

D : diamètre standard intérieur [m]

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

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

Les pertes de charge totales correspondront ainsi à :

$$pdc_{totales} = J = 1,1 * \left[4^{10/3} * \frac{Q^2 * L}{\pi^2 * K_s^2 * D^{16/3}} \right]$$

♦ 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 Bossora ont permis d'estimer la consommation moyenne journalière des ménages et donc, celle d'un habitant, qui tourne autour de 8 à 10 l/hbt/jr. Cette consommation va évoluer avec la réalisation de la nouvelle AEPS. Il convient par conséquent d'étudier l'évolution de la Cs jusqu'à l'horizon 2040.

Le PN-AEP2016-2030, référentiel du Burkina pour les questions d'AEP, donne l'évolution de la consommation spécifique en fonction des paliers pour les années 2015, 2020, 2025 et 2030, comme dans le tableau 9.

Tableau 9 : Evolution des consommations spécifiques en milieu rural au Burkina

Horizon	Consommation spécifique PEM	Consommation spécifique BF	Consommation spécifique BP
année	l/hbt/jr		
2015	8	8	10
2020	10	10	15
2025	12	12	20
2030	15	15	20

Source : MEA, PN-AEP2016-2030

En supposant l'évolution de la consommation spécifique linéaire jusqu'en 2040, la valeur correspondante est de **19.30 l/jr/hbt**, déterminée suivant l'équation de la courbe suivante :

$$y = 0.46x - 919.1.$$

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

♦ Choix de la ressource, du système de pompage et des sources d'énergie

Choix de la ressource : la mise en place d'un système d'AEPS nécessite de disposer de la ressource, qui doit permettre le prélèvement de la quantité d'eau couvrant les besoins des usagers, en prenant en compte toutes les pertes du système. La ressource utilisée dans les projets d'AEPS est le forage. Cela se justifie par le fait que l'eau des forges est à priori potable et donc ne nécessite pas de traitement rigoureux comme pour les eaux de surface. Ainsi, le système sera alimenté par un (01) ou plusieurs forages en fonction de la taille de la demande et la capacité de production des éventuels forages.

La zone d'étude est localisée dans le bassin du Mouhoun qui comporte deux grands ensembles géologiques qui sont le bassin sédimentaire et le socle cristallin ; et qui le longent du sud-ouest au nord –ouest. Les formations cristallines sont constituées de roches à dominantes granito-gneissique ou migmatique, schisto-gréseuse ou volcano-sédimentaire. (Agence de l'eau du Mouhoun, 2014). Bossora se trouve dans la zone de socle sédimentaire et c'est ce qui explique la présence de forage à débit très important, 10 à 50m³/h.

Selon le rapport de l'étude des sources d'eau de l'agence de l'eau du Mouhoun, dans le socle, il faut distinguer en priorité deux types d'aquifères :

- ✓ Les aquifères d'altération qui se distinguent par la nature du substratum, les roches acides étant les plus favorables ;
- ✓ Les aquifères de fracturation qui se distinguent par le degré de fracturation qui détermine les potentialités de l'aquifère.

Le type de roches rencontrées lors de la réalisation du forage de Bossora est constitué en grande partie de grès. La coupe technique du forage de Bossora est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 10 : coupe technique du forage de Bossora

Profondeur (m)	Description lithologique
0 à 03	Cuirasse latéritique
03 à 22	Argiles rougeâtres
22 à 28	Argiles jaunâtres
28 à 42	grès
42 à 47	Argilges violacées
47 à 89,88	Grès schistés

Choix du système de pompage : une pompe immergée sera utilisée 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, inférieur ou égal à la capacité de production du forage ; et la HMT qui est la pression en mCE que cette pompe devra imprimer à un volume d'eau pour assurer son transfert d'un point A à un point B, géométriquement différents (du plan d'eau dans le forage à l'arrivée de l'eau dans le château).

Sources d'énergie de l'AEPS : à l'image de la majorité des villages au Burkina, Bossora 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.

♦ Type de réseau et points de desserte

Conformément aux Tdr, il n'est pas prévu de BP au niveau des concessions. Cela est motivé par les raisons suivantes :

- la faible taille de la consommation spécifique avérée par des études de certaines ONG et organes de gestion des AEPS et qui tourne autour de 8 à 12 l/hbt/jr (rapport d'études de l'ADAE sur la consommation spécifique dans l'Ouest du Burkina).

- l'aspect foncier, le modèle d'occupation des sols (habitats spontanés, pas de lotissement), n'offre pas une bonne flexibilité de raccordement des concessions et donc occasionnerait d'énormes coûts à l'investissement ;
- le faible niveau de solvabilité des ruraux pour la plupart des cas ;
- le manque de compétences locales pour la gestion de ces infrastructures

Face à ces difficultés aussi bien techniques que socio-économiques, Il a été adopté les bornes fontaines (BF) pour la desserte et le réseau sera de type ramifié.

V.3. Matériel utilisé

Dans le cadre de la présente étude, nous avons utilisé des moyens aussi bien matériels que logiciels, allant de la collecte et traitement des données à leur interprétation.

Le tableau 10 renseigne sur les caractéristiques des matériels et logiciels utilisés, de même que leurs importances dans notre étude :

Tableau 11 : Récapitulatif du matériel et logiciels utilisés

Matériels	
Outils	Importance
GPS Garmin 62 S	Collecte des informations topographiques, repérage des points
Stations totales	Levés topographiques
Logiciels	
AutoCAD 2007	Tracé du réseau, dessins ouvrages et détails
Covadis 2007	Tracé des différents profils, traitement des données topographiques
Google Earth pro	Appréciation de la dispersion spatiale (modèle de regroupement) des habitats et autres installations
Global Mapper V 18	Collecte de semis de points pour constitution des données topographiques complémentaires
Epanet, EpaCad V 2.0	Simulation du réseau
Excel (Office 2013)	Ensemble des opérations de calculs du projet

VI. ESTIMATION DE LA DEMANDE A L'HORIZON 2040

La localité objet de présente étude ne dispose ni d'industrie ni d'installations significatives de production. Par contre, il existe un parc de vaccination et d'attoupeement du cheptel pour leur exportation vers les villes et hors du pays. Ainsi, du fait de la présence des sources alternatives pérennes, il n'est pas prévu d'abreuvoir dans le réseau. Par conséquent, les besoins se résument à ceux des ménages, majorés de 10% pour les petites activités économiques des populations. Quant aux édifices communautaires, ils disposent chacun d'un forage équipé de PMH. Au regard de leurs capacités d'accueil, les ouvrages sont jugés capables de répondre aux besoins. Il s'agit du CSPS, de l'école primaire et de la mosquée.

VI.1. Evolution du nombre de consommateurs

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 (2040)

P_0 : Population à l'année de référence (2020)

n : nombre d'années entre P_0 et P_n

α est le taux de croissance du milieu rural de la province du Houet et $\alpha = 2,536\%$, [RGPH2006].

Le tableau 11 montre, à différentes échéances jusqu'en 2040, les consommateurs à Bossora. Il renseigne en plus sur le taux de desserte des PMH et annonce le taux de desserte de l'AEPS de Bossora ainsi que la population réelle à desservir par l'AEPS.

Tableau 12 : Evolution des consommateurs (domestiques) de Bossora

Années	2006	2015	2016	2017	2020	2025	2030	2035	2040
Evolution de la population	4 694	5 881	6 030	6 183	6 665	7 554	8 562	9 704	10 999
Population Bossora	2785	3489	3577	3668	3954	4482	5080	5757	6525
Population desservie/PMH	-	-	-	600					
Desserte / PMH (%)	-	-	-	16.36	15.17	13.39	11.81	10.42	9.19
Desserte/AEPS (%)	-	-	-	-	84.83	86.61	88.19	89.58	90.81
Population de l'AEPS	-	-	-	-	3 354	3 882	4 480	5 157	5 925

Dans ces calculs, l'on a supposé qu'il ne sera pas réalisé à Bossora, de nouveaux forages communautaires jusqu'en 2040. Les deux (02) forages actuels alimentent chacun 300 habitants. Cela représente un taux de desserte $T_{d_PMH} = 9.19\%$ à l'horizon 2040. Ainsi, l'AEPS complètera le taux d'accès à 100% soit un de desserte $T_{d_AEPS} = 90.81\%$.

Ce qui se traduit par la **population de l'AEPS égale à 5 925 personnes à l'horizon 2040 soit $P_{2040} = 5925$ habitants.**

VI.2. Estimation des besoins en eau

Le besoin en eau correspond à l'offre que le système devra rendre disponible pour répondre à la demande des usagers en prenant en compte leur comportement et les rendements des installations concernées. La ressource en eau du système étant le forage, les besoins ont été évalués journallement [Zoungana, 2001].

♦ 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.

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

Où :

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 demande de production du jour de pointe

C'est la quantité d'eau à pourvoir 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} : Demande de production du jour de pointe (m^3/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).

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

Q_{mh} : débit moyen horaire (m^3/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 Q_{ph} est le produit du débit moyen horaire et du coefficient de pointe horaire C_{ph} . C'est le débit de dimensionnement du réseau de distribution.

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

Où : Q_{ph} est exprimé en m^3/h et C_{ph} est un nombre sans dimension, pris égal à 2,5 car la population de l'AEPS est inférieure à 10 000hbt.

Le tableau 12 résume les résultats de calcul de besoins et de débits pour ce projet. Il renseigne particulièrement sur la production du jour de pointe et le débit de dimensionnement du réseau de distribution.

Tableau 13 : Evaluation des besoins/demandes à l'horizon 2040

Années	2017	2020	2025	2030	2035	2040
Population		3354	3882	4480	5157	5925
Calcul des Besoins de la population						
Consommation spécifique (l/j/Hbt)	8	10	12	15	18	20
Bmj (m3/j) _domestiques	0.00	33.54	46.58	67.20	92.83	118.51
Bmj (m3/j) _activités économiques	0.00	3.35	4.66	6.72	9.28	11.85
Consommation moyenne journalière (m3/j)	0.00	36.90	51.24	73.92	102.12	130.36
Coefficient de pointe journalier Cpj	1.1					
Rendement du réseau de distribution	95%					
Besoins de production du jour de pointe (m3/j)		42.72	59.33	85.59	111.67	150.94
Calcul des débits						
Temps de distribution (h)	12					
Débit moyen horaire (m3/h)	0.00	3.56	4.94	7.13	9.31	12.58
Coefficient de pointe horaire	2.5	2.82	2.62	2.50	2.50	2.50
Débit de pointe horaire Qph (m3/h)	0.00	10.06	12.98	17.83	23.26	31.45
Débit de pointe horaire Qph (l/s)	0.00	2.79	3.60	4.95	6.46	8.74

Le débit de dimensionnement est alors $Q_{dim} (l/s) = 8.74$.

VI.3. Capacité de la ressource

Pour la mise en place de l'AEPS/MV de Bossora., un forage a été réalisé dont le débit en fin de foration est de 39m3/h. pour des raisons de s'sécurité et d'économie, nous avons adopté débit d'exploitation (Q_{exp}) est de 20 m³/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]. Ainsi, la production journalière P_j (m³/j) du seul forage est de :

$$P_j \text{ (m}^3\text{/j)} = Q_{\text{exp}} * T_p$$

Ainsi,

$$P_j \text{ (m}^3\text{/j)} = 30 \text{ m}^3\text{/h} * 8 \text{ h}$$

$$P_j \text{ (m}^3\text{/j)} = 160 \text{ m}^3\text{/j}$$

Le volume mobilisable par jour, à partir du forage est alors de 160 m³ tandis que la demande de production du jour de pointe en application le rendement de 99% au refoulement est de 152.47m³. Ainsi, le nombre de forage est donné par :

$$n = \frac{B_{jp}}{P_j} \quad \text{et} \quad n = \frac{150.94}{\eta_d * 160} = 0.95 \text{ soit 1 forage}$$

Ainsi, le seul forage pourra satisfaire la demande jusqu'en 2040.

Le tableau 13 comporte l'évolution du nombre de forage et le temps réel de pompage de l'année de référence du projet à l'horizon 2040.

Tableau 14 : Evolution du nombre de forage et temps réel de pompage

Années	2020	2025	2030	2035	2040
Volume total à distribuer (m ³ /j)	42.72	59.33	85.59	111.67	150.94
η réseau adduction	99%				
Volume à refouler (m ³ /j)	43.16	59.93	86.45	112.80	152.47
Temps de refoulement théorique (h)	8				
Q refoulement (m ³ /h)	5.39	7.49	10.81	14.10	19.06
Q pompage (m ³ /h)	20				
Nombre de forage	1	1	1	1	1
Temps réel de pompage (h)	2.14	2.97	4.28	5.64	7.62

Le débit de foration étant de 39 m³/h, une pompe de 20m³/h pourra répondre aux besoins (19.06 m³/h) jusqu'en 2040.

VII. CALCUL DES OUVRAGES CONSTITUTIFS DU SYSTEME

VII.1. 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 tableau 14 donne ces valeurs usuelles.

Tableau 15 : valeurs usuelles forfaitaires de capacités de réservoir

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

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

Le volume journalier pour notre cas étant de $V_j = 150.94 \text{ m}^3$, et l'adduction étant assurée par l'énergie **solaire**, la durée du pompage est alors de **8heures/jour**. La capacité utile du réservoir **C_u** se calcule alors par :

$$C_u = 50\% * V_j$$

$$C_u = 50\% * 150.94 \text{ m}^3 = 75.47 \text{ m}^3$$

Nous adopterons une capacité de réservoir $C_u = 80 \text{ m}^3$

♦ 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 **100.06 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.

$$H_{\text{radier}} = \text{Max}(Z_{\text{min}}) - Z_{\text{TN_CE}}$$

Où :

Z_{min} (m) est la côte minimale imposée par le nœud aval,

$$Z_{\text{min}} = \sum p_{dc} + Z_{\text{TN}} + P_{\text{ser}},$$

Avec

$P_{\text{ser}} = 5$ mCE, la pression minimale de service à tout point de desserte ;

Ainsi la côte sous radier correspond à :

$$H_{\text{radier}} = 109.11 - 100.06$$

$$H_{\text{radier}} = 9.05 \text{ m}$$

La hauteur sous radier est alors de 9.05 m

♦ Caractéristiques du château d'eau

Le château d'eau sera métallique; les motivations sont d'ordre économiques et pour la simplicité dans sa réalisation et entretien.

Le tableau 15 présente les caractéristiques dimensionnelles et les différentes côtes de niveau dans ce château d'eau.

Tableau 16 : Caractéristiques géométriques du château d'eau

Caractéristiques du château d'eau	
Dimensions	
Capacité utile (m3) = volume d'eau	75.47
Volume réel (m3) = volume construit	80
D (m)	4.40
H (m)	5.30
Δ Volume (m3)	4.53
Revanche (m)	0.20
Niveaux	
Côte TN (m)	100.06
Côte du radier (m)	109.11
Côte PHE (m)	114.41
Côte arrivée d'eau	114.51

Les plans d'exécution du château sont donnés à l'annexe N°3.

VII.2. Dimensionnement du réseau de refoulement

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).

♦ Conduite d'adduction

Son dimensionnement se fait avec le débit d'exploitation du forage. En rappel, ce débit est de 20 m³/h soit $5.56 \cdot 10^{-3}$ m³/s. 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 doivent être vérifiées. En outre, les pertes de charge ont été estimées pour aider au choix de la conduite car elles affectent la hauteur manométrique totale (HMT).

Ces différentes formules ont été utilisées dans le but d'en choisir celle qui offre le plus d'avantage du point de vue économique.

Le tableau 16 comporte les paramètres de calcul de la conduite d'adduction tandis que le tableau 17 présente les résultats.

Tableau 17 : Paramètres de calcul de la conduite de refoulement

Débit d'adduction	Q (m ³ /s)	0.00556
Coefficient de Manning	Ks	120
Longueur de refoulement	L (m)	1331.80
Masse volumique de l'eau	ρ (kg/m ³)	1000
Accélération de la pesanteur	g (m/s ²)	9.81

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après.

Tableau 18 : Résultats de calcul de la conduite de refoulement

Formules		Dth (m)	PN10		v (m/s)	Condition de Flamant		Pdc (m)	HMT
			Dst (m)	DN (mm)		0,6 + Dst (m)	Constat		
Bedjaoui	$1,27 * \sqrt{Q}$	0.0947	0.0994	110	0.72	0.70	Non vérifiée	7.188	69.90
Bresse	$1,5 * \sqrt{Q}$	0.1118	0.1130	125	0.55	0.71	Vérifiée	3.627	66.37
Bresse modifiée	$0,8 * Q^{\frac{1}{3}}$	0.1417	0.1446	160	0.34	0.74	Vérifiée	0.974	63.68
Munier ¹	$(1 + 0,02 * n * \sqrt{Q})$	0.0865	0.0994	110	0.72	0.70	Non vérifiée	7.188	69.90

♦ Calcul de la HMT

Elle correspond à la somme des pdc, augmentée de la hauteur géométrique :

$$HMT (m) = H_{\text{géo}} + \sum pdc = Z_s - Z_{ND} + \sum pdc$$

Avec

$$\begin{aligned} Z_s &: \text{Côte d'alimentation par surverse du reservoir } (109,11m + 5,30m + 0,10 = 114,51m) \\ Z_{ND} &: \text{Côte du niveau dynamique de l'eau dans le forage } (91,752m - 40m = 51,752m) \\ \Delta H & \text{ dénivelée entre le forage et le reservoir } = 100.06 - 91.752 = 8.308 \text{ m} \\ Pdc(m) &= 1,1 * ((10,29 * L * Q^2 / (Ks^2 * D^{\frac{10}{3}}))) = 3,627 \text{ m} \\ H_{\text{géo}} &: \text{hauteur géométrique } (114,51 - 51,752 = 62.758 \text{ m}) \end{aligned}$$

Ainsi, $HMT = 62.75 + 3,627 = 66,37 \text{ m}$

$$HMT = 66,37 \text{ m} = 70 \text{ m}$$

Commentaire :

Le diamètre calculé avec la **formule de Bresse** s'avère être le plus judicieux. En effet ce diamètre nominal **DN 113/125** offre une **vitesse de 0,55 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

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

Ainsi, la conduite de refoulement adoptée est **DN 113/125** de pression nominale **PN10** sous réserve qu'il n'apparaîtra pas de phénomène de coup de bélier.

¹ Dans la formule de Munier, « n » désigne le nombre d'heures de pompage par jour (8heures dans notre cas)

♦ Etude du 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 due 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. Cela passe par le calcul de la variation instantanée de la pression ΔH (m) à partir de la célérité C (m/s) des ondes et une durée T (s) de la variation de la vitesse V_0 (m/s).

Par la suite, une comparaison est effectuée entre la pression maximale admissible, PMA (m) et ΔH (m) + HMT(m).

Le tableau 18 présente les données de calcul, la chronologie des différentes étapes ainsi que les résultats de calcul du phénomène de coup de bélier.

Tableau 19 : Résultats de vérification du coup de bélier

Données	k pour PVC	33
	Diamètre standard Dst Int(m)	0.0994
	DN (m)	0.110
	épaisseur conduite e(m)	0.0053
	V_0 (m/s)	0.55
	g (m/s ²)	9.81
	Longueur refoulement (m): Forage-Château d'eau	1331.8
	T(s) durée de la variation vitesse	30
	Pression en régime permanent : H(m) + HMT	66.37
Surpression		
célérité c (m/s)= $9900/(48.30+kD_{st}/e)^{1/2}$		366
Variation instantanée de la pression $\Delta h(m)=c*V_0/g$		20.65
H + Δh (m)		86.98
PMA(m) = 1,2 * PN (m) = 1,2 * 100		120.00
Dépression		
	HMT- Δh (m)	45.69
	Pat (mCE)	10.33
<i>Pat (mCE) < (HMT-Δh) : Pas de dépression</i>		

Conclusion :

$HMT + \Delta h = 86.98 \text{ m} < PMA = 120 \text{ m}$.

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, $Pat (mCE) = 10,33$.

VII.3. Station de pompage

♦ Choix de l'électropompe immergée

Il s'agira d'une électropompe solaire pour des raisons économiques car l'utilisation exclusive du thermique nécessite des renouvellements fréquents de groupes électrogènes. La source de l'énergie solaire est très abondante et cette variante est très encouragée au Burkina. Toutefois, les installations concernées devront prendre en compte l'utilisation en appoint d'un groupe électrogène. Le Burkina Faso reçoit en moyenne un rayonnement solaire de 5,5 KWh/m²/jour avec un ensoleillement direct qui couvre plus de 3 000 heures par an (CASEM 2014 du ministère des mines et carrières).

Disposant du 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 HMT inférieure d'environ 70 m et un débit d'exploitation égal à 20 m³/h, la pompe qui satisfait au mieux est Grundfos SP30-12 dont les caractéristiques sont présentées en annexe N°4 : caractéristiques techniques de l'électropompe Grundfos SP30-12.

Le tableau 19 précise les principales caractéristiques de cette pompe.

Tableau 20 : 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

La figure 5 ci-après donne l'image et les dimensions de la pompe choisie.

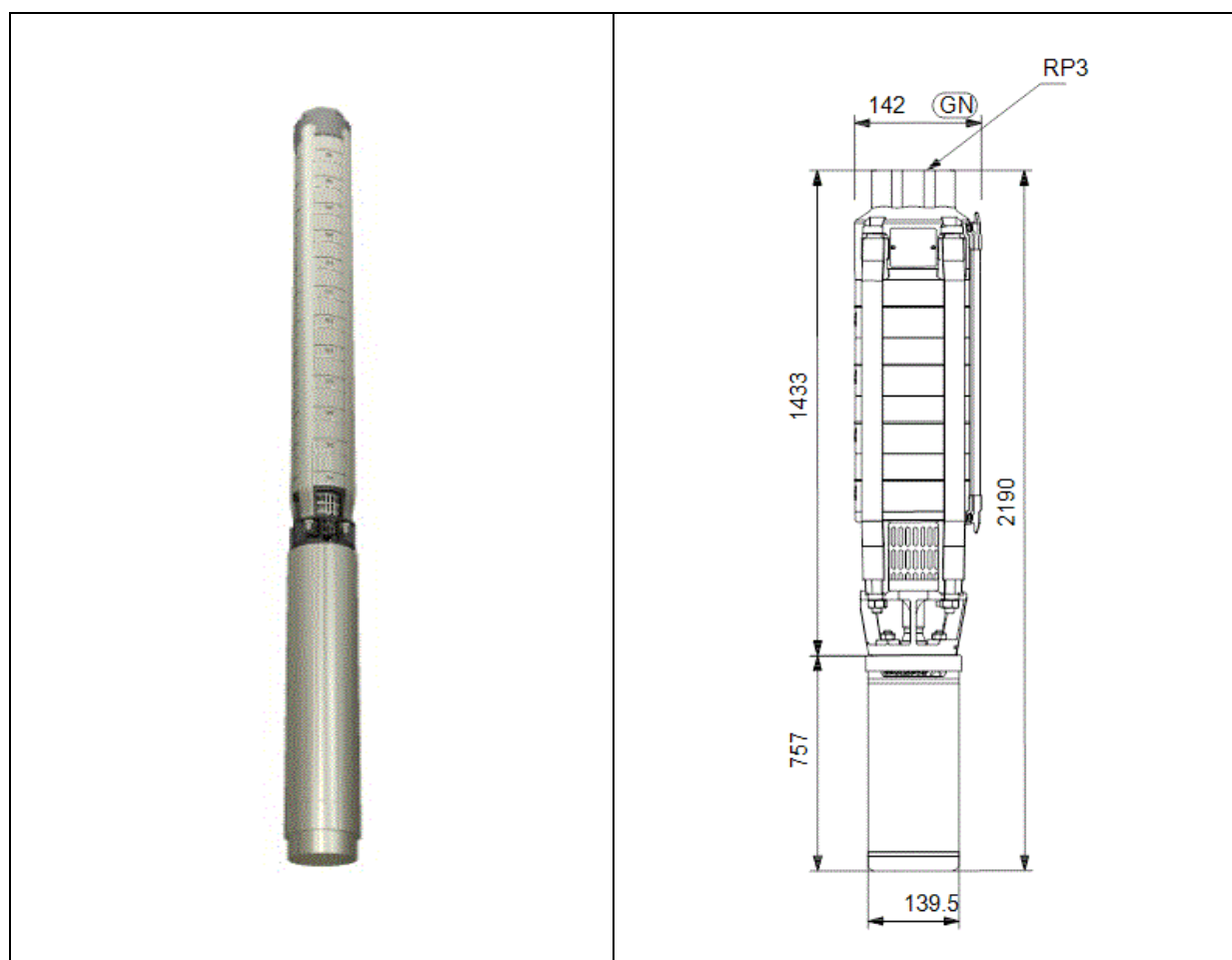


Figure 2 : Image et dimensions de la pompe solaire SP30-12

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 Grundfos Tempcon 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 $H = H_{\text{géo}} + J$ 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 :

$$J(m) = \frac{1,10 * 10,29 * L_{ref} * Q_{pompage}^2 (m^3/s)}{K_s^2 * D_{int}^{16/3} (m)} * \left(\frac{Q_2}{Q_{pompage}} \right)^2$$

Le tableau 20 ci-dessous présente les résultats obtenus.

Tableau 21 : Détermination du point de fonctionnement

Long refoulement (m)	1331.8	1331.8	1331.8	1331.8	1331.8	1331.8	1331.8	1331.8	1331.8	1331.8	1331.8
H_géométrique (m)	62.76	62.76	62.76	62.76	62.76	62.76	62.76	62.76	62.76	62.76	62.76
Q(m ³ /h)	0	3	9	12	18	24	27	30	33	36	38
Q(m ³ /s)	0.00E+00	8.33E-04	2.50E-03	3.33E-03	5.00E-03	6.67E-03	7.50E-03	8.33E-03	9.17E-03	1.00E-02	1.06E-02
HMT_Pompe (m)	135.00	137.125	132	127	117	106	100	90	80	68	60
HMT_Conduite (m)	62.76	62.84	63.49	64.06	65.68	67.95	69.32	70.86	72.56	74.43	75.76

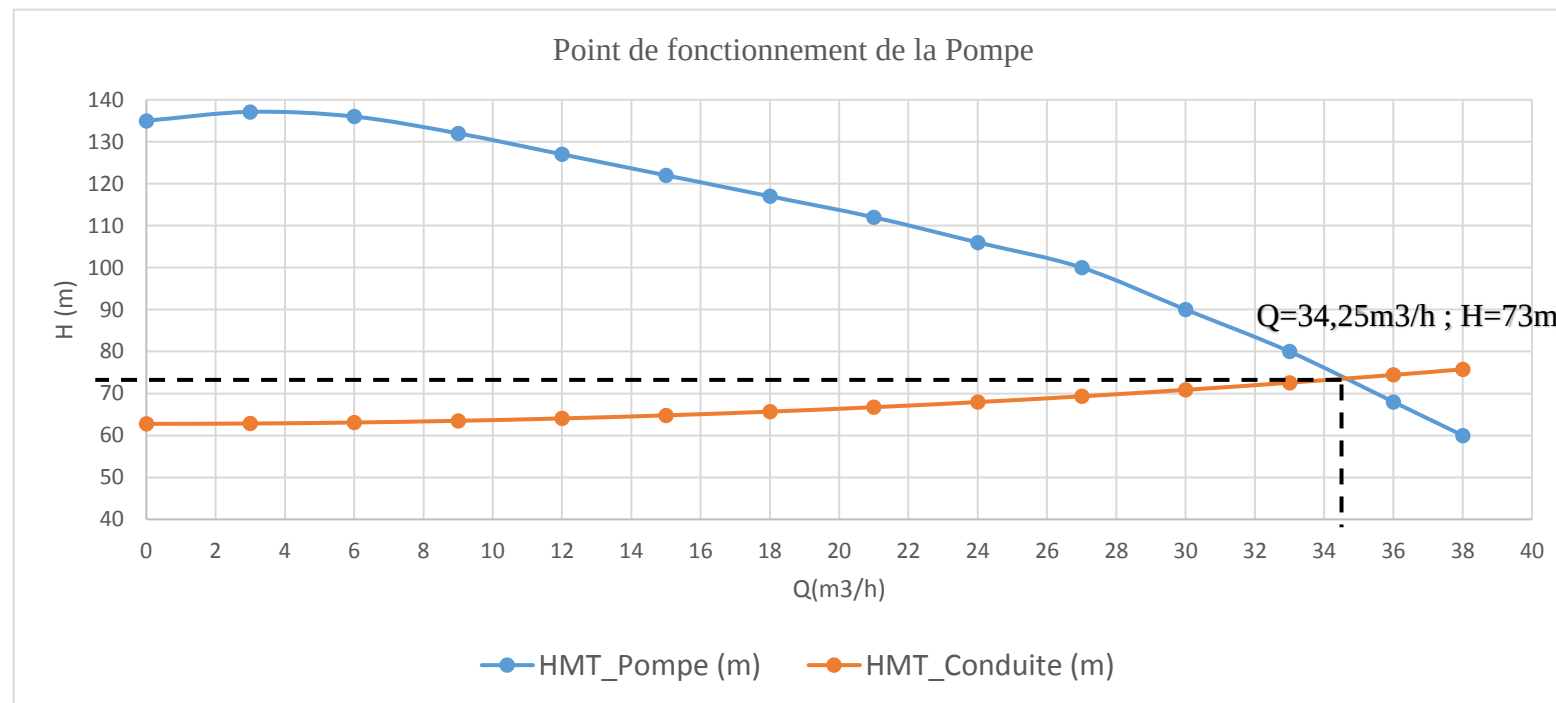


Figure 3 : Point de fonctionnement de la Pompe GRUNDFOS SP30-12

♦ Puissance réactive du Groupe électrogène

Sa formule générale est la suivante :

$$P_r = \frac{2 \times P}{\cos \rho} = \frac{2 \times 11}{0,82} = 26,83$$

L'application de cette formule, nous a permis d'obtenir une valeur théorique égale à **26,83 KVA**. La puissance normalisée qui suit est **28 KVA**. Afin de permettre l'alimentation en énergie de la pompe, il sera nécessaire d'avoir un groupe de **28 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.

Energie nécessaire pour la pompe

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

Q_j : débit journalier (m³/j)

HMT : Hauteur manométrique totale (m)

Rond : Rendement de l'onduleur (Rond = 0,60)

R_{mp} : rendement moteur pompe = rendement pompe x rendement moteur

ρ : Masse volumique de l'eau (g/l)

g: accélération de la pesanteur (m/s²)

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 kW/m²/j (5.5 kW/m²/j au Burkina en moyenne)

Résultats

Element	Debit (m ³ /j)	HMT	Rp	Rm	Rmp	Rond	Epj (kW/j)	Rg	Ei (kWh/m ² /j)	Pc (kWc)
Forage	160	70	70%	70%	49%	60%	62.29	55%	5.5	20.59

Ainsi, il faut mobiliser des panneaux de sorte à satisfaire une puissance de 20.59 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 :

$$n = \frac{P_c}{\text{Panneau PV 250}} = \frac{20590}{250} = 82.36$$

Pour des raisons pratiques, on a opté pour 90 panneaux de 250 Wc, de marque Solar-kit. Il s'agit de module photovoltaïque polycristallin. Ainsi, la surface couverte par l'ensemble des modules sera de **154,971 m²**.

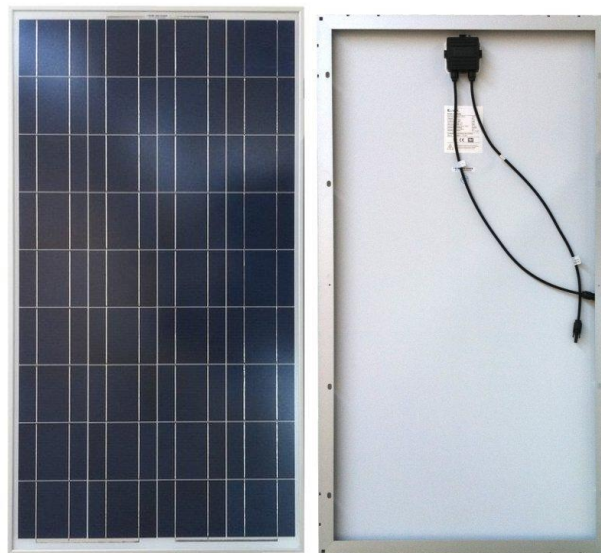


Figure 4: Images des modules PV 250Wc 24V

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

VII.4. Dimensionnement du réseau de distribution

♦ Dimensionnement des BF

Les BF constituent les seuls ouvrages de desserte. Les normes prescrivent qu'une BF alimente 500 hbts dans un rayon de 1 km. Théoriquement, il faut réaliser 12 BF à l'horizon 2040 pour répondre aux besoins de la population de Bossora. Cependant, lors des études des entretiens avec les populations et les autorités locales, il a été demandé 8 BF.

Le débit de pointe horaire de 8,74 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 :

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

$$Q_{dist}(l/s) = Q_{ph}(l/s) = 10,05 \text{ l/s.}$$

$$Q_{BF}(l/s) = \frac{8,75}{8} = 1,091 \text{ l/s}$$

Chaque BF aura un débit de 1,091 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.

$$\text{Débit d'un robinet : } Q_{robinet}(l/s) = \frac{Q_{BF}(l/s)}{n_{robinet}} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ l/s}$$

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

Le tableau 21 comporte les différents débits dans chaque tronçon de la distribution et point de desserte du réseau.

Tableau 22 : Détails des débits distribués

Tronçons	Longueur L (m)	Débit Q (l/s)
CE--1	1.59	8.00
01--02	849.95	6.00
2--BF1	374.46	1.00
2--3	154.94	2.00
3--BF2	60.75	1.00
3--4	1 085.02	1.00
4--BF3	198.78	1.00
4--Vidange	574.01	0.00
2--5	469.62	3.00
5--BF4	1 319.73	1.00
5--6	73.38	2.00
6--BF5	11.08	1.00
6--BF6	514.75	1.00
1--7	4 681.36	2.00
7--BF7	7.88	1.00
7--BF8	175.32	1.00

♦ Dimensionnement de conduites de distribution

Ce dimensionnement passe par l'utilisation des données du tableau 9, en déterminant les diamètres théoriques pour chaque tronçon, par la formule suivante :

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

Dans cette relation, D_{th} est le diamètre théorique en m (ou converti en mm). Il est calculé avec une vitesse hypothèse $v = 1m/s$. La détermination de D_{th} 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 22 récapitule les diamètres commerciaux choisis sur la base des théoriques calculés avec la formule précédente.

Tableau 23 : Détails des diamètres de distribution théoriques et commerciaux

Tronçons	Longueur (m)	Q (l/s)	Diamètre théorique Dth (mm)	Diamètre intérieur D int. (mm)	Diamètre nominal DN (mm)
CE--1	1.59	8.00	101.0	131.8	140
01--02	849.95	6.00	87.4	131.8	140
2--BF1	374.46	1.00	35.7	59.2	63
2--3	154.94	2.00	50.5	70.6	75
3--BF2	60.75	1.00	35.7	59.2	63
3--4	1 085.02	1.00	35.7	59.2	75
4--BF3	198.78	1.00	35.7	59.2	63
4--VID	574.01	0.00	0.0	59.2	63
2--5	469.62	3.00	61.8	84.6	90
5--BF4	1 319.73	1.00	35.7	59.2	63
5--6	73.38	2.00	50.5	70.6	75
6--BF5	11.08	1.00	35.7	59.2	63
6--BF6	514.75	1.00	35.7	59.2	63
1--7	4 681.36	2.00	50.5	84.6	90
7--BF7	7.88	1.00	35.7	59.2	63
7--BF8	175.32	1.00	35.7	59.2	63

Nous avons opté pour des PVC de classe PN6 et considérer un diamètre minimal de **DN 59,2/63** 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 23 présente les résultats de l'ensemble des calculs de vitesse et de pression dans le réseau de distribution. :

Tableau 24 : Résultats de calcul des vitesses et des pressions

Tronçons	Longueur (m)	Q (l/s)	Dth. (mm)	Dst. (mm)	DN (mm)	pdc (m)	ΣPdc (m)	Z_TN (m)	Zmine (m) imposé par le nœud aval	PX (m) calculé suivant max des Zmin	V (m/s)
CE--1	1.59	8.00	101.0	131.8	140	0.004	0.004	99.93	104.93	9.18	0.59
01--02	849.95	6.00	87.4	131.8	140	1.080	1.084	92.16	98.24	15.87	0.44
2--BF1	374.46	1.00	35.7	59.2	63	0.944	2.028	91.57	98.60	15.51	0.36
2--3	154.94	2.00	50.5	70.6	75	0.611	1.695	92.13	98.82	15.29	0.51
3--BF2	60.75	1.00	35.7	59.2	63	0.153	1.848	93.27	100.12	13.99	0.36
3--4	1 085.02	1.00	35.7	59.2	63	2.736	4.431	90.42	99.85	14.26	0.36
4--BF3	198.78	1.00	35.7	59.2	63	0.501	4.932	90.79	100.72	13.39	0.36
4--Vidange	574.01	0.00	0.0	59.2	63	0.000		89.35	94.35	19.76	-
2--5	469.62	3.00	61.8	84.6	90	1.588	2.671	94.81	102.48	11.63	0.53
5--BF4	1 319.73	1.00	35.7	59.2	63	3.328	5.999	93.42	104.41	9.70	0.36
5--6	73.38	2.00	50.5	70.6	75	0.289	2.961	94.57	102.53	11.58	0.51
6--BF5	11.08	1.00	35.7	59.2	63	0.028	2.989	94.52	102.51	11.61	0.36
6--BF6	514.75	1.00	35.7	59.2	63	1.298	4.259	93.32	102.58	11.54	0.36
1--7	4 681.36	2.00	50.5	84.6	90	7.034	7.037	96.93	108.97	5.14	0.36
7--BF7	7.88	1.00	35.7	59.2	63	0.020	7.057	97.05	109.11	5.00	0.36
7--BF8	175.32	1.00	35.7	59.2	63	0.442	7.479	95.90	108.38	5.73	0.36

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 5 mCE, calculée suivant Max (Z min). Il s'agit de la pression à la **BF7, à l'altitude 97,05m**.

Les vitesses dans les conduites sont comprises entre 0,36 et 0,59 m/s, elles correspondent à celles requises en AEP dans le souci d'assurer l'autocurage et d'éviter l'érosion du matériau de revêtement. Le tableau 24 donne le récapitulatif des linéaires et des différents diamètres nominaux de conduite à mobiliser pour le réseau de distribution.

Tableau 25 : Récapitulatif des diamètres de distribution

DN (mm)	Longueur (m)
63	3236.76
75	1313.34
90	5 150.98
140	851.54
Longueur totale (m)	10 552.62

Après calcul sur Excel 2013, nous avons procédé à une simulation en considérant les mêmes hypothèses comme options de simulation. Les figures suivantes donnent la vue aérienne du réseau :

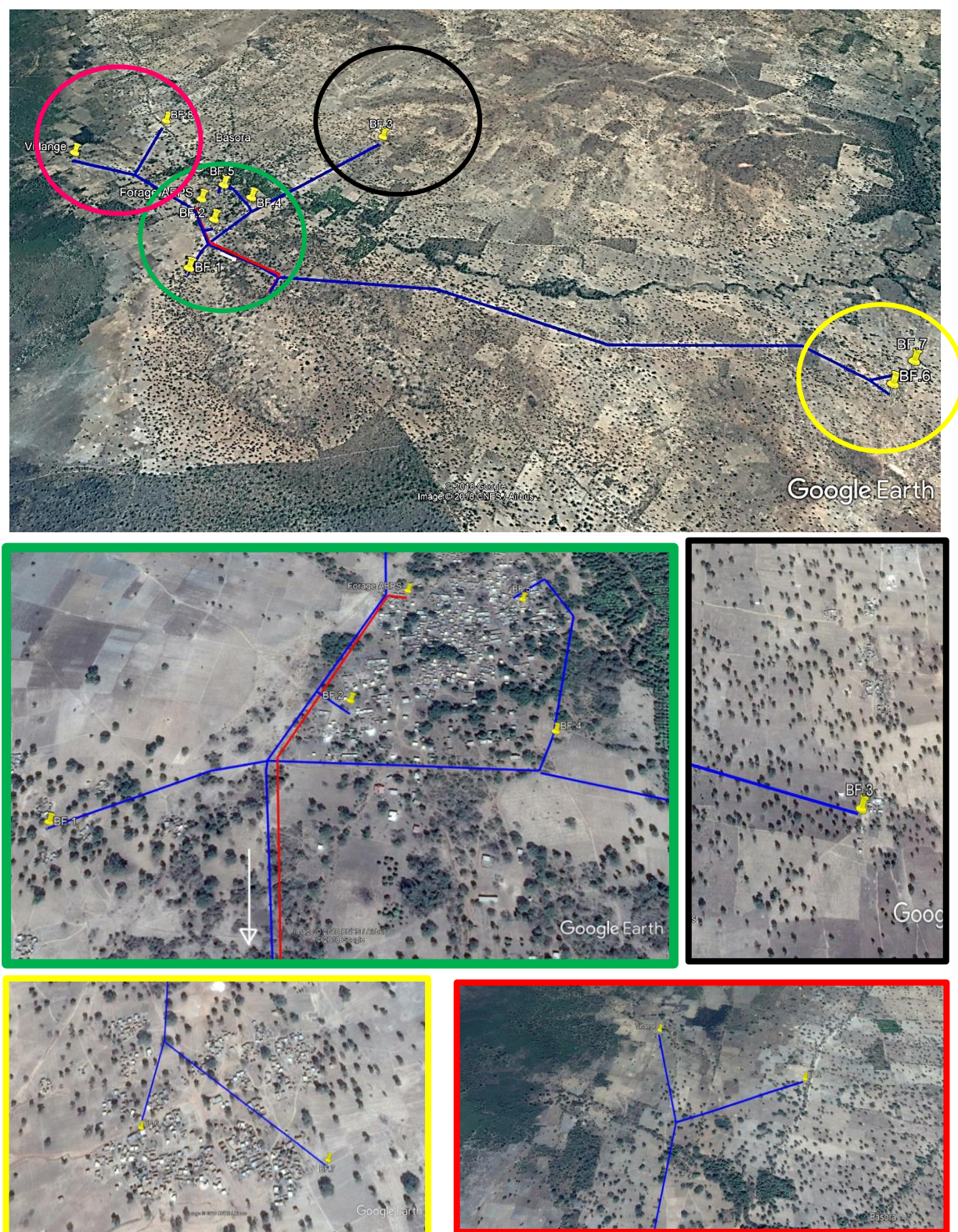


Figure 5: Vue aérienne du réseau de Bossora

VII.5. Dimensionnement des ouvrages annexes

♦ Aménagement de 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

Ce sont des pièces qui sont installées sur les conduites et qui permettent de chasser l'air de celles-ci, ou à en faire entrer. Elles sont placées au niveau de points hauts du réseau. Un regard muni d'une dalle de couverture est aménagé pour les abriter. Elle est repérée sur la conduite de distribution à la côte 99,968 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 59,2/63 PN6.

Ce point est localisé sur le réseau au point le plus bas, de coordonnées UTM 381015.6058 ; 1296397.9237, à la côte 89,35 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 13 vannes de sectionnement sur le réseau de Bossora.

♦ 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)

DN (mm)		63	75	90	110	160
Calculées (m)	H	0.863	0.875	0.89	0.91	0.96
	L	0.463	0.475	0.49	0.51	0.56
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 à 75, on a la largeur $l = 50\text{cm}$ et la profondeur $H = 90\text{ cm}$
- pour les DN 90-160, on aura $l = 60\text{cm}$ et la profondeur $H = 1\text{ m}$

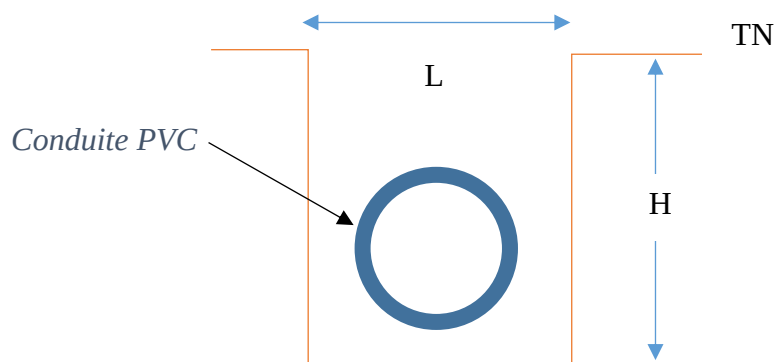


Figure 6 : schéma de pose des conduites

VII.6. Traitement de l'eau

La chaîne de traitement est un maillon du système d'Approvisionnement en eau de consommation. Le degré de traitement de l'eau en fonction de l'origine de celle-ci ; c'est-à-dire son état brut. En effet, les traitements ont pour objet de donner aux eaux destinées à la boisson, aux usages domestiques et autres usages spécifiques des qualités répondant à des recommandations ou à des exigences de normes.

Dans le cas de l'eau d'un système d'AEPS il est bien entendu que ce sont généralement les forages qui servent de ressource. L'eau du forage est à priori potable et donc il y aura juste un

traitement d'appoint très sommaire par simple chloration. Toutefois le seul traitement envisageable est l'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 forage. 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 (80m³)

$$\frac{500}{80 * 1000} = 0,0025 \text{ g/l} = 2,5\text{mg/l}$$

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.

VIII. ANALYSE FINANCIERE

VIII.1. Coût des infrastructures et équipements 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 189 480 354 FCFA TTC, tel qu'indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 26 : 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	16 778 000
III	CONSTRUCTION ET EQUIPEMENT DE CHÂTEAU D'EAU	40 650 000
IV	FOURNITURE ET POSE DES EQUIPEMENTS DE DISTRIBUTION	42 279 360
V	OUVRAGES ANNEXES ET PRESTATIONS DIVERSES	14 240 000
VI	EQUIPEMENT ELECTROMECANIQUE ET SOURCE D'ENERGIE	45 927 000
VII	FORMATION & SUIVI	5 000 000
TOTAL HT		167 874 360
TVA (18%)		30 217 385
TOTAL TTC		198 091 745

VIII.2. Etude comparative des coûts AEPS/MV et Ouvrages autonomes.

La seule AEPS/MV coûterait 640 798 605 F CFA bien que certaines localités de faible population n'en bénéficieraient point la desserte. Avec la nouvelle approche, on aboutit à un résultat où il sera réalisé une AEPS pour Bossora (et Mankouna), des PEA et PMH en fonction de la taille des hameaux.

Ayant mené une évaluation des consommateurs de ces hameaux, nous avons considéré les coûts tendanciels de réalisation de ces ouvrages sur la base des données recueillies auprès de l'UNICEF et de certaines entreprises du secteur au Burkina (ERT, SAIRA, Asi-BF).

L'analyse de ces données montre les que forages équipés de PMH coûtent en moyenne 7 500 000 F CFA et les PEA, autour de 20 000 000 F CFA.

Ce qui nous a permis d'estimer le coût global du projet et dégager une comparaison entre les deux(02) options.

Le tableau suivant donne les populations de chaque hameau à l'horizon 2040, les technologies d'AEP adoptées, leurs coûts respectifs et confronte des montants des deux options :

Tableau 27 : Bilan et comparaison des coûts

Localités de Bossora	Distance de Bossora (km)	Populations		Ouvrages			COUTS F (F CFA)			COUTS DU PROJET (F CFA)
		2006	2040	AEPS	PEA	PMH	AEPS	PEA	PMH	
Bossora	0	2135	5003	1	-	-	198 091 745	120 000 000	45 000 000	363 091 745
Mankouna	5	650	1523		-	-				
Pékrou	11	503	1179	-	2	-				
Sansing	5	399	935	-	2	-				
Sagninasso	8	399	935	-	2	-				
Botogo	10	160	375	-	-	1				
Batiesso	10	144	337	-	-	1				
Camp Bozo	9	80	187	-	-	1				
Ouaryagma	10	80	187	-	-	1				
Camp Peulh	11	76	178	-	-	1				
Manhouna	8	71	166	-	-	1				
Total	-	4696	11 006	1	6	6	198 091 745	120 000 000	45 000 000	

Commentaire :

La nouvelle solution permettra de réaliser :

- une (01) AEPS pour Bossora et Mankouna ;
- six (06) PEA pour desservir 500 personnes chacun ;
- six (06) PMH qui assurent l'accès à 300 personnes chacune dans un rayon d'1 Km ;
- et une économie de **277 706 860 F CFA**.

Ces ouvrages permettront l'atteinte de 100% de taux d'accès dès leur réalisation. Cette option permet de responsabiliser les usagers de l'eau d'autant plus que les possibilités de compensation sont exclues.

Par ailleurs, la première option n'offrirait pas autant de sécurité que la nouvelle car, le réseau s'étalerait sur des distances (plus de 10 Km) et traverserait des zones où le vandalisme de l'eau n'est pas à exclure. En fin, l'entretien du réseau serait trop fastidieux, la détection d'éventuelles fuites également.

Toutes ces motivations nous ont amené à opter pour l'option des technologies autonomes c'est-à-dire avec les ouvrages AEPS, PEA et PMH offre d'énormes avantages par rapport à celle de l'AEPS/MV.

VIII.3. Prix du mètre cube d'eau

Pour la détermination du prix de l'eau au Burkina, un système de péréquation est pratiqué pour couvrir les charges d'exploitation et/ou maintenance et amortissement des investissements dont la durée de vie n'excède pas 15 ans [Service Assistance à la Maîtrise d'Ouvrage Communale/DGRE].

Le prix du mètre cube de l'eau se calcule par la formule suivante :

$$PR = \frac{I + A + C}{V}$$

Où

PR est le prix de l'eau (F CFA/m³) ;

I représente le coût TTC des installations (F CFA)

A est la dotation aux amortissements des installations à l'horizon du projet ;

C étant la charge d'exploitation et d'entretien des ouvrages et

V est le volume d'eau à l'horizon du projet.

♦ Dotations aux amortissements

Ces sont des dépenses de renouvellement et de réhabilitation des équipements ; et ceux concernés dans le cadre de notre projet 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.

Tableau 28 : Amortissements des équipements

Equipements	Durée de vie théorique (ans)	Prix d'achat (F CFA)	Amortissements	
			1 an	20 ans
Pompe	10	5 050 000	505 000	166 258 720
Installations solaires	25	42 000 000	1 680 000	
Canalisations PVC	10	42 279 360	4 227 936	
Château d'eau	20	38 000 000	1 900 000	
Total				

♦ Charges d'exploitation et d'entretien

Ce sont les dépenses de fonctionnement du système. Elles correspondent à la rémunération du personnel de gestion, l'achat des intrants (pastilles de chlore), les coûts des entretiens courants des installations (équipements solaires, château, conduites, les BF et certaines pièces spéciales). En général, pour les projets similaires au notre, ces charges peuvent atteindre 0,5% du coût total d'investissement du projet, proportion que nous avons adoptée.

Ainsi, ces charges sont égales à **198 091 745 * 0,5% = 990 458.72 F CFA**.

♦ Volume d'eau vendue à l'échéance du projet (m3)

C'est le volume total d'eau vendue tout le long de la durée du projet (de 2020 à 2040). Ce volume est calculé comme suit :

Volume (m3) = 152,47 m3/j * (20 ans * 365 jrs)

V = 1 113 013,75 m3 à l'horizon 2040.

Ainsi, le prix du mètre cube d'eau sera vendu à :

$$PR(F\ CFA) = \frac{198\ 091\ 745 + (12 * 20 * 990\ 458.72) + (166\ 258\ 720)}{1\ 113\ 014}$$

$$PR = 540,93\ FCFA$$

Le prix pratiqué par l'opérateur en charge de la gestion des autres AEPS de la commune de Satiri est de **540,93 F/m3**. Ce prix intègre les coûts d'investissement comme indiqué par la formule de sa détermination.

Cependant, on ne tient pas compte (généralement) des coûts d'investissement dans les projets similaires du fait du caractère social de l'eau et dans ce cas, on aurait le prix de **362,95 F/m³**, d'après le calcul suivant :

$$PR(F\ CFA) = \frac{(12 * 20 * 990\ 458.72) + (166\ 258\ 720)}{1\ 113\ 014}$$

$$PR = 362,95\ FCFA$$

Il conviendra mieux d'harmoniser les prix au niveau de toutes ces installations d'autant plus que le prix de l'eau délibéré au niveau communal.

VIII.4. Mode de gestion des ouvrages

Les systèmes en place sont alors une (01) AEPS à Bossora-centre et un (01) PEA dans chacun des hameaux de culture Pékrou et Sansing et Sagninasso. La gestion de ces ouvrages, comme l'encourage le MEA, sera déléguée à un opérateur privé à travers l'affermage. En effet, les sociétés d'affermage de la province du Houet, sont souvent des associations et ont une bonne connaissance du suivi et entretien des équipements. C'est le cas de l'ADAE qui gère déjà les AEPS de la commune de Satiri (Satiri-centre et les villages de Balla et de Dorossiamasso).

La gestion communautaire présente souvent des limites pour plusieurs raisons:

- Le manque de compétences locales pour les travaux de maintenance ;
- La difficulté de recouvrement des recettes de la vente de l'eau ;
- Etc.

En effet, l'intérêt de confier la gestion des services publics de l'eau à un fermier revêt d'un intérêt avérée dans beaucoup de localités du Burkina en ce sens qu'il permet des compensations avec d'autres systèmes sous gestion du même fermier, en termes de charges d'exploitation.

De plus, les structures d'affermage recrutent les fontainiers ainsi que les hygiénistes localement. Ce qui permet une bonne ponctualité pour les heures d'ouverture des BF et donc une bonne continuité du service.

Quant aux PMH, vu que le mode de gestion de ces ouvrages se fait généralement par cotisation des ménages, ils seront confiés au fermier dans le but d'éliminer toute concurrence entre PMH et BF au sein du domaine affermé.

Pour les hameaux non concernés par ni l'AEPS ni un PEA, les PMH seront gérées par les Associations des Usagers de l'Eau (AUE) suivant le modèle de cotisation des ménages.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le projet BID-UEMOA constitue une action source de développement pour nombre de localités des régions des Hauts bassins et de la Boucle du Mouhoun à travers la réalisation d'infrastructures d'AEPA. L'horizon du projet (2040) 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 Bossora.

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 150,94 m³/j à l'horizon 2040, l'AEPS de Bossora centre comportera ainsi un réseau de 11,885 km linéaires de conduites, un château d'eau de 80m³, 8 Bornes Fontaines (2 robinets de 0.5l/s par BF) pour satisfaire l'ensemble des besoins des consommateurs. L'eau sera vendue à 370 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 198 091 745 F CFA et le délai d'exécution (prévisionnel) de l'AEPS de Bossora est de 4 mois.

Il faut rappeler que l'option des ouvrages distincts permettra d'économiser **277 706 860 F CFA**

Pour une bonne marche du service de cet ouvrage, des campagnes d'IEC pourront être menées en vue d'intensifier l'adhésion des populations au projet et d'améliorer les conditions de vie des populations. Il s'agira des sensibilisations sur l'hygiène et assainissement autour des points d'eau, les bonnes pratiques sur la collecte, le transport et le stockage de l'eau. Ces campagnes devront permettre surtout de motiver les usagers à payer l'eau afin de pérenniser le service.

Par ailleurs il faudra assurer une implication des bénéficiaires aux travaux de réalisation (main d'œuvre), dans la gestion des services (fontainiers recrutés localement).

FICHE TECHNIQUE DU PROJET

1- LOCALISATION	
- Région/province/commune/village - Distance de Bobo-Dioulasso (Km)	- Hauts-Bassins/Houet/Satiri/Bossora 79
2- DONNEES SOCIO ECONOMIQUES	
- Population en 2006 - Taux d'accroissement (%) - Population en 2040 - Population de l'AEPS (2040) - Type d'habitat - Demande de pointe en eau 2040 (m3/j) - Consommation spécifique (l/j/pers.)	2785 2,536 6525 5925 - Semi groupé 150.94 20
3- SITE DU FORAGE	
- Côte TN, non rattachée à une référence (m) - Coordonnées (UTM) - Profondeur équipée/Diamètre d'équipement (m) - Niveau Dynamique (m) - Débit d'exploitation (m3/h)	91,752 380515.357 / 1294565.338 / 92 89,58 / DN165 - Supposé égal à 40 20
4- ELECTROPOME	
- Nom - Type - Débit d'exploitation (m3/h) - HMT (m) - Puissance (kW)	- GRUNDFOS SP 30-12 - Solaire 20 70 11
5- SOURCE D'ENERGIE	
- Energie - Champ photovoltaïque de :	- Photovoltaïque 90 modules de 250 Wc
6- CHATEAU D'EAU	
- Volume (m3) - Nature/géométrie - Côte TN (m) - Hauteur du radier (m) - Hauteur intérieure de la cuve (m)	80 - Réservoir métallique 100.06 9.05 5,30
7- CONDUITE D'ADDUCTION	
- Nature - Longueur (m) - Diamètre nominal (mm)	- PVC PN10 1332 - DN125
8- CONDUITE DE DISTRIBUTION	
- Nature - Longueur (m) - Diamètre nominal (mm)	- PVC PN6 10 552,620 - DN63 à DN140
9- BORNES FONTAINES	
- Nombre de BF - Nombre de robinet par BF	8 2
10- ASPECTS FINANCIERS/GESTION	
- Coût de l'AEPS - Prix du mètre cube d'eau (F CFA) - Mode de gestion proposé - Amortissement annuel (F CFA/an)	198 091 745 362.95 - Contrat d'affermage 12 857 936

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Plan Communal de Développement (PCD) de Satiri 2014-2018, mai 2013.
- Etudes d'APD de 31 AEPS dans les Régions des Hauts Bassins et de la Boucle du Mouhoun, dans le cadre BID-UEMOA d'hydrauliques et d'assainissement : site de Bossora, 2017.
- YONABA O. Roland, 2015. Cours d'adduction en eau potable : calcul des ouvrages constitutifs des réseaux d'AEP.
- OUEDRAOGO Bèga, 2005. Cours 2iE d'approvisionnement en eau potable.
- ZOUNGRANA Denis, 2003. Cours 2iE d'approvisionnement en eau potable.
- DABAL Idrissa, 2011. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur Master 2, Optimisation de la Gestion du système d'alimentation en eau potable de la ville de Tanghin-Dassouri, Burkina Faso.
- INSD, 2006. Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Burkina Faso, 2006.
- Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, Direction Générale des Ressources en Eau, Inventaire National des Ouvrages (INO), 2017.
- Ministère de l'agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources halieutiques, Direction Générale des Ressources en Eau, 2016. Programme National d'Approvisionnement En Eau potable et d'Assainissement 2016 - 2030. Burkina Faso. 2016.
- SOUBEIGA K. J. Désirée, 2015. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur Master 2, « Conception et dimensionnement du système d'alimentation en eau potable simplifié (AEPS) de la localité de Boulsin au Burkina Faso ».
- DJIGUEMDE P. Ghislain Odilon, 2015. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur Master 2, « Etude technique du système d'Adduction d'Eau Potable simplifié (AEPS) de Déou ».
- Z. Henri Noël BOUDA, Textes et textes de loi sur la gestion des ressources naturelles au Burkina Faso, 160p.
- BERA, 2009. Etudes techniques de réalisation d'AEPS dans 80 centres au Burkina.

ANNEXES

Annexe 1: Résultats issus de l'exécution du forage géophysiques	iii
Annexe 2: Devis quantitatif et estimatif de l'AEPS de Bossora	v
Annexe 3: Pièces graphiques.....	x
Annexe 4: Catalogue constructeur GRUNDFOS	xxiii
Annexe 5: Etude d'impact environnemental	xxviii

Annexe 1: Résultats issus de l'exécution du forage géophysiques

AC3E		FICHE DE CHANTIER		Village: BOSSORA Forage N°							
		FORAGE		Quartier: BOSSORA							
				Département: SATIRI							
				Province: HOUET							
				IRH:							
Entreprise: SATIRA Atelier: RIG 3 Sondes: NAGUESA Coordinateur:											
Site géophysique: 952. Coordonnées: X 04°05'29"N Y 11°42'47"E Z: m											
Village/ite précedent: KOUKOUËSSO Distance parcourue: 117 Km											
Date et heure du début des travaux: 30/01/2018 à 15h00 Scand by avec Sonde matriciel: h											
Date et heure de la fin des travaux: 31/01/2018 à 20h10 Scand by sans Sonde matriciel: h											
FORATION		Hauteur de table: 1,25 m		Longueur de tige: 5,63 m							
N° tige	Prof. (m)	Durée (min)	Temps par déviation					Observations (VE fract./m.)		Techniques de foration	
			10	20	30	40	50		Profondeur (m)		
1	5,43	3'51"							89,88		
2	11,06	2'58"							8 1/2		
3	16,69	2'24"							AIR		
4	22,32	4'19"							Long Outil (m)	1,05	
5	27,95	4'43"							Profondeur totale forée	89,88	m
6	33,58	7'19"							Epaisseur d'altération	46,96	m
7	39,21	1'34"							Epaisseur de roche	42,92	m
8	44,84	4'44"							Type de tubage provisoire	PVC	
9	50,47	13'29"							Diamètre tubage provisoire	250	mm
10	56,10	4'48"							Cote sabot du tubage provisoire	46,96	m
11	61,73	22'04"							Tubage provisoire percé	/	m
12	67,36	20'54"							Efficacité: rendement d'eau (presure de débit)		
13	72,99	14'18"							1 ^{er}	Prof. (m)	débit (m³/h)
14	78,62	11'41"							2 nd	50,47	36
15	84,25	11'05"							3 rd	56	39,600
16	89,88	11'20"							4 th	84	36,600
17									5 th	89,88	36,600
18									Débit final	39,600	m³/h
19									Niveau statique	5,00	m
20									Caractéristiques de l'eau		
21									PH		
22									Conductivité		µS/cm
23									Température		°C
24									Teneur de sable		cm
25											
26									Acidité (AS)		kg/l
27											

EQUIPEMENT DU FORAGE

Longueur du décauteur 2,85 m Nature du bouchon de fond PVC Hauteur du bouchon _____

Caractéristiques des tubes Type (marque) SONUCI Diamètre intérieur 152 mm
Taille des fentes A mm Diamètre extérieur 165 mm

Tubes criplés

1^{er} de 30,44 m à 39,44 m Longueur totale des tubes criplés 23,28 m
2^{ème} de 42,08 m à 50,81 m Longueur totale des tubes pleins 66,30 m
3^{ème} de 80,28 m à 86,03 m (y compris le tube hors sol et le décauteur)
4^{ème} de _____ m à _____ m
5^{ème} de _____ m à _____ m Longueur totale de l'équipement 89,58 m

Masse filtrante

Nature épave de bûche Provenance _____ Granulométrie de A à 5 mm
Profondeur de 88,83 à 27 mm Volume 3675 l Longueur 64,88 m

Étanchéité (Packer)

Nature compaction Profondeur de 27 à 28 mm Volume 40 l Longueur A m

Cimentement

Tout venant de 26 à 5 mm Nombre de sacs de ciment _____
Concentration de tête de _____ à _____ mm Nombre de sacs de ciment _____ Nature _____
Fermeture de tête oui ☐ non ☐ Nature (fermeture) _____

GÉOLOGIE

Coupe technique

Profondeur (de xx à yy m)	Description lithologique
<u>00</u> à <u>03</u>	<u>Crasse latente</u>
<u>03</u> à <u>22</u>	<u>argile, limon</u>
<u>22</u> à <u>28</u>	<u>argile, limon</u>
<u>28</u> à <u>42</u>	<u>argile, limon</u>
<u>42</u> à <u>47</u>	<u>argile, limon</u>
<u>47</u> à <u>88,83</u>	<u>argile, limon</u>
_____ à _____	_____
_____ à _____	_____
_____ à _____	_____
_____ à _____	_____
_____ à _____	_____
_____ à _____	_____
_____ à _____	_____
_____ à _____	_____

OBSERVATIONS:

Forage partiel épave
en PVC de 165 mm

0170

5
26
27
80,44
46,96
42,08
50,81
80,28
86,03
88,83
89,58

Le chef de chantier
BARBA Blakina
oué

Le contrôleur
Pat
12/10

Annexe 2: Devis quantitatif et estimatif de l'AEPS de Bossora

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DES TRAVAUX DE REALISATION DE L'ADDUCTION D'EAU POTABLE SIMPLIFIEE (AEPS) DE BOSSORA

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	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	FORUNITURE 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				0
II.3.1	Fourniture et pose de conduite de refoulement DN 125 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	1332	4 000	5 328 000
II.4	Station de pompage				
II.4.1	Fourniture et pose d'une électropompe immergée triphasée Q = 20 m ³ /h, HMT= 70 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	5 050 000	5 050 000
SOUS TOTAL II					16 778 000
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 80 m3, hauteur sous radier : 9.05 m, y compris différentes colonnes (alimentation, distribution, vidange et trop plein, ...), système de by-pass et échelle dont les deux mètres les plus bas amovibles, suivant plans.	U	1	38 000 000	38 000 000
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					40 650 000
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.1.1	- Conduite PVC DE 140 PN 6	ML	851.54	5 500	4 683 470
IV.1.2	- Conduite PVC DE 90 PN 6	ML	5 150.98	4 000	20 603 920
IV.1.3	- Conduite PVC DE 75 PN 6	ML	1 313.34	3 500	4 596 690
IV.1.4	- Conduite PVC DE 63 PN 6	ML	3 236.76	3 000	9 710 280
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	8	70 000	560 000
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					42 279 360

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	8	550 000	4 400 000
V.6	Exécution et pose de borne de repérage pour les canalisations du réseau (distribution et refoulement).	U	59	10 000	590 000
SOUS TOTAL V					14 240 000
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	90	147 775	13 300 000
VI.1.1.3	Régulateur de tension 45A /48V	U	6	100 000	600 000
VI.1.1.4	Liaison Générateur PV-Boîte de connexion (par câble U1000RO2V 2X6 mm2 minimum) conformément au descriptif et toutes sujétion	Ens	1	300 000	00 000
VI.1.1.5	Boîte de connexion conforme au descriptif et toutes sujétions	Ens	1	500 000	500 000
VI.1.1.6	Liaisons Boîtes de connexions - Onduleur (par câble U1000RO2V 2X16 mm2 minimum) conformément au descriptif et toutes sujétion	Ens	1	900 000	900 000
VI.1.1.7	Batterie étanches 12V-200Ah -C10 + accessoires de pose et de raccordement	U	28	300 000	8 400 000
VI.1.1.8	Ensemble de Convertisseur Puissance de 20000VA-48V/400V Triphasé	Ens	1	15 000 000	15 000 000

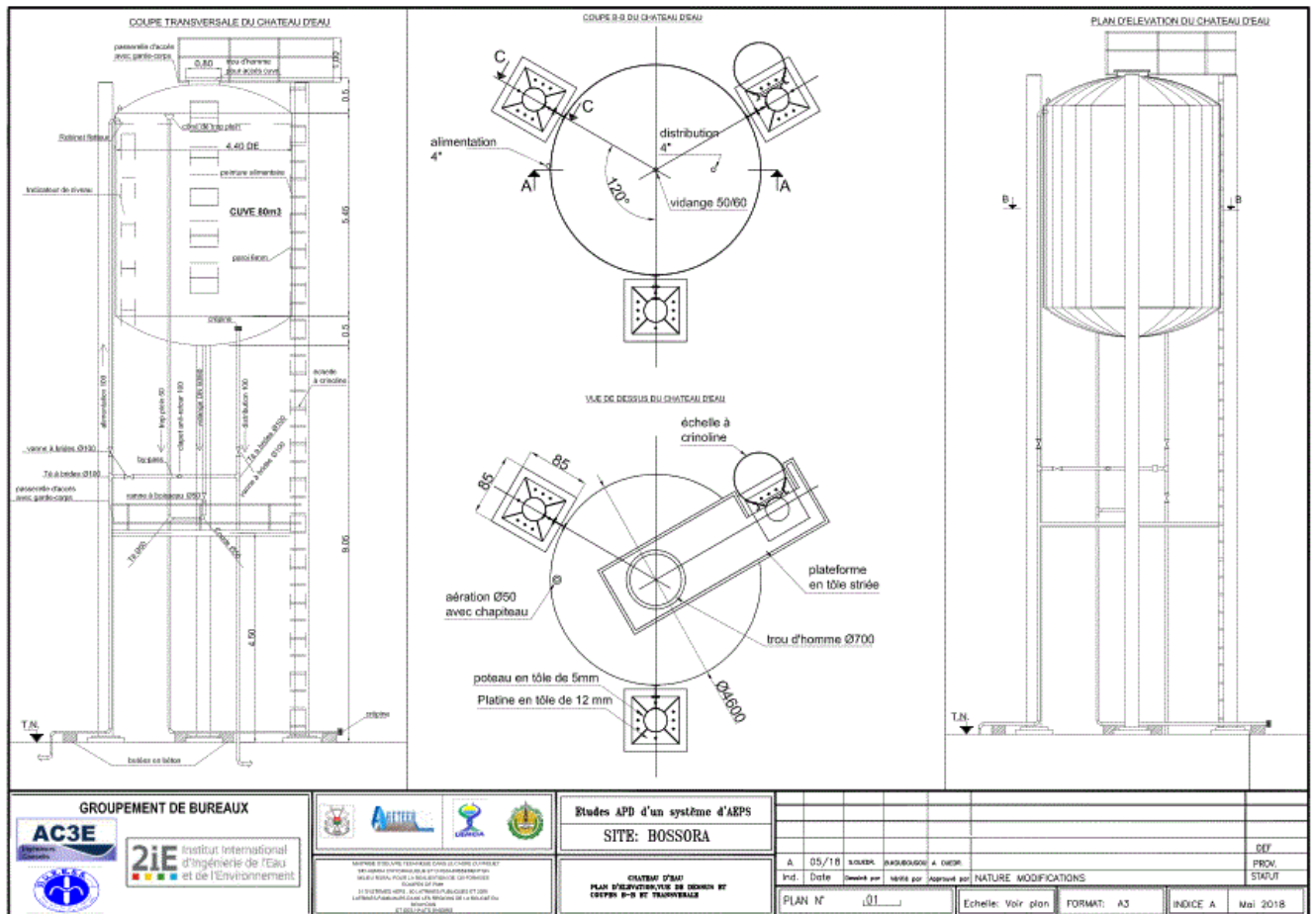
VI.1.1.9	Mise à la terre des Structure métalliques R<2 ohms et équipotentialité des masses	Ens	1	500 000	500 000
VI.1.1.10	Toutes sujétions et oublis à spécifier	FF	1	1 000 000	1 000 000
VI.1.1.11	Accessoires de pose	FF	1	500 000	500 000
Sous total VI.1					42 000 000
VI.2	EQUIPEMENT ELECTROMECHANIQUE				
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 de forage, y compris toute sujétion	U	1	350 000	350 000
VI.2.3	Liaison Coffret de commande - Boîte 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-Boîte 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	Ccâble 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					45 927 000
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					167 874 360
TVA (18%)					30 217 385
TOTAL GENERAL TTC					198 091 745

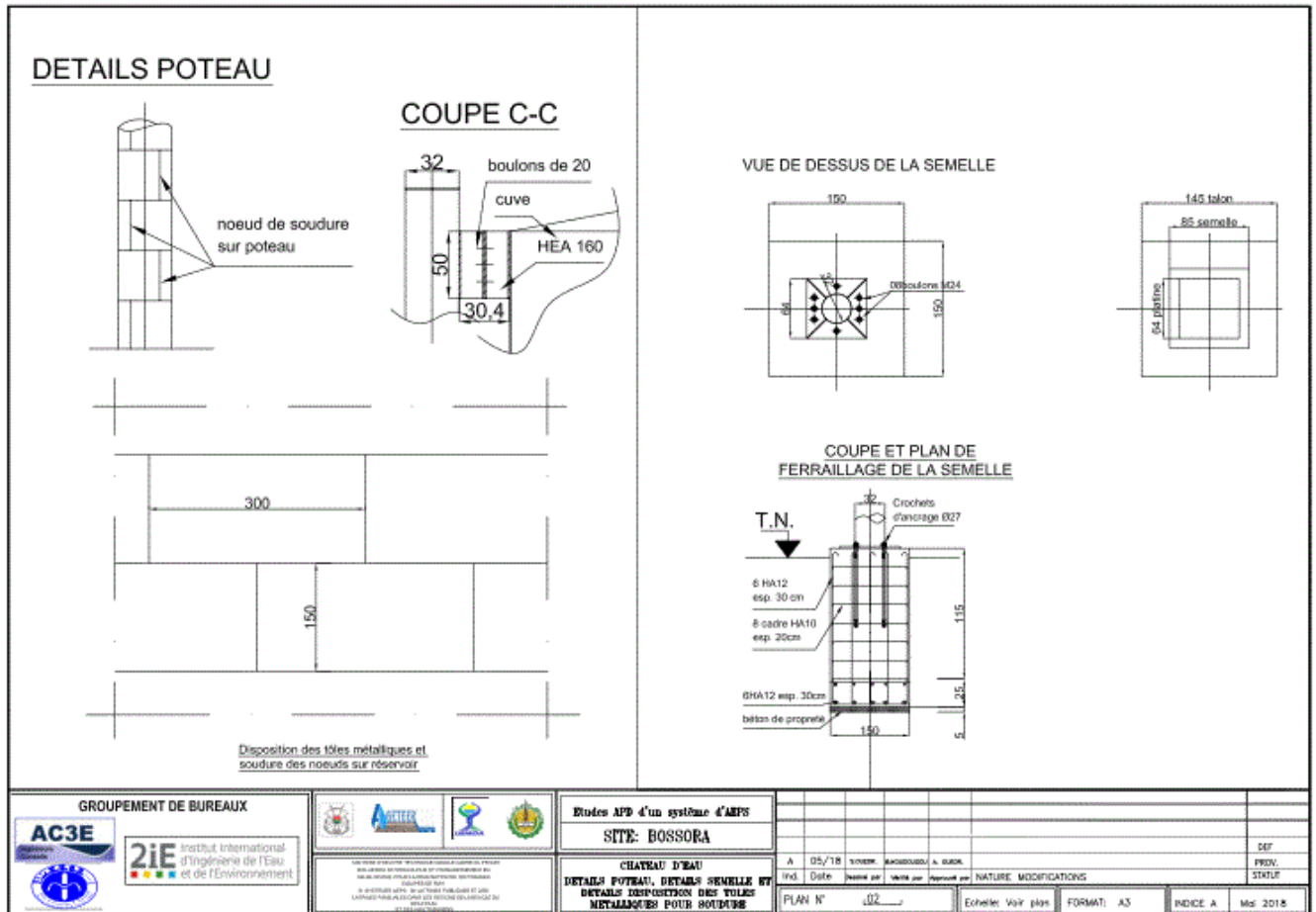
Annexe 3: Pièces graphiques

- Vue en plan du réseau d'AEPS de Bossora.
- Château d'eau : plan d'élévation, vue de dessus et coupes
- Château d'eau : détails poteaux, semelles.
- Tête de forge
- Plans types : tranchées de pose des conduites.
- Ouvrages particuliers du réseau.
- Plan type : traversées de ravins profonds par les conduites.
- Plan type des bornes fontaines.
- Plan des latrines/douches.
- Plan de la clôture grillagée du château d'eau
- Carnet des nœuds.

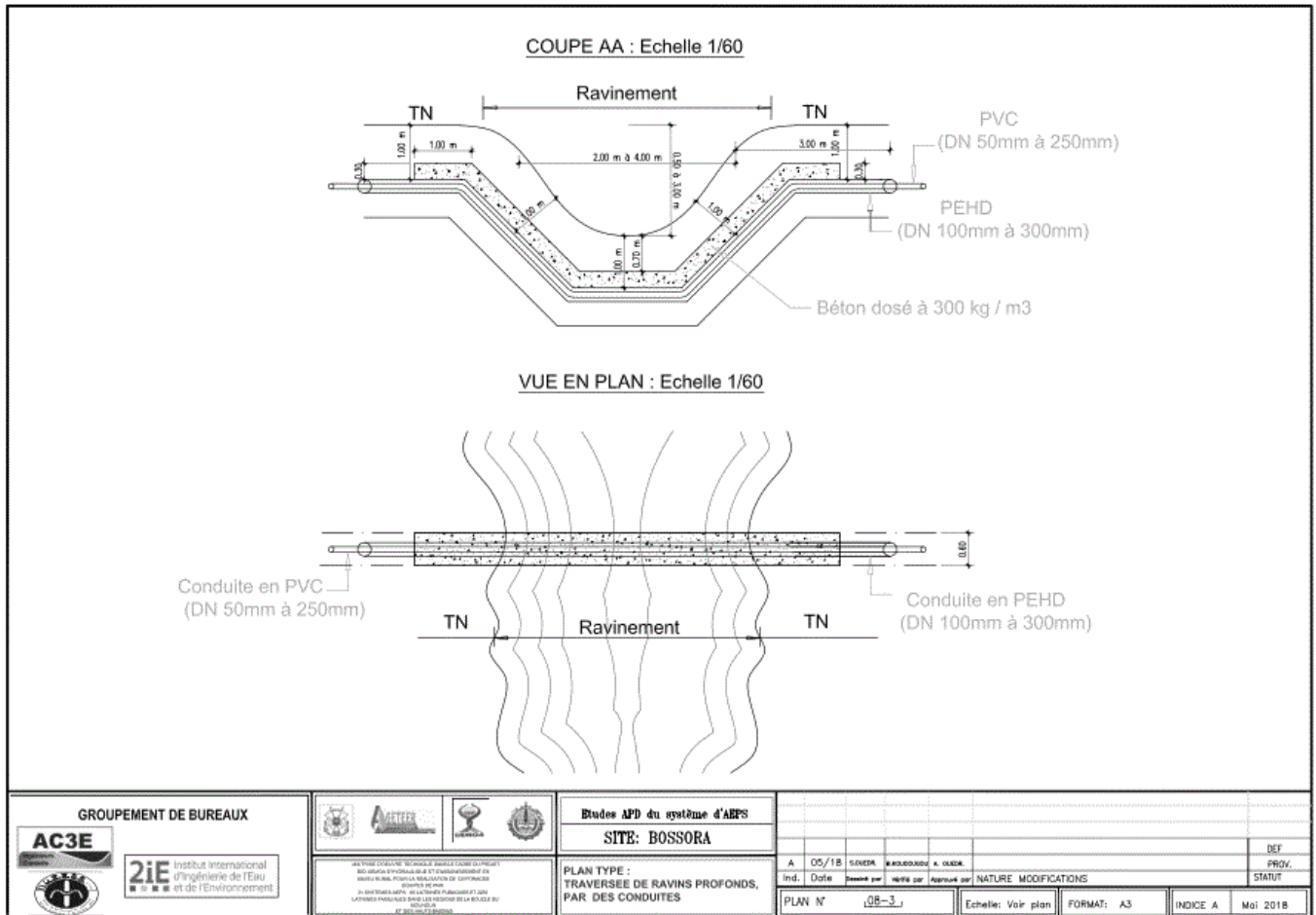
Château d'eau : plan d'élévation, vue de dessus et coupes



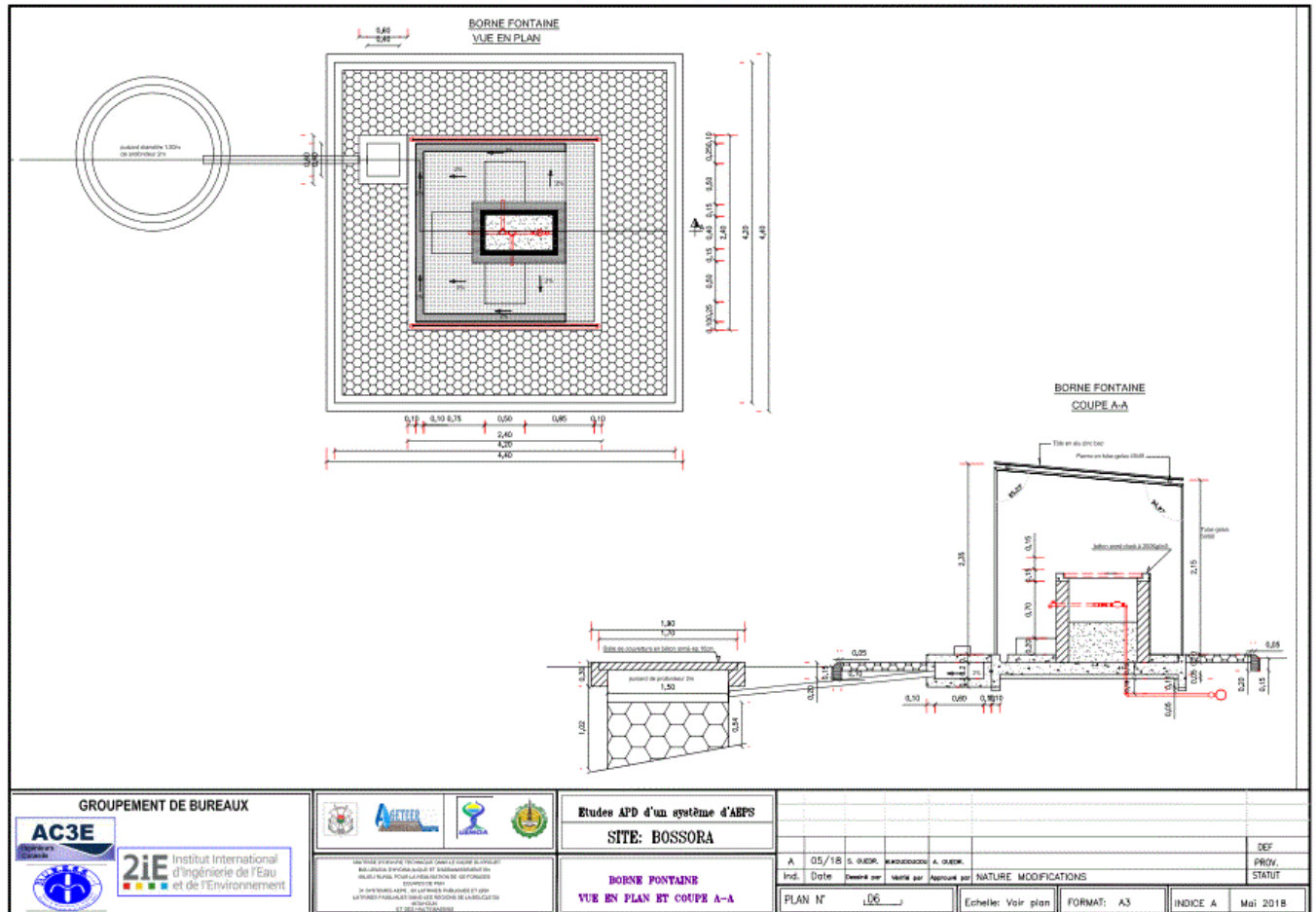
Château d'eau : détails poteaux, semelles



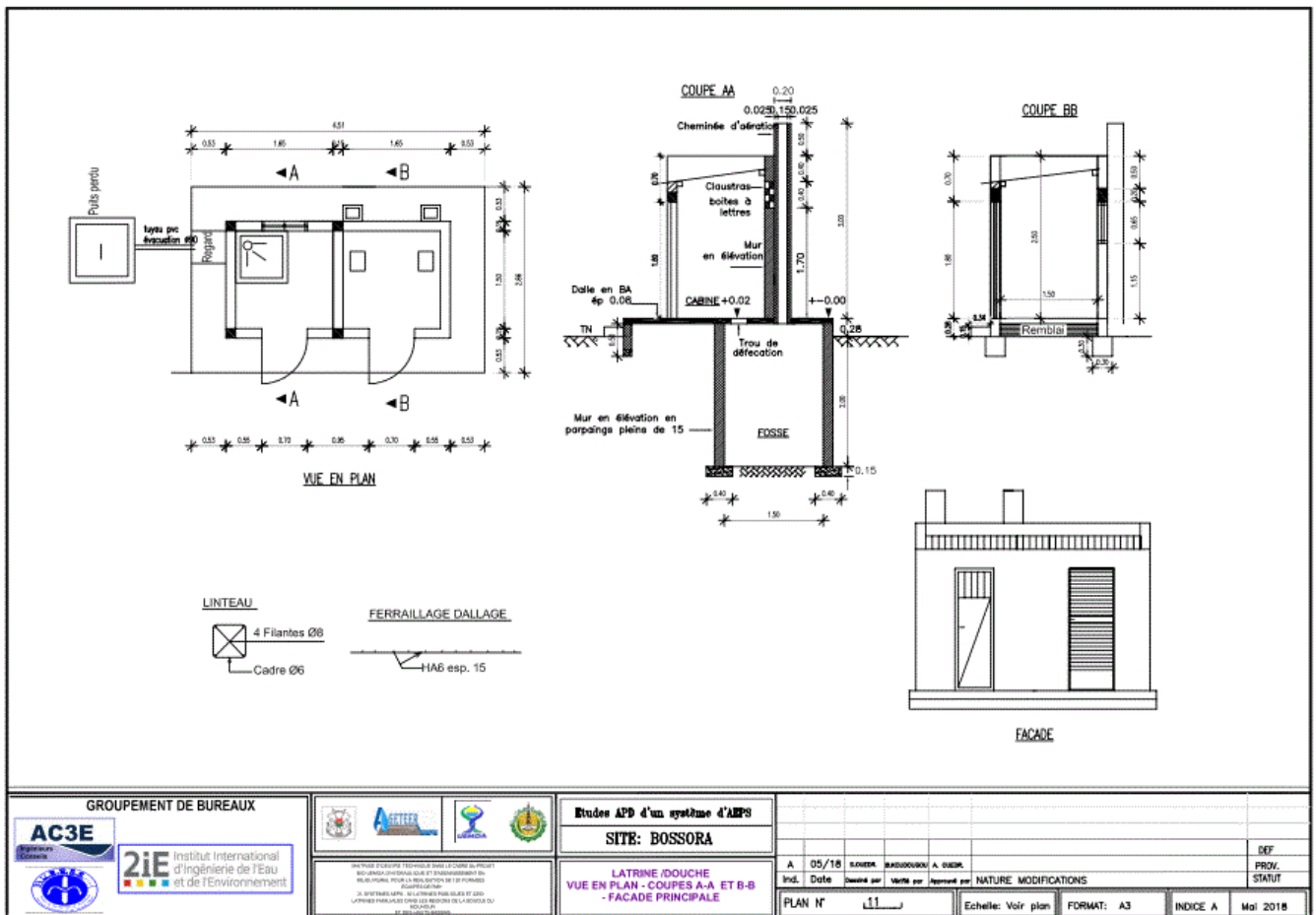
Plan type : traversées de ravins profonds par les conduites.



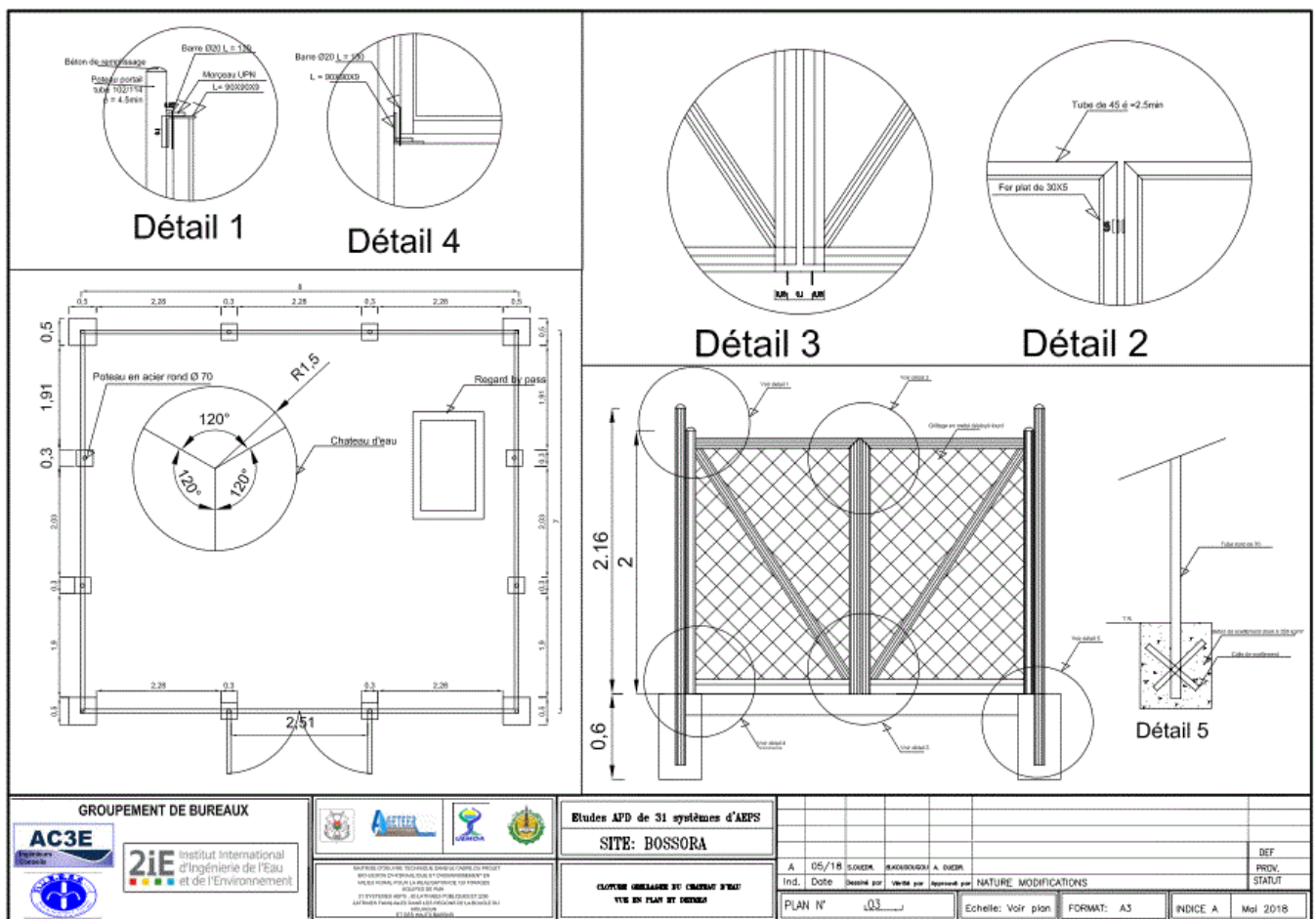
Plan type des bornes fontaines.



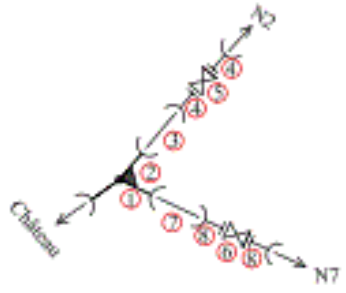
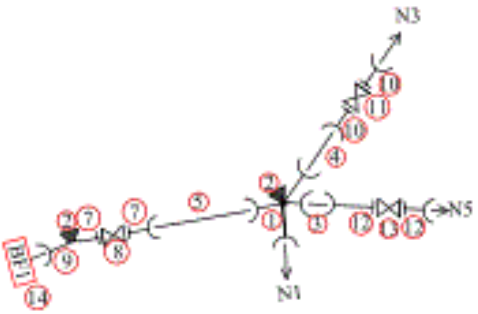
Plan des latrines/douches.



- Plan de la clôture grillagée du château d'eau.



Carnet des nœuds 1/2

CARNET DE NOEUD DE BOSSORA 1/2				
N° NOEUD	SCHEMA	COMPOSANTES	Quantité	Matériau
N1		① Té réduit à emboîtement DE 140/140/90 ② Bloc de butée ③ Conduite PVC DE 140 ④ Adaptateur à bride 140/140 ⑤ Robinet vanne DN 140 ⑥ Robinet vanne DN 90 ⑦ Conduite PVC 90 ⑧ Adaptateur à bride 90/90	1 1 2 4 1 1 1 2	- PVC - Béton - PVC - Fonte/PVC - Fonte - Fonte - PVC - Fonte/PVC
N2		① Croix réduit à emb. DE160/110/75/63 ② Bloc de butée ③ Conduite PVC DE 90 ④ Conduite PVC DE 75 ⑤ Conduite PVC DE 63 ⑦ Adaptateur à bride 63/63 ⑧ Robinet vanne DN 63 ⑨ Coude 1/8 à emboîtement DE 63 ⑩ Adaptateur à bride 75/75 ⑪ Robinet vanne DN 75 ⑫ Adaptateur à bride 110/110 ⑬ Robinet vanne DE 110 ⑭ Ensemble branchement et construction de BF sur conduite DE 63	1 2 1 2 1 2 1 1 2 1 2 1 1	- PVC - Béton - PVC - PVC - PVC - Fonte/PVC - Fonte - PVC - Fonte/PVC - Fonte - Fonte/PVC - Fonte - Divers
N3		① Té réduit à emboîtement DE 75/63/75 ② Bloc de butée ③ Conduite PVC DE 75 ④ Adaptateur à bride 75/75 ⑤ Robinet vanne DN 75 ⑥ Ensemble branchement et construction de BF sur conduite DE 63	1 1 1 2 1 1	- PVC - Béton - PVC - Fonte/PVC - Fonte - Divers
N4		① Té réduit à emboîtement DE 63/75/63 ② Bloc de butée ③ Conduite PVC DE 63 ④ Adaptateur à bride 63/63 ⑤ Robinet vanne DN 36 ⑥ Ensemble branchement et construction de BF sur conduite DE 63	1 1 2 4 2 1	- PVC - Béton - PVC - Fonte/PVC - Fonte - Divers

Carnet des nœuds 2/2

CARNET DE NOEUD DE BOSSORA 2/2				
N° NOEUD	SCHEMA	COMPOSANTES	Quantité	Matériau
N5		① Té réduit à emboîtement DE 90/75/63 ② Bloc de butée ③ Conduite PVC DE 75 ④ Adaptateur à bride 75/75 ⑤ Robinet vanne DN 75 ⑥ Ensemble branchement et construction de BF sur conduite DE 75	1 1 1 2 1 1	- PVC - Béton - PVC - Fonte/PVC - Fonte - Divers
N6		① Té réduit à emboîtement DE 63/75/63 ② Bloc de butée ③ Conduite PVC DE 63 ④ Adaptateur à bride 63/63 ⑤ Robinet vanne DN 63 ⑥ Ensemble branchement et construction de BF sur conduite DE 63	1 1 1 2 1 1	- PVC - Béton - PVC - Fonte/PVC - Fonte - Divers
N7		① Té réduit à emboîtement DE 63/75/63 ② Bloc de butée ③ Conduite PVC DE 63 ④ Adaptateur à bride 63/63 ⑤ Robinet vanne DN 63 ⑥ Ensemble branchement et construction de BF sur conduite DE 63	1 1 2 4 2 1	- PVC - Béton - PVC - Fonte/PVC - Fonte - Divers

Annexe 4: Catalogue constructeur GRUNDFOS

		Nom Société: Créé par: Téléphone:
		Date: 12/03/2017
Position	Quantité	Description
	1	SP 30-12  Référence: 13A01912 Pompe immergée, convient au pompage d'eau propre. La pompe peut être installée à la verticale ou à l'horizontale. 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. La pompe est équipée d'un moteur 11 kW MS6000 avec 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 Grundfos Tempcon 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. Liquide: Liquide pompé: Eau Température liquide maximum: 40 °C T° max. liquide à 0,15 m³/sec: 40 °C Q_{OpFluidTemp}: 20 °C Masse volumique: 998,2 kg/m³ Viscosité cinématique: 1 mm²/s Technique: Vitesse pour donnée pompe: 2900 min-1 Débit nominal: 30 m³/h Pression nominale: 92 m Garniture mécanique pour moteur: CER/CARNBR Certifications sur la plaque signalétique: CE, GOST2 Tolérance de courbe: ISO9906:2012 3B Version moteur: T40 Matériaux: Pompe: Acier inoxydable EN 1.4301 AISI 304 Roue mobile: Acier inoxydable EN 1.4301 AISI 304 Moteur: Acier inoxydable DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304 Installation: Refoulement pompé: RP3 Diamètre moteur: 6 inch Donnée électrique: Type moteur: MS6000 Puissance nominale - P2: 11 kW

		Nom Société:
		Créé par:
		Téléphone:
		Date: 12/03/2017

Position	Quantité	Description
		Puissance (P2) requise par pompe: 11 kW Fréquence d'alimentation: 50 Hz Tension nominale: 3 x 380-400-415 V Courant nominal: 25.0-25.0-24.8 A Intensité démarrage: 470-520-540 % Cos phi - facteur de puissance: 0.84-0.82-0.79 Vitesse nominale: 2850-2870-2880 mm-1 Méthode de démarrage: direct Indice de protection (IEC 34-5): IP65 Classe d'isolement (IEC 85): F Capteur de température intégré: oui Autres: Index de Rendement Minimum, MEI ≥: 0.50 Status ErP: EuP Standalone/Prod. Poids net: 75.8 kg Poids brut: 110 kg Collage: 0.264 m3



Nom Société:

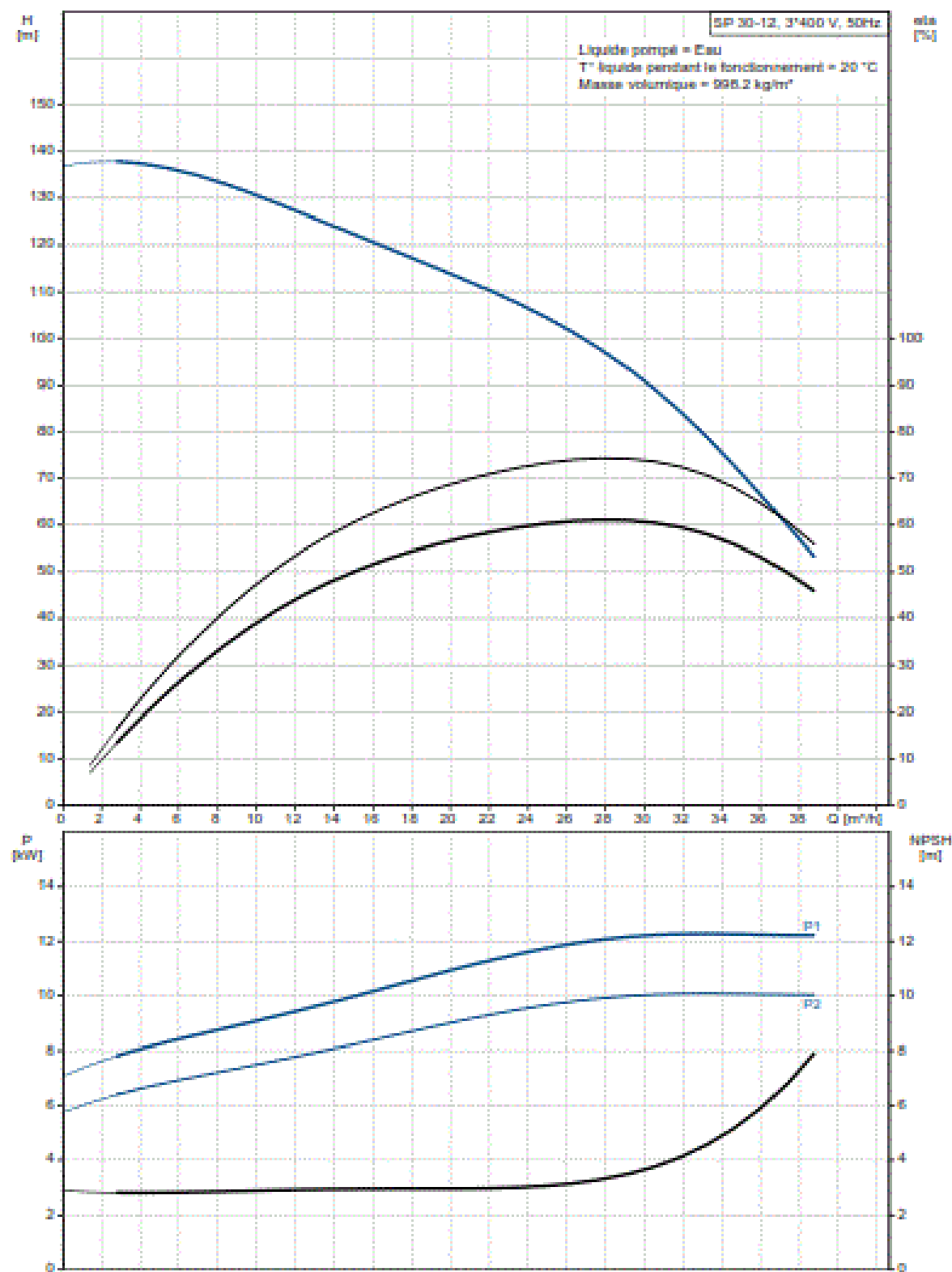
Créé par:

Téléphone:

Date:

12/03/2017

13A01912 SP 30-12 50 Hz



GRUNDFOS 

Nom Société:

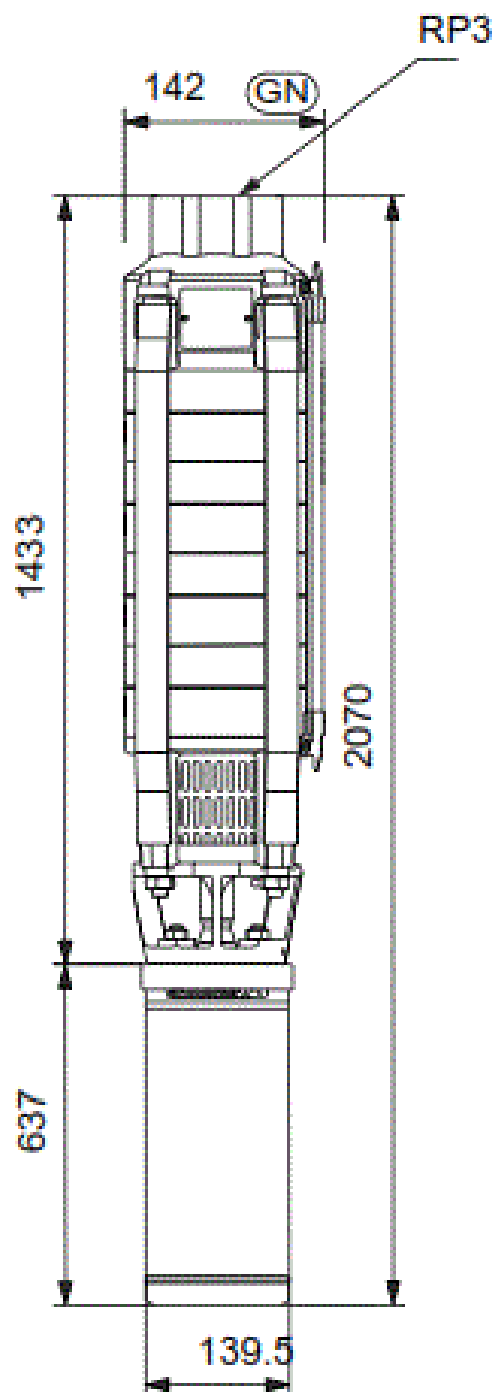
Créé par:

Téléphone:

Date:

12/03/2017

13A01912 SP 30-12 50 Hz



Remarque: toutes les unités sont en (mm) à moins que d'autres unités soient énoncées.
Mise en garde: ce dessin d'encombrement simplifié ne montre pas tous les détails.



Nom Société:

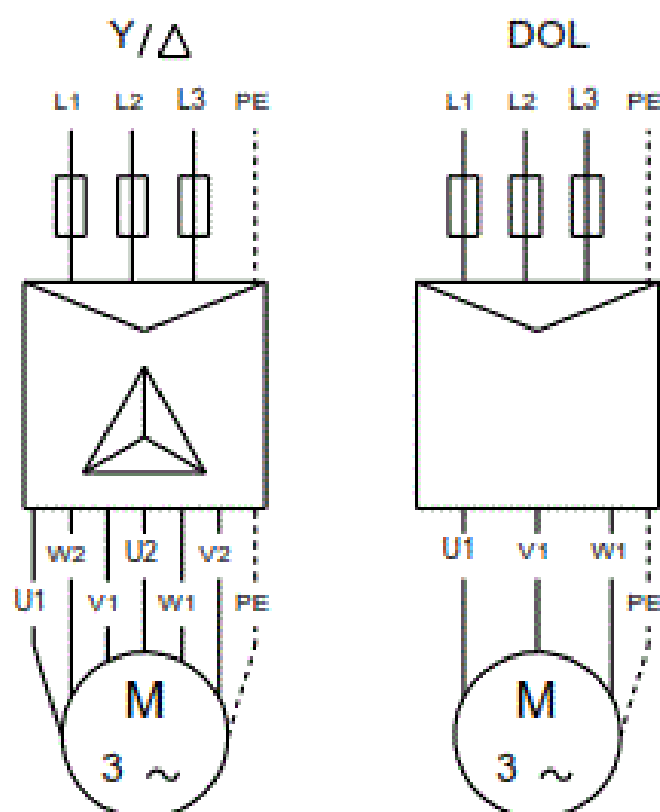
Créé par:

Téléphone:

Date:

12/03/2017

13A01912 SP 30-12 50 Hz



U1, W2	Brown
V1, U2	Black
W1, V2	Grey

Note ! Toutes les unités sont en [mm] sauf précision contraire.

Annexe 5: Etude d'impact environnemental

L'intérêt de cette partie est de prévoir la possible de combiner développement de la localité, dans le cadre de la mise en œuvre du présent projet, et protection de l'environnement. En effet, Réaliser une étude d'impact pour un projet revient à élaborer un dossier qui met en lumière les conséquences environnementales et (ou les dangers) de ce projet pour en limiter, ou atténuer et ou compenser les impacts négatifs. Plusieurs

Pour notre cas, de par le l'option technologique mise en place, les impacts à la phase de réalisation seraient plus à prendre en compte que celle à la suite de la mise en service. Toutefois, des impacts les derniers restent également réels.

La réalisation d'une AEPS 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 de actions invasives notables vis-à-vis de du milieu récepteur.

L'évaluation des impacts de notre projet est donnée dans ce qui suit :

Evaluation des potentiels impacts du projet sur son milieu récepteur par la Matrice de Léopold

Phase du projet	Activités sources d'impacts	Impacts générés	Description de l'impact	Milieu récepteur								
				biophysique					socioéconomique			
				Faune	Flore	Eau	Sol	Air	Santé et sécurité	Economie	Culture	Emploi
Réalisation	Installation du chantier	Déboisement	coupe d'arbres pour déguerpissement de l'emprise de la base vie et des zones de stockage.									
	Travaux d'infrastructures	Déboisement, nuisances sonores	travaux de fouilles en masse (fondations) en rigoles (pour les conduites) Exécution du forage									
	Travaux de superstructures	Déboisement, nuisances sonores,	Décapage des sols et coupe d'arbres pour les emprises des BF, Château et regards hors sols.									
	Transport des matériels / matériaux	Nuisances sonores, accidents	Poussière, ouvertures des nouvelles pistes d'accès									
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									